



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

**PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA
ESPECIE TECA (*Tectona grandis L. f.*), PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN
EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA**

Oscar David Ajanel González

Asesorado por la Inga. M.Sc. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
y por el Ing. M.Sc. José Mario Saravia Molina

Guatemala, junio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA
ESPECIE TECA (*Tectona grandis* L. f.), PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN
EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSCAR DAVID AJANEL GONZÁLEZ

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA
Y POR EL ING. JOSÉ MARIO SARAVIA MOLINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

GUATEMALA, JUNIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muños
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

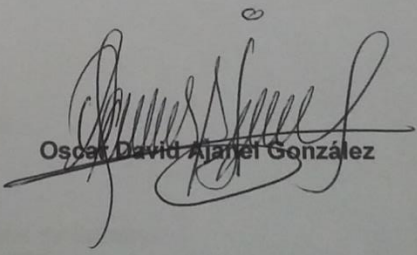
DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
EXAMINADOR	Ing. Heberto José Alegre Ordóñez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS
MENORES DE LA ESPECIE TECA (*Tectona grandis* L. f.), PROVENIENTES
DE LAS FASES DE RALEO EN EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 26 de septiembre de 2012.


Oscar David Alanís González

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 06 de agosto de 2015.
REF.EPS.DOC.518.08.15

Doctor
Ariel Ortiz
Coordinador de la Carrera Ingeniería en
Industrias Agropecuarias y Forestales
Facultad de Agronomía.

Ing. Ortiz.

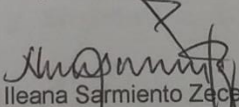
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Oscar David Ajanel González**, Carné No. **200816988** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA (TECTONA GRANDIS L. F.) PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN LA EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA.**

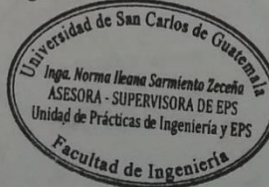
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



NISZdS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 06 de agosto de 2015.
REF.EPS.D.390.08.15

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

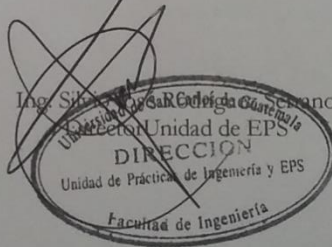
Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA (TECTONA GRANDIS L. F.) PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN LA EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Oscar David Ajanel González** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”



SJRS/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono dire:to: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

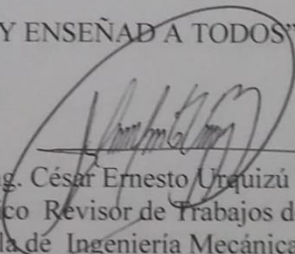


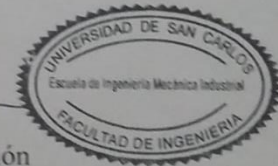
FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.108.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA (Tectona grandis L. f.) PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar David Ajanel González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2015.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

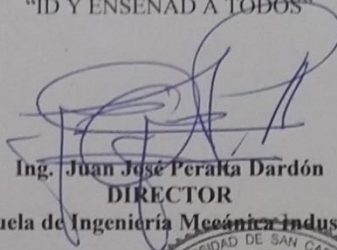


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.063.016

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 DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA (Tectona grandis L.f.), PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar David Ajanel González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

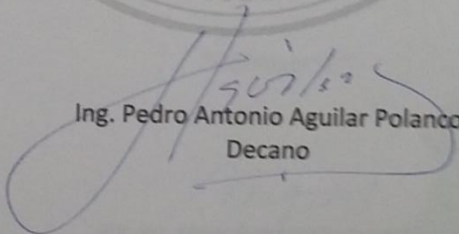


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 238.2016

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 DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA (Tectona grandis L. f.), PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA,** presentado por el estudiante universitario: **Oscar David Ajanel González,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2016

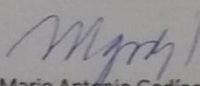
/gdech



No.22.2016

Trabajo de Graduación:	"PROPUESTA PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA (<i>Tectona grandis</i> L.f.), PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA"
Estudiante:	Oscar David Ajanel González
Carné:	200816988

"IMPRIMASE"


Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Me has mandado a esforzarme y ser valiente, a no temer ni desmayar, porque tú Jehová has estado conmigo en cada momento de mi vida.

Mis padres

Oscar Ajanel y Otilia González, por su amor, y ejemplo de vida, lucha y perseverancia.

Mis hermanos

Byron y Yesica Ajanel González, por estar incondicionalmente en cada momento de vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por la vida y haberme brindado la oportunidad de iniciar y finalizar este proyecto, del cual abriste las puertas, en los momentos debidos.
Mis padres	Por sus consejos y apoyo brindado a lo largo de mis años de estudio y enseñarme, sobre todo, el temor a Dios.
Mis hermanos	Por compartir esta etapa conmigo y sus consejos en cada momento de vicisitud.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de obtener un grado académico y darme alojamiento en esta digna institución.
Escuela Nacional Central de Agricultura	Por formar parte de mi formación y ser una importante influencia en mi carrera.
Ingenio Magdalena	Por la oportunidad de ingresar a una gran empresa, y de realizar este trabajo. En especial al Ing. Edgar Solares e Ing. Luis Tuchan, por apoyar este tipo de estudios.
Faustino Culajay	Por todo el apoyo y facilitación brindada a lo largo de la realización de este trabajo.

Ing. José Mario Saravia	Por compartir su experiencia y además por su asesoría, consejos, apoyo y respaldo en el trabajo realizado.
Ing. Boris Méndez	Por su asesoría en la realización de este trabajo.
Inga. Norma Sarmiento	Por brindarme su asesoría en la realización de este trabajo y desarrollo del EPS.
Ing. Víctor Macario	Por su apoyo y consejos en la etapa del desarrollo del EPS.
Mis amigos	Por su amistad y los momentos compartidos.
Al personal del Departamento Forestal de Ingenio Magdalena	Por haberme brindado su amistad y apoyo en las actividades realizadas a lo largo del periodo de trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Descripción de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa	1
1.1.1. Descripción geográfica	2
1.1.2. Municipio La Democracia	2
1.1.3. Clima	2
1.1.4. Zona de vida	3
1.1.5. Suelo	4
1.2. Misión	4
1.3. Visión.....	4
1.4. Organización de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa	5
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS, CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA, PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN LA EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA.....	7
2.1. Diagnóstico.....	7
2.1.1. Antecedentes.....	7
2.1.2. Problema	9

2.1.3.	Justificación.....	13
2.1.3.1.	Sin proyecto	13
2.1.3.2.	Con proyecto	14
2.2.	Marco teórico	15
2.2.1.	Hábitat y ecología.....	15
2.2.2.	Botánica general	16
2.2.3.	Requerimientos edáficos	17
2.2.4.	Características de la madera.....	17
2.2.5.	Calidad de la madera	19
2.2.6.	Propiedades de la especie.	19
2.2.6.1.	Propiedades físicas	19
2.2.6.2.	Propiedades mecánicas	20
2.2.6.3.	Propiedades químicas	22
2.2.7.	Trabajabilidad.....	23
2.2.8.	Secado y preservación.....	23
2.2.8.1.	Secado natural	24
2.2.8.2.	Secado artificial	26
2.2.9.	Uso de las maderas plantadas	27
2.2.10.	Aserrío de diámetros pequeños	29
2.2.11.	Rendimiento y calidad	30
2.2.12.	Aspectos para la industrialización	31
2.3.	Análisis situacional	33
2.3.1.	Determinación del porcentaje de albura y duramen	34
2.3.2.	Coeficiente de forma	37
2.3.3.	Clasificación y calidad	38
2.3.4.	Condiciones de crecimiento	39
2.4.	Estudio de mercado	41
2.4.1.	Definición del producto.....	41

2.4.2.	Naturaleza y usos del producto	44
2.4.3.	Clasificación del producto	45
2.4.4.	Antecedentes de mercado	45
2.4.4.1.	Importancia de la especie teca para Guatemala	46
2.4.4.2.	Mercado para la comercialización de madera de teca	47
2.4.4.3.	Mercado en Guatemala	48
2.4.4.4.	Sector forestal del país	49
2.4.4.5.	Distribución geográfica de las industrias que demandan madera	53
2.4.5.	Análisis de la demanda	55
2.4.5.1.	Demanda interna	56
2.4.5.2.	Demanda externa	56
2.4.5.3.	Demanda proyectada	57
2.4.6.	Análisis de la oferta	58
2.4.6.1.	Oferta proyectada	59
2.4.7.	Precio	60
2.4.7.1.	Precios de la teca nacional	60
2.4.7.2.	Sistema de medida para la comercialización	62
2.4.7.3.	Perspectiva de precio a nivel internacional	63
2.4.8.	Demanda insatisfecha	68
2.4.9.	Análisis de los mercados potenciales	69
2.4.10.	Normas o requerimientos de calidad	71
2.4.11.	Cadena de comercialización	73
2.5.	Estudio técnico	77
2.5.1.	Localización	77

2.5.2.	Análisis de los factores de localización	78
2.5.2.1.	Proximidad a las materias primas	78
2.5.2.2.	Disponibilidad de mano de obra	78
2.5.2.3.	Disponibilidad de energía eléctrica.....	79
2.5.2.4.	Accesibilidad y transporte.....	79
2.5.2.5.	Cercanías al mercado	80
2.5.2.6.	Infraestructura	81
2.5.2.7.	Medio ambiente.....	81
2.5.3.	Evaluación de los factores de localización	82
2.5.3.1.	Ponderación porcentual de los factores de localización	82
2.5.3.2.	Escala de calificación	83
2.5.3.3.	Método por puntos ponderados.....	84
2.5.4.	Tamaño del proyecto.....	85
2.5.4.1.	Relación tamaño-recursos.....	86
2.5.4.2.	Relación tamaño-tecnología.....	87
2.5.5.	Ingeniería del proyecto.....	89
2.5.5.1.	Descripción de las operaciones silviculturales para la elaboración del aprovechamiento forestal	91
2.5.6.	Primera transformación	96
2.5.6.1.	Descripción del proceso de primera transformación.....	97
2.5.7.	Proceso de aserrío	100
2.5.7.1.	Descripción del proceso de aserrío	101
2.5.8.	Consideraciones para adquisición de maquinaria.....	105
2.5.9.	Descripción del equipo	106
2.5.9.1.	Equipo de transporte	106

	2.5.9.1.1.	Rampa de carga	106
	2.5.9.1.2.	Rampa alimentadora de elevación	107
	2.5.9.1.3.	Rampa alimentadora ..	108
	2.5.9.1.4.	Transportador	108
	2.5.9.2.	Equipo de corte.....	109
	2.5.9.2.1.	Sierra vertical doble....	109
	2.5.9.2.2.	Sierra vertical.....	110
	2.5.9.2.3.	Sierra horizontal	111
	2.5.9.2.4.	Sierra de multiple disco	112
	2.5.9.3.	Recursos demandados del sistema de producción	112
	2.5.10.	Análisis de distribución	113
2.6.		Estudio administrativo-legal.....	118
	2.6.1.	Marco legal	118
	2.6.1.1.	Inscripción comerciante individual y empresa.....	118
	2.6.1.2.	Registro Superintendencia de Administración Tributaria	119
	2.6.1.3.	Inscripción Registro Nacional Forestal.....	120
	2.6.2.	Requisitos de inscripción	120
	2.6.3.	Derechos y obligaciones.....	122
	2.6.4.	Estructura administrativa	124
	2.6.4.1.	Mano de obra directa.....	124
	2.6.4.2.	Mano de obra indirecta	124
	2.6.5.	Organigrama.....	125
	2.6.6.	Descripción y perfil de puestos	126

2.7.	Estudio financiero.....	132
2.7.1.	Análisis de costos.....	132
2.7.1.1.	Inversión en terreno y obra civil.....	132
2.7.1.2.	Inversión en equipos de producción...	133
2.7.1.3.	Inversión en mobiliario y vehículos.....	134
2.7.1.4.	Inversión en contratos y trámites legales.....	135
2.7.2.	Costos de producción.....	136
2.7.2.1.	Costos de materia prima	136
2.7.2.2.	Costos de energía eléctrica.....	137
2.7.2.3.	Costo de mano de obra directa	139
2.7.2.4.	Depreciaciones.....	139
2.7.2.5.	Costo de mano de obra indirecta	140
2.7.2.6.	Costo mantenimiento de equipos	141
2.7.2.7.	Costos totales de producción	141
2.7.3.	Costos de administración y ventas.....	142
2.7.3.1.	Costos de administración	142
2.7.3.2.	Costos de ventas.....	143
2.7.4.	Costo total de operación.....	145
2.7.5.	Costos unitarios.....	146
2.7.6.	Análisis de ingresos	148
2.7.7.	Estados financieros proyectados.....	149
2.7.7.1.	Capital de trabajo	149
2.7.8.	Evaluación financiera	151
2.7.8.1.	Tasa mínima aceptable de rendimiento.....	152
2.7.8.2.	Indicadores financieros.....	152
2.7.8.2.1.	Valor actual neto	152

	2.7.8.2.2.	Tasa interna de retorno	153
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA MEJORAR LA CAPACIDAD CALÓRICA DE LOS <i>CHIPS</i> DE MADERA EMPLEADOS EN EL ÁREA DE COGENERACIÓN A TRAVÉS DEL PROCESO DE PELLETIZACIÓN.....		155
3.1.	Antecedentes del uso de los residuos forestales.....		155
3.2.	Conversión de <i>chip</i> de madera a <i>pellets</i>		157
3.2.1.	Descripción del proceso de elaboración de <i>pellets</i>		161
3.2.2.	Propiedades del <i>pellet</i>		163
3.3.	Establecimiento de la conversión de <i>chips</i> de madera a <i>pellets</i>		163
3.3.1.	Descripción del equipo propuesto para la producción de <i>pellets</i>		167
3.3.2.	Inversión y costos para la producción de <i>pellets</i> ..		169
3.3.3.	Discusión y análisis de la propuesta.....		171
4.	FASE DE DOCENCIA. PROPUESTA DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO FORESTAL DE LA EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA.....		173
4.1.	Diagnóstico para la identificación de necesidades de capacitación.....		173
4.2.	Resultados obtenidos del diagnóstico		177
4.3.	Plan de capacitación		178
CONCLUSIONES			181
RECOMENDACIONES			183

BIBLIOGRAFÍA..... 185
APÉNDICES..... 191
ANEXOS..... 195

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Zonificación agroecológica de la zona cañera de Guatemala	3
2.	Organigrama de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa	6
3.	Distribución porcentual por especie del programa de bosques de Empresa Agropecuaria Santa Elisa.....	8
4.	Árbol de problemas	11
5.	Árbol de objetivos.....	12
6.	Distribución natural de la teca en Asia	15
7.	Color de la madera de albura y duramen de <i>Tectona grandis L. f.</i> , a: albura y duramen en madera recién cortada; b: albura y duramen en madera secada al horno.....	18
8.	Usos de las plantaciones de teca en sus diferentes edades.....	28
9.	Patrón de corte para trozas de diámetros menores	30
10.	Curvas de crecimiento de <i>Tectona grandis L. f.</i> con 9 años de establecimiento	40
11.	Principales productores de teca en el mundo	48
12.	Diferencia económica por partida de productos industrializados pertenecientes al capítulo 44	51
13.	Diferencia económica por partida de productos industrializados pertenecientes al capítulo 94	52
14.	Distribución de las industrias en el país	53
15.	Conformación por productos del sector forestal industrial.....	54
16.	Variables que influencia el precio de la madera de teca	63

17.	Precio y tendencias (10 años entre 1990-1999) de suministro de troncos de teca de SG-1(Myanmar).....	67
18.	Participación de la madera de plantación dentro del mercado de maderas tropicales.....	68
19.	Mercado potencial estimado para la teca	70
20.	Canales de comercialización propuestos.....	75
21.	Diagrama de operaciones del aprovechamiento forestal	94
22.	Diagrama de operaciones propuesto para industrialiar la madera en rollo de teca	99
23.	Diagrama de flujo para el aserrado de trozas	103
24.	Diagrama de recorrido para el aserrado	127
25.	Sistema comercial para aserrío de diámetros menores.....	105
26.	Matriz diagonal de relación de las áreas.....	115
27.	Diagrama final de hilos para las áreas.....	116
28.	Disposición general de las áreas	117
29.	Propuesta del organigrama de la empresa	125
30.	Comportamiento anual del precio, costo y ganancia unitaria.....	148
31.	Diagrama de flujos del proyecto.....	153
32.	Rendimiento en metros cúbicos del aserrado y remanufacturas (pino).....	159
33.	Proceso básico de producción de <i>pellets</i>	161
34.	Planta propuesta para la producción de <i>pellet</i>	168
35.	Procedimiento para la identificación de necesidades de capacitación.....	174
36.	Distribución de aceptación de las notas con base a los resultados obtenidos en la evaluación	178

TABLAS

I.	Propiedades físicas de la madera de <i>Tectona grandis L. f.</i> en diferentes regiones	20
II.	Propiedades mecánicas de la madera de <i>Tectona grandis L. f.</i>	21
III.	Caracterización química de la madera de teca	23
IV.	Descripción de las operaciones de trabajabilidad para la madera de <i>Tectona grandis L. f.</i>	24
V.	Tiempo de secado natural.....	25
VI.	Descripción de defectos identificados en secado al aire libre	26
VII.	Deformaciones encontradas en cada proceso de secado al horno en la madera de teca	27
VIII.	Efecto del diámetro de la troza en el aserradero	31
IX.	Características de la plantación de <i>Tectona grandis L. f.</i> , con 7 años, en condiciones de pre y postraleo.....	34
X.	Comportamiento del porcentaje de duramen respecto a la altura en <i>Tectona grandis L. f.</i> , previo a realizar el primer raleo.....	35
XI.	Características de la plantación de <i>Tectona grandis L. f.</i> con 9 años y posterior a un segundo raleo	35
XII.	Valores de duramen y albura en trozas de teca con 9 años	36
XIII.	Coeficiente de forma en teca previo al primer raleo.....	37
XIV.	Clasificación y calidad de trozas de teca	38
XV.	Resumen de las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad de la madera de teca	42
XVI.	Descripción general de la madera de teca.....	43
XVII.	Posibles usos de la madera de teca proveniente de plantaciones de rápido crecimiento.....	45

XVIII.	Especies prioritarias establecidas dentro del programa de incentivos forestales Pinfor.....	46
XIX.	Balanza comercial para madera y sus manufacturas	49
XX.	Balanza comercial para muebles y sus partes	50
XXI.	Demanda de madera en Guatemala en troza y aserrada distintas maderas.....	57
XXII.	Demanda proyectada de madera en troza y aserrada	58
XXIII.	Oferta de madera teca en troza y aserrada para Guatemala	59
XXIV.	Oferta proyectada de madera de teca en troza y aserrada	60
XXV.	Precio promedio registrado para madera de teca en rollo exportada durante el periodo 1999-2009.....	61
XXVI.	Precios medios de teca de Myanmar bosque nativo	65
XXVII.	Precios reportados para de teca proveniente de plantaciones	66
XXVIII.	Demanda proyectada <i>versus</i> oferta proyectada	69
XXIX.	Normas aplicadas a productos forestales en EE.UU.	72
XXX.	Ponderación porcentual de los factores.....	83
XXXI.	Escala de calificación.	83
XXXII.	Método por puntos ponderados.....	85
XXXIII.	Estimación preliminar del volumen total (metros cúbicos/habitante)	87
XXXIV.	Planeación de volumen de acuerdo a las próximos raleos.....	88
XXXV.	Descripción técnica rampa de carga	107
XXXVI.	Descripción técnica de la rampa alimentadora de elevación	107
XXXVII.	Descripción técnica de la rampa alimentadora I.....	108
XXXVIII.	Descripción técnica de la rampa alimentadora II	109
XXXIX.	Descripción de la sierra vertical doble	110
XL.	Descripción técnica de la sierra vertical.....	111
XLI.	Descripción técnica de la sierra horizontal	111
XLII.	Descripción técnica de la sierra múltiple disco	112

XLIII.	Resumen de los aspectos técnicos del sistema.....	113
XLIV.	Código de proximidad y motivos	114
XLV.	Código de líneas.... ..	115
XLVI.	Mano de obra directa	124
XLVII.	Mano de obra indirecta	125
XLVIII.	Ficha técnica: administrador general	126
XLIX.	Ficha técnica: supervisor de Producción.....	127
L.	Ficha técnica: secretaria general administrativa	128
LI.	Ficha técnica: operario para proceso de aserrío.....	129
LII.	Ficha técnica: operario de montacargas	130
LIII.	Ficha técnica: personal de mantenimiento.....	131
LIV.	Inversión en terreno y obra civil	133
LV.	Inversión en equipos de producción	134
LVI.	Inversión en mobiliario y vehículos	135
LVII.	Resumen de las inversiones	136
LVIII.	Costo materia prima.....	137
LIX.	Cálculo de costos de energía eléctrica	138
LX.	Costo mano de obra directa.....	139
LXI.	Depreciaciones sobre bienes fijos e intangibles	140
LXII.	Costo de mano de obra indirecta	140
LXIII.	Costos totales de producción.....	141
LXIV.	Costos mano de obra administrativa.....	142
LXV.	Costos administrativos	143
LXVI.	Costo mano de obra en ventas	144
LXVII.	Costos de ventas.. ..	144
LXVIII.	Costos totales de operación.....	146
LXIX.	Costo total de operación, costo unitario y precio de venta	147
LXX.	Presupuesto de ingresos	149
LXXI.	Estado de resultado del proyecto.....	150

LXXII.	Flujo de fondos del proyecto.....	151
LXXIII.	Valores promedio de combustibles de madera.....	160
LXXIV.	Distribución porcentual para una primera intervención silvicultural en plantación de teca.	164
LXXV.	Resumen de la estimación de peso para conversión de leña a <i>pellets</i>	166
LXXVI.	Capacidad establecida para producción de <i>pellets</i>	167
LXXVII.	Características de los dispositivos de la planta peletizadora	169
LXXVIII.	Inversión prevista para la producción de <i>pellets</i>	170
LXXIX.	Costos para producción de <i>pellets</i>	170
LXXX.	Identificación de necesidades de capacitación.....	175
LXXXI.	Plan de capacitación propuesto.....	180

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AB	Área basal
cm	Centímetro
cm³	Centímetro cúbico
q_b	Coeficiente de forma
DAP	Diámetro a la altura del pecho
\$	Dólar americano
°C	Grados centígrados
°N	Grados norte
°S	Grados sur
g	Gramo
ha	Hectárea
IVA	Impuesto al valor agregado
IMA	Incremento medio anual
kg	Kilogramo
kW	Kilovatio
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m/min	Metro por minuto
MJ/kg	Megajulio por kilogramo
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
pt	Pie tablar

PPM

Parcela permanente de muestreo

Q

Quetzal

GLOSARIO

Aclareo o raleo	Práctica silvicultural, que modifica la densidad del bosque (número de árboles por hectárea), con el objetivo de distribuir mejor el espacio y mejorar el crecimiento de los individuos, y así lograr el mayor beneficio económico.
Albura	Capa blanda de la madera de los árboles, de color blanquecino, situada entre la corteza y el duramen.
Altura comercial	Longitud del fuste, desde el cuello del árbol hasta su extremo superior aprovechable, definido por el diámetro mínimo comercial o donde empiezan las ramificaciones de la copa del árbol.
Altura total	La que va del suelo hasta el ápice del árbol.
Área basal	Área acumulada por el total de los árboles, en un corte transversal de sus fustes a una altura de 1,30 m.
Biomasa	Fracción o totalidad de productos, desechos y residuos que se obtiene directa o indirectamente de los recursos biológicos.

Cengicaña	Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar.
Cofama	Comisión de Fabricantes de Muebles.
DAP	Diámetro que tiene el fuste del árbol a la altura de 1,30 m sobre el nivel del suelo.
Densidad anhidra	Cociente entre el peso anhidro de la muestra, y el volumen de la misma totalmente seca.
Densidad básica	Relación entre el peso anhidro de la madera, y su volumen verde, al momento del apeo del árbol.
Duramen	Madera que se encuentra en toda la porción central del tronco y por lo general es de color más oscuro o de otro color totalmente distinto al de la albura.
EE. UU.	Estados Unidos de América.
EU	Unión Europea.
Fao	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Fuste	Eje principal del tallo leñoso de un árbol, desde el punto en que brota del suelo hasta la interrupción de las primeras ramificaciones de la copa.

Inab	Instituto Nacional de Bosques.
Inventario forestal	Herramienta que permite conocer las especies arbóreas del bosque a intervenir, la distribución diamétrica, la ocupación espacial y ubicación, los volúmenes por especie para planificar el aprovechamiento de bosques naturales o de plantaciones forestales.
Itto	Organización Internacional de las Maderas Tropicales, por sus siglas en inglés.
Madera bosque natural	Madera que proviene de un sistema forestal que no ha sido plantado y no ha recibido ningún manejo silvicultural.
Madera de plantación	Aquella que proviene específicamente de cultivos forestales, establecidos y técnicamente manejados.
Madera	Conjunto de elementos lignificados de un árbol que se disponen debajo de la corteza.
Manejo silvicultural	Conjunto de prácticas por las que se ve intervenida; una plantación o bosque forestal a lo largo de su ciclo productivo.
NHLA	Asociación Nacional de Maderas Latifoliadas de Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés.

Peso específico básico	Cociente entre el peso seco en estufa (anhidro) de la madera y peso del volumen de agua desplazada por la madera verde.
Pie tablar	Volumen usada para medir la madera aserrada y corresponde a una tabla de 1 pie de ancho por 1 pie de largo y 1 pulgada de espesor.
Pinfor	Plan de Incentivos Forestales.
PPM	Es la abreviación de parcelas permanentes de muestreo y representa un sistema ágil y ordenado de toma de datos de campo, tanto aplicable a fragmentos de bosque intervenidos, como bosques primarios sin intervención, usada en los inventarios forestales.
Primera transformación	Conjunto de procesos empleados en la conversión de la madera en bruto en productos primarios, sin mayor valor agregado, que funcionan como materia prima a una segunda industria.
Proceso de aserrío	Contempla un conjunto de actividades entre las cuales se distingue: tableado en sierra principal, reaserrado, canteado y despuntado.

Segunda Transformación	Procesos especializados por los cuales la madera es transformada en productos de consumo más elaborados o complejos, a través de la carpintería, ebanistería, construcción, industria, etc.
Troza	Sección de un árbol o tronco aserrado por los extremos para poder hacer tablas.
Volumen comercial	Considera la longitud aprovechable del fuste, en términos comerciales, empleando así la altura comercial, y es expresado en: m ³ /Ha.
Volumen total	Representa la cantidad de madera disponible de un área, considerando la altura total, es expresado en: m ³ /Ha.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de graduación consistió en establecer los factores que implicarían llevar a cabo la industrialización de las trozas con diámetros menores, las cuales pueden ser aprovechadas y que son generadas en las fases de raleo, provenientes de las plantaciones establecidas con la especie teca en la Empresa Agropecuaria Santa Elisa. Se estableció que las plantaciones de teca presentan una tasa promedio de crecimiento de 11,64 m³/ha-año, un porcentaje promedio de duramen alrededor del 36 % a los 9 años de establecida, y que las trozas provenientes de un segundo raleo presentan una menor cantidad de defectos, en comparación con las provenientes de un primer raleo.

La madera de teca en Guatemala es exportada como madera rolliza (trozas), siendo el país de la India su principal destino, además de ser el principal importador a nivel mundial. Se determina que el precio de la madera de teca se ve influenciado por el origen; ya sea de plantación de bosque natural o plantaciones manejadas, también se ve determinado por la calidad, principalmente a la presencia de duramen. La madera de teca presenta, principalmente, oportunidades en los segmentos de los muebles y las manufacturas, debido a sus propiedades y características. Es de considerar que los productos elaborados presentan un precio por arriba de la madera rolliza.

Para llevar a cabo el proceso de aserrado se determinó que el proyecto debe ubicarse en el área de la finca SP-02, teniendo un volumen de producción estimado en 26,25 m³/día, requiriendo alrededor de 12 750 m² para albergar el área de producción y el patio de trozas.

Dadas las características que presentan las trozas provenientes de los raleos, se propone un sistema de procesamiento basado en el principio de cortes múltiples, que consiste en seccionar la troza y obtener, principalmente un bloque central y dos costillas laterales, para que ambas sean reaserradas posteriormente.

Dentro del marco legal se estableció que, el reglamento forestal promueve el aprovechamiento de los recursos que se obtengan de las plantaciones forestales, por lo que no existe una limitante, como tal, para el aprovechamiento e industrialización de los productos forestales que se generen en las plantaciones de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa, siempre que se cumpla con los registros y declaraciones según lo establecido por la ley y el reglamento forestal.

Respecto a los costos, se fijó que, de los totales de operación, los costos de producción representan un 88 %, derivado del valor establecido para la madera. Además se obtuvo el valor actual neto de Q 73 465,96, con una tasa interna de retorno del 16 %, asumiendo un costo de capital del 15 %.

Como resultado de la propuesta, dentro de la fase de investigación, se tiene que los *pellets* son más eficientes, en comparación con los *chips* de madera, debido a que estos pueden presentar un aumento del 25 % del poder calórico, con un costo de Q 0,087/kWh.

Se propone un plan de capacitaciones, el cual abarca las áreas de conocimiento técnico, relaciones humanas y seguridad industrial, basado en el diagnóstico realizado para identificación de necesidades de capacitaciones.

OBJETIVOS

General

Aumentar el valor de la madera de teca proveniente de las fases de raleo en la empresa Agropecuaria Santa Elisa, a través del proceso de aserrío.

Específicos

1. Determinar las condiciones actuales de las plantaciones establecidas con la especie teca a través del volumen/ha, porcentaje de duramen, y el coeficiente de forma.
2. Establecer las oportunidades de participación de la madera de teca, proveniente de los raleos, en el mercado de productos forestales industrializados.
3. Identificar las opciones técnicas para el desarrollo y transformación de la madera de teca rolliza con diámetros menores a madera aserrada.
4. Determinar los aspectos legales establecidos para el aprovechamiento e industrialización de la madera.
5. Establecer el monto de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la industrialización de las trozas provenientes de los raleos.

6. Proponer una alternativa que mejore la capacidad calórica de los residuos forestales empleados en el área de cogeneración.
7. Establecer un programa de capacitaciones para el personal del Departamento Forestal de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

INTRODUCCIÓN

La Empresa Agropecuaria Santa Elisa inicia sus operaciones a mediados de los años ochenta, teniendo como principal cultivo la caña de azúcar. En las décadas siguientes, la empresa establece el programa forestal con el fin de brindar una solución práctica que le permita aprovechar las áreas en las que no se desarrolla la actividad agrícola, generando así la incursión de la empresa en la actividad forestal.

Comienza sus planes de reforestación con la introducción de especies tropicales, teniendo como principal la teca, representando para el 2012 el 81 % del total de las áreas reforestadas. El desarrollo de las plantaciones, derivado del manejo silvícola hacia las mismas, se inicia con la producción de recursos procedentes de la actividad conocida como raleo; recursos que serán provistos a lo largo del ciclo productivo de las plantaciones; según lo establecido en el plan de manejo forestal, y del cual dependerá su frecuencia, cantidad y calidad.

Con el avance de las actividades silvícolas, la Empresa Agropecuaria Santa Elisa, ha obtenido volúmenes significativos de madera de teca, los cuales ha logrado comercializar. Sin embargo, debido a las especificaciones que demanda el mercado para esta especie, principalmente en lo relacionado con la proporción de duramen/albura, la empresa se ha visto obligada a dejar por fuera una cantidad representativa de metros cúbicos, repercutiendo en los ingresos al dejarlos de percibir u obtener precios por debajo de lo previsto.

Esta es la razón por el cual surge este trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), que busca tener una perspectiva más específica referente a la conveniencia de llevar a cabo la transformación de la madera en bruto a un producto semielaborado, como la madera aserrada; siendo este el primer proceso, que permitirá posteriormente la obtención de un producto más elaborado y con un mayor valor, que permita lograr la rentabilidad deseada.

En cuanto a la fase de investigación, se propone una alternativa bajo el principio de producción más limpia (P+L), a través del proceso de densificación para la obtención de *pellets*, proceso que busca mejorar la capacidad calórica de los residuos generados de las plantaciones forestales de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa; los cuales actualmente son empleados en forma de chips para el área de cogeneración,

Dentro de la fase de docencia, a través de la identificación de las necesidades de capacitación (IDC), se estableció un plan de capacitaciones en el que se plantean diferentes temáticas que se considera deberían permitir alcanzar los objetivos del programa de capacitaciones, en cuanto al brindar los conocimientos y habilidades que logren mejorar la ejecución de las distintas actividades productivas en las áreas: Técnica, Administrativa y de Comunicación Efectiva.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Descripción de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa

Empresa Agropecuaria Santa Elisa es de tipo agrícola, de carácter privado. Sus inicios datan de 1980, teniendo como principal actividad el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

Con el avance del tiempo y la tecnificación de los sistemas productivos, la empresa inicia en el 2000, la búsqueda de nuevas soluciones tecnológicas que permitan nuevas opciones de mercado, bajo la premisa de lograr optimizar las áreas productivas.

Considerando lo anterior, la empresa adjudica la creación del Departamento Forestal, con el objetivo de desarrollar y ejecutar todas las acciones referentes a la actividad forestal que la empresa emprendiera. Lo cual permitió complementar las acciones y los planes en marcados en la política de sostenibilidad y uso racional de los recursos establecidos por parte de la empresa, quien enfatiza el respeto por el medio ambiente.

Derivado de lo anterior surgen las plantaciones actuales con las que se desarrolla la actividad forestal dentro de la empresa, las cuales se encuentran dominadas, principalmente por la especie teca.

1.1.1. Descripción geográfica

Las plantaciones forestales con las que cuenta Empresa Agropecuaria Santa Elisa, están ubicadas en el municipio de La Democracia, del departamento de Escuintla. Las condiciones climáticas del lugar se encuentran dentro de los estratos altitudinales bajo y litoral de la zona cañera (anexo 1).

1.1.2. Municipio La Democracia

“El municipio de La Democracia tiene una extensión territorial de 320 kilómetros cuadrados, se encuentra a una altitud de 165 msnm, se ubica entre la latitud norte 14° 13' 46” y una longitud oeste de 90° 56' 50”.

Limita al norte con los municipios de Siquinalá y Escuintla; al sur con La Gomera y San José; al este con Masagua; y al oeste con La Gomera y Santa Lucía Cotzumalguapa; todos del departamento de Escuintla”¹.

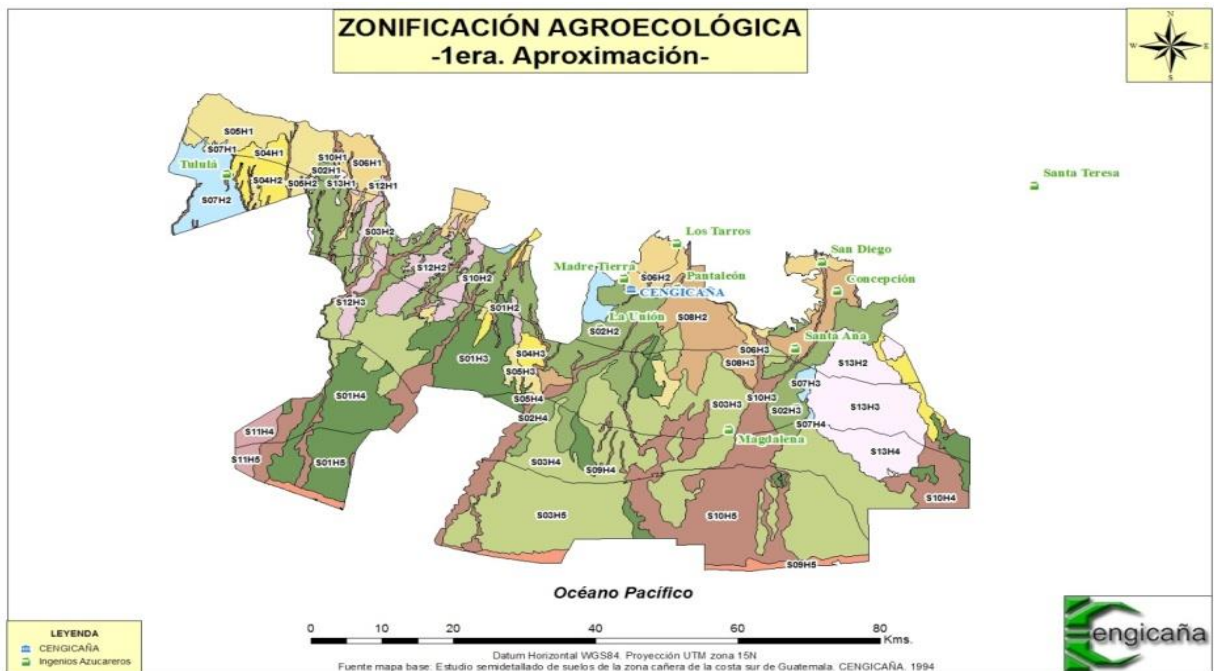
1.1.3. Clima

El clima es cálido, con una temperatura promedio de 27 °C, la zona presenta baja humedad que oscila entre 500 y 799 mm, una altitud que va desde los 40-100 msnm, presentando un período seco (ausencia de lluvias), de alrededor de 195 días, período comprendido entre el 30 de octubre y el 15 de mayo, según la zonificación agroecológica.

¹ Municipalidad de la Democracia. <http://culturapeteneraymas.wordpress.com/2011/07/31/la-democracia/>. Consulta: 18 de abril de 2014.

El comportamiento histórico de algunas variables meteorológicas se describe en el anexo 2. La figura 1 muestra la zonificación agroecológica de las áreas en las que se ubican las plantaciones.

Figura 1. Zonificación agroecológica de la zona cañera de Guatemala



Fuente: Cengicaña, 2008.

1.1.4. Zona de vida

De acuerdo a las características mencionadas anteriormente, la zona de vida en la que se ubican las áreas, es la de bosque húmedo subtropical, según de la Cruz en su estudio *Clasificación de zonas de vida de Guatemala*.

1.1.5. Suelo

La zona presenta suelos planos con diversas clases texturales, desde suelos con textura gruesa, moderadamente profundos y permeables, hasta aquellos con baja retención de agua, limitados por la presencia de capas de arena en el perfil según Villatoro y otros autores en su estudio *Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañere de la costa sur de Guatemala*.

1.2. Misión

“Cumplir con las especificaciones técnicas y de calidad exigidos por los clientes internos y externos, dentro de un compromiso de sostenibilidad y respeto por los recursos naturales, garantizando así la rentabilidad y un crecimiento sostenido para beneficio de los colaboradores, inversionistas y comunidad”².

1.3. Visión

“Ser una empresa líder y referente en cuanto a la producción de productos y servicios, agrícolas, forestales y ambientales, a nivel nacional como regional, a través de la inclusión de valor agregado a los distintos esquemas productivos, invirtiendo en investigación, adquisición de tecnología e inversión del recurso humano, para alcanzar una alta productividad”³.

² Programa de Inducción, Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

³ *Ibíd.*

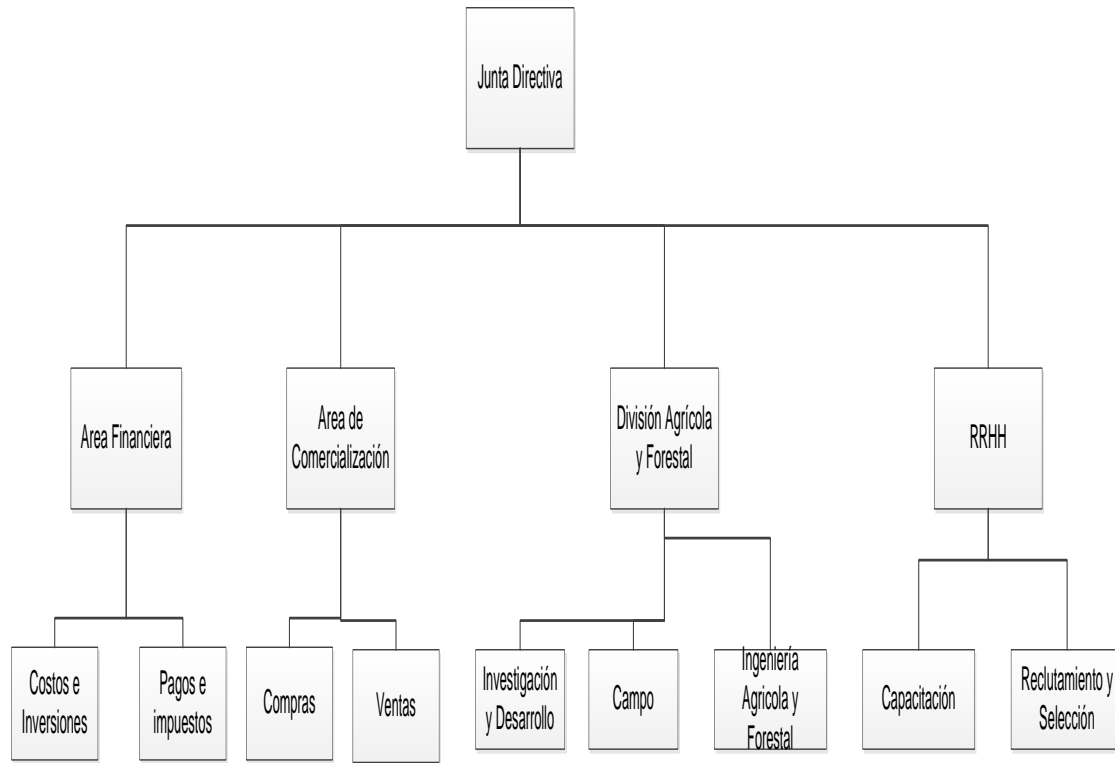
1.4. Organización de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa

La Empresa se encuentra constituida desde hace 30 años, está organizada de tal forma que facilita la administración de los distintos recursos de una forma eficiente, y con una distribución jerárquica que permite la gestión, para que se desarrollen las decisiones que se adopten. La empresa se encuentra conformada de la siguiente manera:

- Junta Directiva: responsable de la supervisión general de la empresa, la toma de decisiones internas, además de tener la representación de la sociedad mercantil.
- Área de Comercialización: encargada de llevar a cabo todas aquellas transacciones de orden comercial, que la empresa ejecute, de forma planificada y controlada.
- División Agrícola y Forestal: tiene a su cargo el desarrollo y ejecución de las actividades a niveles de campo, tanto para el área agrícola como forestal.
- RRHH: encargada de llevar a cabo la administración del recurso humano, además de la planificación de la plantilla, selección y formación del personal.

En la figura 2 se presenta el organigrama que muestra; cómo se encuentra constituida Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

Figura 2. Organigrama de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa



Fuente: Empresa Agropecuaria Santa Elisa, 2013.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PROPUESTA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE TROZAS, CON DIÁMETROS MENORES DE LA ESPECIE TECA, PROVENIENTES DE LAS FASES DE RALEO EN LA EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA

2.1. Diagnóstico

A continuación se describe el diagnóstico realizado en la Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

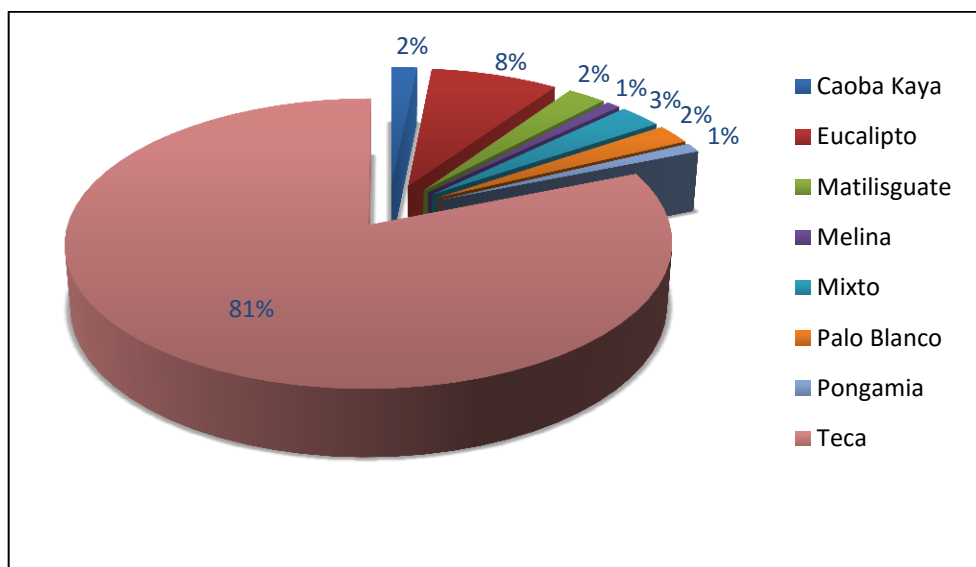
2.1.1. Antecedentes

Empresa Agropecuaria Santa Elisa se dedica a las actividades agrícolas y forestales. El programa forestal inició en el año 2003, con el fin de aprovechar áreas no aptas para el buen desarrollo del cultivo de caña de azúcar, en los cuales se presentan condiciones que permiten el desarrollo de la actividad forestal, y disminuir la cantidad de áreas ociosas.

El Departamento Forestal cuenta con diversas plantaciones de bosque tropical, dentro de las cuales se encuentra la especie teca (*Tectona grandis* Linn. f.). Esta especie representa el 81 % de las áreas plantadas de un total de 908 Ha, el restante 19 % son también especies pertenecientes al tipo tropical.

La figura 3 muestra la distribución porcentual por especies establecidas bajo el programa de bosques del Departamento Forestal de Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

Figura 3. **Distribución porcentual por especie del programa de bosques de Empresa Agropecuaria Santa Elisa**



Fuente: Departamento Forestal de la empresa.

Como parte del manejo silvicultural, que se lleva a cabo en las plantaciones forestales, se encuentra la operación llamada raleo, esta práctica consiste en realizar cortes al rodal, entre su establecimiento y su cosecha final.

La operación tiene varios objetivos: uno de ellos es reducir el número de árboles en un rodal para que los remanentes tengan espacio y desarrollen sus raíces y copas, con ello favorecer su crecimiento en diámetro y la posibilidad de alcanzar, rápidamente, un tamaño comercial.

Otros son la eliminación de árboles torcidos, bifurcados o con ramas gruesas –entre otras malformaciones- para que el incremento futuro se concentre en los mejores individuos con buenas perspectivas comerciales.

Esta es una operación que se establece a través de criterios silviculturales los que establecen su frecuencia e intensidad, a lo largo del ciclo de la plantación. Esta actividad, como muchas dentro del manejo de la plantación, representa un costo fijo, esto en función de los objetivos que se establezcan para el manejo silvicultural de la plantación.

El raleo demanda el uso de una serie de recursos, tales como mano de obra, uso de maquinaria, materiales, entre otros, lo cual genera un impacto directo en cuanto al costo del manejo de las plantaciones.

2.1.2. Problema

Dependiendo la fase en la que se realice el raleo, la madera que se obtiene puede presentar diámetros pequeños y longitudes cortas, estos recursos en muchas ocasiones no funcionan para efectos comerciales. Sin embargo, conforme el ciclo avanza y la masa boscosa va cumpliendo los objetivos de su establecimiento, el producto generado de los raleos va presentando mejores condiciones para su uso.

Dentro de las fases de raleo que se llevan a cabo en las plantaciones de teca, de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa, se tienen antecedentes de la obtención de trozas, con diámetros entre 15-25 cm, y un largo de 2,20 m, lo cual para algunos casos ha permitido su comercialización a bajos precios, y en otros, la madera con estas características no ha podido comercializarse.

Los bajos ingresos económicos por la madera de teca generada en las fases de raleo, se da por un conjunto de factores identificados en el árbol de problemas (figura 4), en el cual se resalta que, para adjudicar la venta de trozas de teca como madera en rollo, se debe cumplir con ciertos parámetros de calidad, establecidos por el mercado, de acuerdo a las características propias de la madera, siendo algunas: la relación de duramen-albura, la sinuosidad, el tamaño (diámetro y largo de la troza) entre otras, las cuales pueden repercutir en el precio o incluso en la no aceptación, provocando bajos ingresos, y la no viabilidad del proyecto.

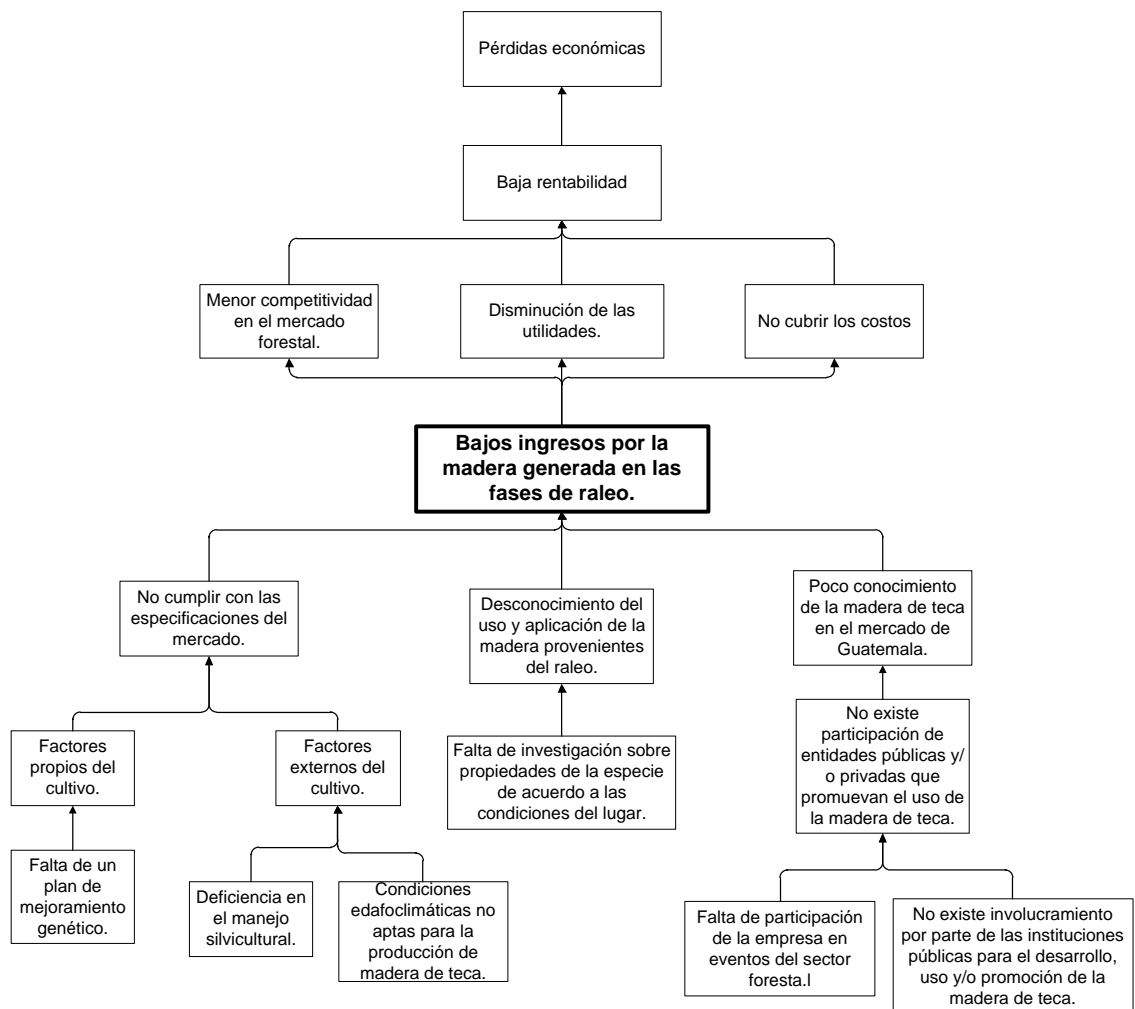
Se hace necesario mencionar, que la teca es una especie demandada por sus diferentes propiedades atribuidas, específicamente a la madera de bosque natural, lo que ha generado el paradigma de que madera de plantaciones es de menor calidad frente a su homóloga de bosque natural, lo cual hace que su comercialización sea basada por la demanda del mercado y por la oferta disponible de los productores de madera natural a nivel mundial.

Además de lo antes mencionado, se tiene la limitante del desconocimiento en cuanto a los diversos usos de la especie, acompañado de poca divulgación y promoción por parte de los sectores involucrados en desarrollar la actividad forestal en el país, y principalmente, en lo que respecta a la actividad forestal-industrial.

Para contrarrestar los bajos ingresos económicos generados por los factores establecidos en el árbol de problemas, se establecen en el de objetivos (figura 5), diversos planteamientos que permiten un aumento de los ingresos y una mayor rentabilidad del proyecto.

El cumplimiento de las especificaciones de mercado permitiría a la empresa ser más competitiva en el mercado nacional e internacional, y obtener un mejor precio en el producto. El conocimiento de las propiedades de la madera provenientes de las plantaciones de la empresa, permitirán el uso adecuado de la madera y la implementación de tecnologías que optimicen el proceso productivo, generando así un mayor valor agregado a la madera.

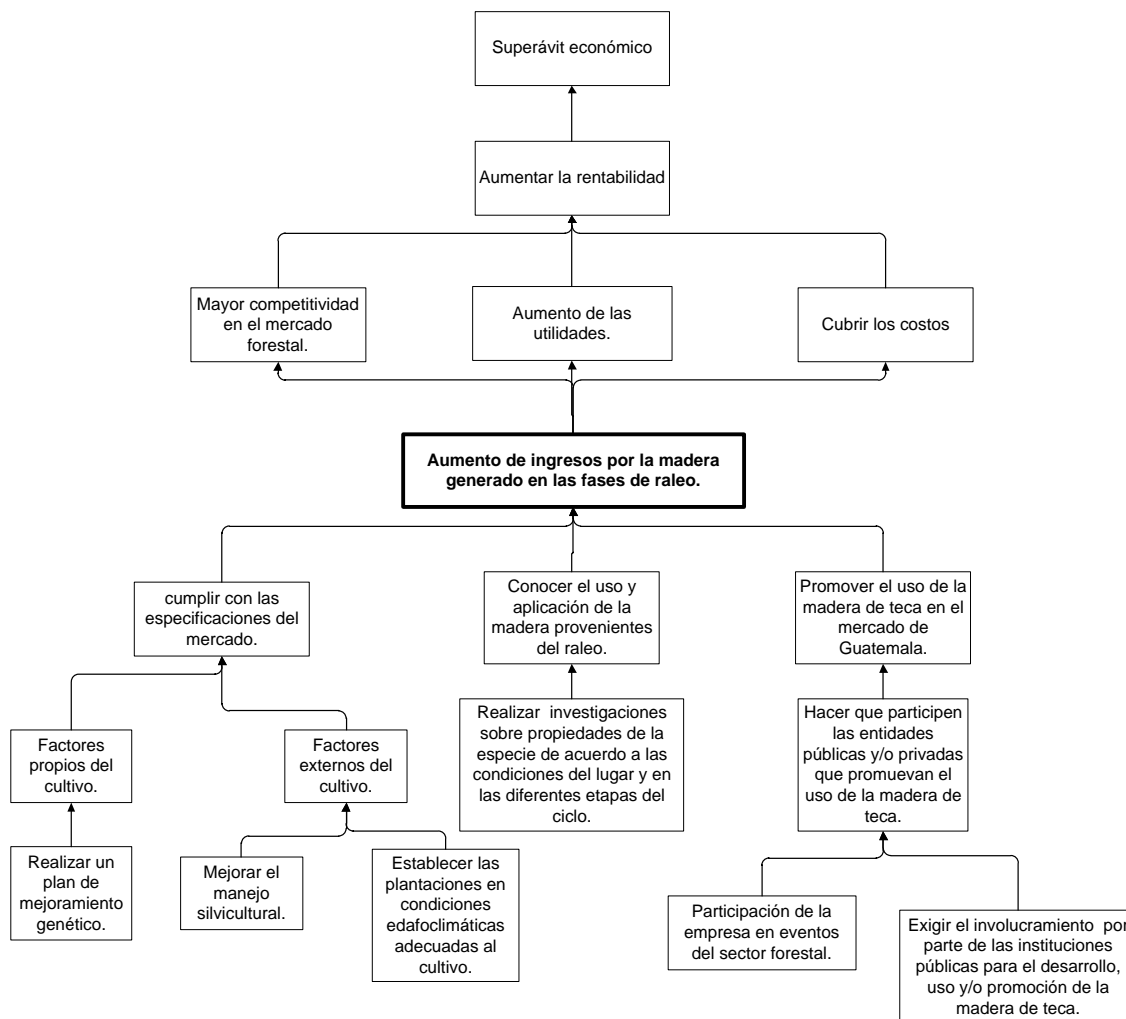
Figura 4. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Los bajos ingresos que se generan por la madera que se obtiene al momento de realizar los raleos, tiene consecuencias y efectos, que se ven reflejados al no lograr los ingresos esperados a lo largo de las fases de raleo, según la planeación del proyecto, lo que repercute en una menor competitividad, produciendo una disminución en las utilidades y en el largo plazo, posibles pérdidas económicas.

Figura 5. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

Al elaborar el árbol de objetivos se establece; que al lograr un aumento de los ingresos por la madera generada en las fases de raleo, se lograría un aumento en las entradas, lo que permitiría cubrir los costos, además de la rentabilidad deseada, resultando un superávit económico.

2.1.3. Justificación

El dinamismo de los mercados, como consecuencia de los diversos factores en los que se ve involucrado el entorno económico, cada vez más globalizado, más demandante, hace que se recurra a soluciones alternativas dentro de un marco de sostenibilidad, en el cual se logre garantizar la viabilidad de los proyectos en sus diversas líneas de acción a través del uso eficiente de los recursos, con el fin de lograr una mayor competitividad.

Razón por la cual se plantea la búsqueda de soluciones que permitan el aprovechamiento de los recursos generados en las distintas fases de raleo en las plantaciones con la especie teca, con el fin de mantener la rentabilidad del proyecto forestal, y con ello permitir la sostenibilidad de la actividad a lo largo del ciclo de plantación.

Partiendo del hecho que la actividad forestoindustrial para la especie teca, es una actividad en la cual convergen una serie de factores, principalmente: el mercado, la tecnología de procesamiento y el capital.

2.1.3.1. Sin proyecto

La actividad de raleo es una actividad necesaria ya que, la misma forma parte del manejo silvícola de las plantaciones a lo largo del ciclo productivo de las mismas.

Es de mencionar que de esta actividad se obtienen productos, que si bien no representan la finalidad u objetivo principal de la plantación, estos amortiguan los impactos negativos del ingreso que generan.

Sin embargo, la empresa se ha enfrentado al rechazo de algunos lotes de madera rolliza que se han obtenido de las fases de raleo, esto debido a que no han cumplido con el porcentaje de duramen mínimo establecido para realizar su compra, teniendo que descartar la exportación de la misma.

Lo anterior permite que los ingresos se vean disminuidos, debido a que la alternativa planteada, para hacer frente a lo anterior, es la comercialización en el mercado local. Lo cual hace que el precio obtenido sea mucho menor en comparación con el adquirido al poder lograr su comercialización en el mercado exterior.

2.1.3.2. Con proyecto

Lo que se plantea es una alternativa que permita aprovechar los recursos generados de las fases de raleo, a través de un proceso de transformación industrial, que favorezca su uso, y a la vez, los ingresos del proyecto. Contribuyendo a mantener la viabilidad del proyecto, y además, generar una actividad paralela que contribuya a la independencia de intermediarios, formando cadenas de valor, en un mercado en el que los productos con valor agregado presentan expectativas de consumo, en sus diversos segmentos.

Logrando así un uso integral de los recursos forestales disponibles, ofreciendo productos dentro de los esquemas de sostenibilidad económica y sustentabilidad ambiental.

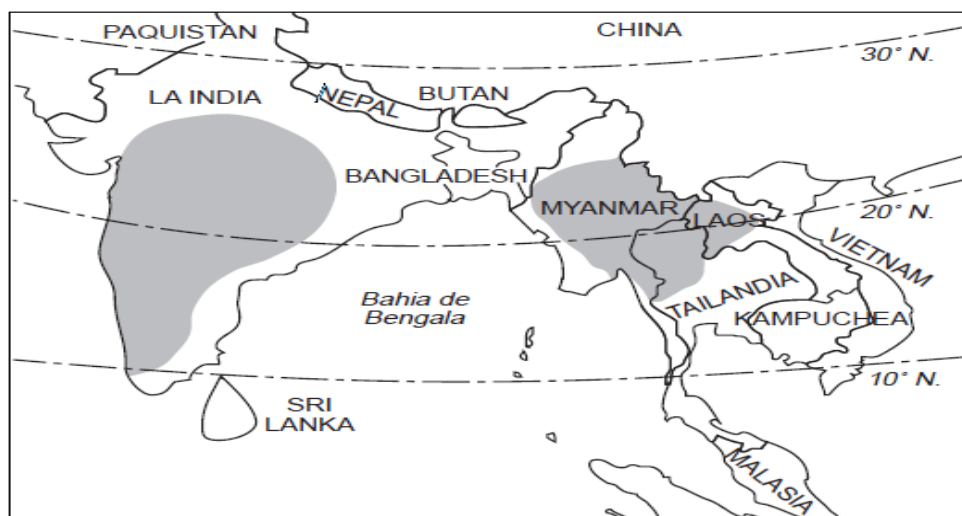
2.2. Marco teórico

A continuación se hace una descripción del marco teórico de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

2.2.1. Hábitat y ecología

La teca es originaria de los bosques deciduos y secos del trópico de la India, Laos, Myanmar (Burma) y Tailandia, en las latitudes 12 a 25 °N, y se adapta bien en Malasia, Indonesia y en otros países comprendidos en las latitudes 28 °N a 18 °S. La distribución natural no es continua, la población oriental de Indochina se considera distinta a la población occidental de India (Briscoe, 1995). En la figura 6, se presenta la distribución natural de la teca.

Figura 6. **Distribución natural de la teca en Asia**



Fuente: WEAVER, Peter. *Tectona grandis* L.f. Teca. p. 1.

La teca fue introducida a las Américas a través de Trinidad y Tobago en 1913, utilizando fuentes de semilla de Birmania. La teca fue plantada por primera vez en Centro América en 1926 en el Jardín Botánico de Summit en lo que era entonces la Zona del Canal de Panamá. En los años siguientes se iniciaron otras plantaciones por países de América Tropical.

La especie *Tectona grandis* L. f., tolera una gran variedad de climas, pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. Gran parte del área de distribución natural de la teca se caracteriza por climas tipo monzonal, con una precipitación entre 1 300 y 2 500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses, con temperaturas medias anuales entre 22 y 28 °C.

2.2.2. Botánica general

La teca es un árbol de tamaño grande, en bosque natural puede alcanzar una altura alrededor de los 45 m y un diámetro de 0,9-1,5 m. Es un árbol caducifolio, por tanto pierde las hojas en la temporada seca, con buena resistencia a los incendios.

Las hojas son simples opuestas, con peciolo gruesos. Inflorescencia en panículas terminales, con flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas.

El fruto es subgloboso, más o menos tetrágono, de color pardo y con vellos finos, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso; endocarpo grueso,

óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo.

2.2.3. Requerimientos edáficos

La especie se adapta a gran diversidad de suelos, bien drenados, fértiles y profundos, prefiere los suelos de textura franco-arenosos o arcillosos con pH neutro o ácido, con una pendiente media (menor al 25 %) y profundidad efectiva mayor a 80 cm, con alto contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg).

2.2.4. Características de la madera

“La albura es amarillenta, blancuzca o pálida y difiere marcadamente del duramen. El duramen es de color verde oliva y al cortarse se torna café oscuro. Según Ross, citado por Weaver, el duramen de la teca empieza a formarse durante el sexto año”.⁴

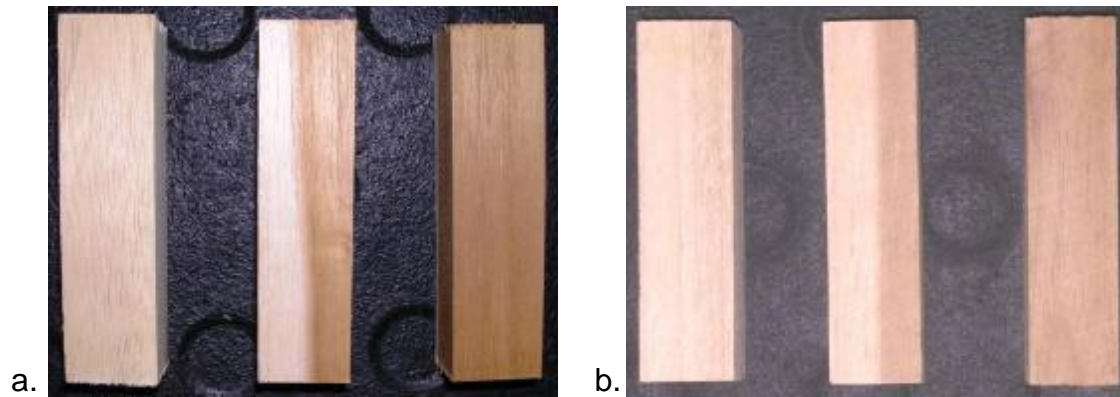
“Su grano es recto, algunas veces ondulado, de textura gruesa accidentada o irregular y anillo poroso. La teca es una madera fina, a pesar de que contiene sílice, es fácil de trabajar; no presenta problemas de secado, posee buena durabilidad natural y estabilidad dimensional, su carácter no corrosivo se debe a los aceites naturales que posee”⁵.

En la figura 7 se muestra claramente el contraste entre albura y duramen, debido principalmente a la diferencia en el color. En la condición artificialmente secada por medio de horno, esta diferencia es menos notoria.

⁴ MELINA Y POCHOTE. *Silvicultura y manejo de teca*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 1995, No. 270. p.

⁵ Manejo de plantaciones de la teca para productos sólidos. Sociedad Internacional de Forestales Tropicales. 2009, Informe especial. Bethesda, Maryland, EE.UU.

Figura 7. **Color de la madera de albura y duramen de *Tectona grandis* L. f., a: albura y duramen en madera recién cortada; b: albura y duramen en madera secada al horno**



Fuente: RIVERO MORENO, Jaime; MOYA ROQUE, Róger. *Propiedades físico-mecánicas de la madera de Tectona grandis Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba.* p. 6.

El peso específico básico aumenta con la edad de los árboles, asimismo, existe un aumento en la razón de contracciones (radial/tangencial) al aumentar la edad de los árboles. También se observa un aumento importante de las capacidades mecánicas de la teca con la edad.

La madera adulta tiene un aceite natural antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de insectos y hongos. La madera tiene resinas grasosas llamadas tectoquinones que funciona como repelente natural contra el comején y ayudan a que la madera resista la pudrición. A pesar de las resinas grasosas en la madera fresca, la madera seca se fija bien con pegantes.

2.2.5. Calidad de la madera

Existen controversias sobre la calidad de la madera según la altura y el grosor del árbol; aunque no se han encontrado diferencias entre las características del duramen conforme aumenta la altura del árbol y hacia el exterior de la madera. En estudios efectuados con teca, llevados a cabo en el Instituto Forestal en Dehra Dun, India, no hubo una relación significativa entre la tasa de crecimiento y la densidad de la madera.

Una tasa de crecimiento muy acelerada, particularmente en las etapas tempranas, puede disminuir la durabilidad de manera apreciable. Se menciona que la madera obtenida de las plantaciones no es significativamente inferior en densidad y resistencia en comparación con la madera proveniente de bosques naturales, aunque debido a su menor contenido de duramen y extractos, la madera de plantaciones es posible que sea menos durable y con cualidades estéticas menos atractivas.

2.2.6. Propiedades de la especie

A continuación se describen las propiedades de las especies que se encuentran incluidas en el presente trabajo.

2.2.6.1. Propiedades físicas

La madera de *Tectona grandis* Linn f. se ubica dentro del grupo de maderas medianamente pesadas (peso específico anhidro 0,56-0,75 g/cm³), con una densidad básica de 0,53 g/cm³. Existen algunas controversias sobre la calidad de la madera proveniente de plantaciones con turno de rotación corto respecto a la de bosques naturales.

Las propiedades físicas de la madera de plantaciones difieren de forma relativa en sus valores en cuanto a las de plantaciones de bosque natural, como se demuestra en la tabla I.

Tabla I. **Propiedades físicas de la madera de *Tectona grandis* L. f. en diferentes regiones**

Procedencia	Edad (años)	Peso específico básico	Contracción total (%)			Relación contracción Tang./Rad.	Punto de saturación de fibra (%)		
			Vol.	Tang.	Rad.		Vol.	Tang.	Rad.
Bolivia	8	0,50	8,01	5,33	2,57	2,12	26,4	26,86	24,69
Costa Rica	17	0,58	6,2	3,9	2,2	1,8	-	-	-
Asia (BN)	-	0,55	-	5,8	2,5	-	-	-	-
Honduras (PI)	-	0,56	5,1	4,6	2,1	-	-	-	-
Myanmar	-	0,57	6,8	4,2	2,3	-	-	-	-
India	-	0,57	-	4,0	2,2	-	-	-	-

BN: bosque natural, PI: aboles de plantación.
Vol.: volumétrica, Tang.: tangencial, Rad.: radial.

Fuente: CASTRO, Fernando; RAIGOSA, Jaime. *Crecimiento y propiedades físicas de la madera de teca (Tectona grandis L. F.) de 17 años en San Joaquín de Abangares*. p. 5.

La tabla I hace referencia a las propiedades físicas de la especie en diferentes procedencias y edades, se cree que la procedencia de Myanmar e India sea mayor de 28 años.

2.2.6.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas y su influencia directa, respecto a la aplicación y el buen uso que se pueda realizar a la especie que se seleccione al momento de generar algún tipo de industrialización, permite revelar las condiciones de uso y sus limitaciones.

Tabla II. **Propiedades mecánicas de la madera de *Tectona grandis* L. f.**

Propiedad		Condición húmeda	
		*Verde	**Seca
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra (kg/cm ²)		140	179
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra (kg/cm ²)		139	23
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra (kg/cm ²)		116	567
Flexión estática (1 carga) (kg/cm ²)	MOR	560	746
	MOE×1000	100	119
Esfuerzo máximo cortante paralelo a la fibra (kg/cm ²)	tangencial	85	94
	Radial	76	75
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra (kg/cm ²)	tangencial	18	23
	Radial	12	17
Esfuerzo máximo clivaje (kg/cm ²)	tangencial	3,7	3,7
	Radial	4,2	3,7
Dureza janka (kg)	Axial	216	384
	Lateral	167	225
Extracción de clavos (Kg)	Axial	36,9	45
	Lateral	62	58

*Condición verde, sobre el punto de saturación de las fibras

**Valores ajustados al 12 % C.H.

Fuente: MOYA ROQUE, Royer. *Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico*. p. 12.

En el caso de la especie teca, por ser una especie apreciada por sus propiedades visuales y de resistencia de forma natural, la madera de plantación puede mejorar sus propiedades de forma circunstancial, al modificar sus condiciones de estado. Como se muestra en la tabla II, la mayoría de propiedades mecánicas de la madera de teca, mejoran al disminuir el contenido de humedad; en la condición seca, ya que estas presentan aumentos significativos, en relación con la condición verde.

2.2.6.3. Propiedades químicas

Las propiedades de duración, respecto a otras especies, hacen que la madera de teca presente un mayor valor comercial, esto debido a los compuestos que puedan generar influencia en las propiedades y calidad de la madera.

Debido a que a un mayor contenido de sustancias extraíbles, mayor durabilidad natural de una madera, la madera de duramen contiene otro tipo de sustancias, propias del proceso de duraminización, que tienen en algunos casos, propiedades inhibitorias para el desarrollo de esos organismos, algunas de estas sustancias son: aceites esenciales, resinas, taninos, gomas, compuestos fenólicos y sustancias hidrosolubles diversas, de alta toxicidad.

Un ejemplo es la madera de teca (*Tectona grandis L. f.*) y el cedro (*Cedrela odorata*), las cuales por su gran contenido de sustancias aromáticas tienen una alta durabilidad natural. En la tabla III se describen los resultados de la caracterización química de la madera de teca con alrededor de 9 años de edad, para una plantación establecida en Guatemala.

Tabla III. **Caracterización química de la madera de teca**

Propiedad química	Promedio	Desviación media	Desviación estándar
Cenizas	1,2	0,16	0,2
Taninos	0,7334	0,1467	0,1916
Extraíbles	5,69	0,599	0,708
Lignina	26,37	1,948	2,544
Celulosa	60,53	4,161	5,442

Fuente: MURALLES REYES, Samuel Manolo. *Caracterización química de la madera de la especie teca (Tectona Grandis)*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 83.

2.2.7. Trabajabilidad

El entendimiento de las características de trabajabilidad de las maderas, permite conocer la calidad superficial que se obtendrá en las operaciones de maquinado. En la tabla IV se describen las características que presenta la madera de teca, en cada operación de trabajabilidad.

2.2.8. Secado y preservación

A continuación se describe la realización de la forma rápida del secado de la madera.

Tabla IV. **Descripción de las operaciones de trabajabilidad para la madera de *Tectona grandis* L. f.**

Operación	Descripción
Cepillado	El cepillado de la madera juvenil (6-12 años) presenta un elevado porcentaje de área libre de defecto, los defectos encontrados son: el grano arrancado (asociado a presencia de nudos) y el grano rugoso y vellosos, que se clasifica como de grado leve
Lijado	Se clasifica de fácil lijado, pues no presenta dificultades importantes para su desbaste, la combinación del rayado, la textura gruesa y los defectos generados después del cepillado, hacen difícil la obtención de una superficie completamente lisa.
Taladrado	Esta especie posee de regulares a buenas características de taladrado, sin embargo la operación es muy dependiente del tipo de madera y de broca que se utilice, presenta grano arrancado, vellosidad, falta de lisura quemaduras internas.
Torneado	En términos generales, la madera de teca muestra buenas características de torneado, la calidad es determinada por la presencia de defectos como grano arrancado, grano vellosos y grano rugoso.
Moldurado	En madera que se ha secado adecuadamente, se presentan de muy buenos a excelentes moldurados, a pesar de su alta abrasividad que provoca poca durabilidad del filo de las cuchillas, los defectos se catalogan como de leve a moderado.
Escopleado	La calidad del escopleado en esta especie es muy buena, presenta pocos defectos y poca presencia de grano arrancado.

Fuente: SERRANO, José Rafael; RODRÍGUEZ, Roy Eduardo. *Ensayos de trabajabilidad de Tectona grandis L.f. de 11 años de edad proveniente de dos sitios de crecimiento en plantaciones del Atlántico y el Pacífico de Costa Rica.* p. 7.

2.2.8.1. Secado natural

La madera seca rápido al aire y presenta pocas deformaciones, su comportamiento es bueno durante el secado al aire y en horno.

Al aire la madera de teca seca bien, pero lentamente y presenta daños mínimos. Es una especie de secado rápido en relación con otras especies de plantación. Los tiempos de secado son menores a 25 días en madera con espesores mayores a 5 cm. Una vez seca la madera aserrada presenta alguna incidencia de defectos, principalmente en la madera de árboles jóvenes o de las partes altas del árbol.

La tabla V muestra el comportamiento del secado en diferentes espesores a través del tiempo. Demostrando que a mayor espesor mayor cantidad de días, para esperar la humedad deseada.

Tabla V. **Tiempo de secado natural**

Espesor (cm)	Chi* (%)	Número de días **	Razón de secado (%/día)
2,54	79,21	14	4,5
3,81	78,76	18	3,46
5,08	77,05	23	2,58

Fuente: GÓMEZ, Paula; MOYA, Roger. *Comportamiento y costos de secado al aire y preservación por inmersión-difusión de madera de Tectona grandis L.f. y Bombacopsis quinata (Jacq.) Dugand de plantaciones de rápido crecimiento en el norte de Costa Rica*. Revista Forestal Mesoamericana KURÚ. p. 48.

En lo que respecta a la calidad del secado, la madera de plantaciones presenta, algunos defectos que se han logrado identificar en estudios relacionados al secado natural de esta especie, los cuales describe la tabla VI.

Tabla VI. **Descripción de defectos identificados en secado al aire libre**

Defecto	Descripción
Grietas y rajaduras	Presente en el secado al aire, en especial en madera próxima a los nudos y en la región próxima a la medula.
Arqueadura	Este defecto se acentúa poco con el secado.
Encorvadura	De poca magnitud y frecuencia entre la madera verde y la madera seca.
Alabeo	Baja presencia.
Colapso	No presente este defecto.
Acanalado	Presente en piezas anchas, baja incidencia en piezas angostas.
Manchas	No presenta

Fuente: MOYA ROQUE, Róger; [et al.]. *Tecnología de la madera de plantaciones forestales*. p. 73.

2.2.8.2. **Secado Artificial**

En lo que respecta al comportamiento de *Tectona grandis L. f.*, en respuesta al secado al horno (artificial), se considera una madera de rápido secado y uniformidad en el contenido de humedad final.

La madera de teca presenta una mejor respuesta a los roces de secado al aire libre, y el programa de secado suave. Al obtener con estos, los mayores porcentajes de ocurrencia para cada deformación en la categoría A, logrando de esta forma un material seco final de buena calidad.

A continuación, en la tabla VII se describen los resultados obtenidos y en el anexo 3 se muestran las gráficas para cada uno de los diferentes horarios de secado.

Tabla VII. **Deformaciones encontradas en cada proceso de secado al horno en la madera de teca**

Tratamientos	Categoría (%)			
	A	C	D	Colapso
Secado al aire	52,2	0	0	0
Programa suave	50,0	0	0	0
Programa moderado	44,4	8,9	0	26,6
Programa severo	38,9	16,6	1,1	4,0

Fuente: SERRANO MONTERO, Rafael; MOYA ROQUE, Roger. *Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico*. p. 23.

La tabla VII describe que la madera de teca presenta una mejor respuesta a los roces de secado al aire libre, y al horario de secado suave. Debido a que fueron los presentaron las mejores calidades de material secado; ya que obtuvieron los mayores porcentajes en la categoría A.

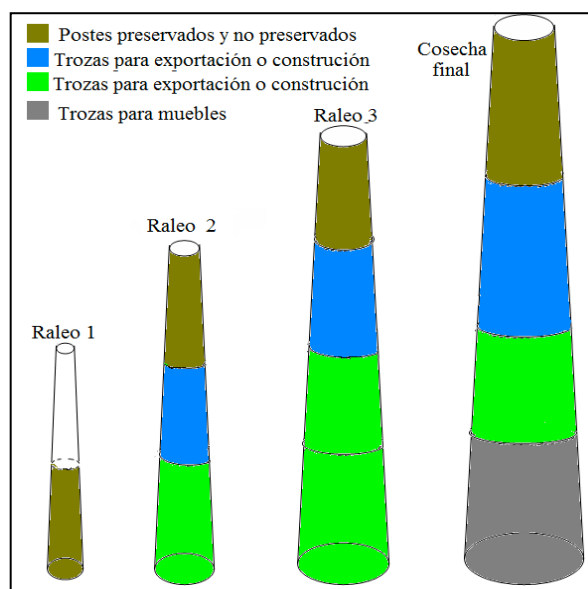
2.2.9. **Uso de las maderas plantadas**

La generación de masa boscosa a través del uso de plantaciones, forma parte de las políticas que diversos países han optado, para la generación de recursos forestales, con el fin de recompensar la tala y promover el desarrollo a través de esta actividad tanto a nivel de manejo silvicultural e industrial.

En muchos países se han empleado diversas especies para los planes de reforestación. Aunque el uso de especies exóticas de rápido crecimiento, cada vez es más popular en los trópicos, en la región centroamericana, se ha popularizado el uso de las especies melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis L.f.*).

Esto ha generado el interés en conocer la forma de manejo a lo largo de la cadena de valor que se genera con la especie, lo cual implica establecer el uso potencial de la especie que se seleccione, y con ello garantizar un uso acorde a las condiciones que se establezcan.

Figura 8. **Usos de las plantaciones de teca en sus diferentes edades**



Fuente: SERRANO MONTERO, Rafael; MOYA ROQUE, Roger. *Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico*. p. 5.

Como lo muestra la figura 8, en el caso de las plantaciones de teca; los productos que lograrían obtenerse a lo largo de las intervenciones silvícolas, se encuentra que: para un primer raleo se generarían principalmente poste, para un segundo raleo se obtendría las primeras dos trozas comerciales y una tercera para uso de postes.

Al igual que en el segundo raleo, en el tercero se espera la obtención de las primeras tres trozas con fines comerciales, y una cuarta destinada a postes. En el caso de la cosecha final se obtiene el producto deseado; en la cual la primer troza se destinaria para el uso en muebles.

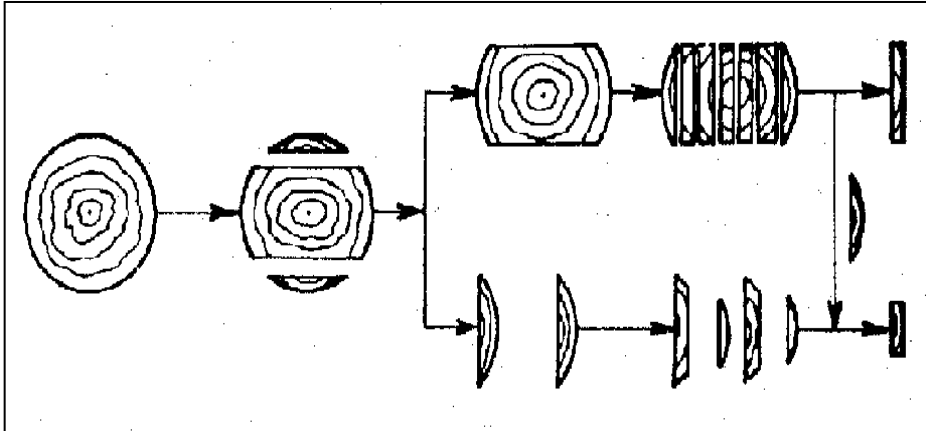
2.2.10. Aserrío de diámetros pequeños

Nace como respuesta a la incapacidad de los aserraderos tradicionales de procesar la madera de las plantaciones forestales, debido a que los productos de las plantaciones forestales son de pequeñas dimensiones, lo cual implica un menor rendimiento en el aserrío, y por lo tanto se requiere de un mayor número de trozas para lograr un volumen determinado de madera aserrada.

Los productos obtenidos y sus respectivos patrones de corte son diversos y se destacan por el corte múltiple. En la figura 9 se muestra el patrón de corte para un modelo de aserrío de diámetros menores. El cual consiste en la obtención de dos costillas de los lados laterales de la troza, junto con un semibloque.

Del semibloque se obtienen las tablillas, y, en un proceso de forma simultánea, se lleva a cabo el reproceso de las costillas, con el fin de lograr el mayor aprovechamiento.

Figura 9. Patrón de corte para trozas de diámetros menores



Fuente: MEZA, Alejandro; SIMÓN, Danny. *Aserrío de trozas de diámetros menores*. p. 3.

2.2.11. Rendimiento y calidad

Los productos de las plantaciones forestales son de pequeñas dimensiones, lo que implica un menor rendimiento en el aserrío, y por lo tanto se requiere de un mayor número de trozas para lograr un volumen determinado de madera aserrada.

En la tabla VIII se muestra el efecto de los diámetros y su efecto directo sobre la cantidad de trozas necesarias para cubrir los rendimientos estimados, entre las trozas de bosque natural *versus* las provenientes de plantaciones manejadas, de acuerdo al diámetro y largo de las mismas.

Tabla VIII. **Efecto del diámetro de la troza en el aserradero**

Línea	Tipo de troza	Diámetro (cm)	Largo (m)	Núm. trozas en 20 m ³	Longitud total en 20 m ³	Rango de rendimiento	Para igual producción
Diámetro menores	Raleos plantaciones	15	2.5	453	1132	30-35%	836 trozas longitud 2090 m
Diámetro menores	Cosecha final plantación	30	3.4	83	282	40-60%	100 trozas longitud 340 m
Convencional	Bosque natural	60	3.4	21	71	45-75%	21 trozas longitud 71 m

Fuente: CAMACHO, Diego. *Presentación curso sobre industrialización de madera de plantación*. p. 7.

Claramente se observa la influencia de los diámetros menores frente a los diámetros que pueden presentar las trozas convencionales, en las que se observa, no solo un mayor rendimiento, sino también una menor cantidad, que a su vez impacta en una menor longitud total.

2.2.12. Aspectos para la industrialización

Cuando se piensa en generar una industria indiferente de la escala que se desee, existen factores que se comparten y que deben considerarse para reducir las probabilidades de riesgo.

Estos factores incluyen una serie de ambientes en los que se pueden generar, y que estos a su vez puedan ver afectada la sostenibilidad de un proyecto en el mediano y largo plazo. Además, su incidencia condiciona en cierta forma el proyecto, principalmente en el tamaño del emprendimiento.

Los factores a los que se hace referencia anteriormente son: la disponibilidad y la garantía de la materia prima. Considerando además los elementos que el mercado establezca.

Es importante considerar para el establecimiento de centros de acopio y transformación (plantas de aserrío), los factores de: materia prima, mercado, mano de obra, infraestructura, capital, transporte, política de gobierno, estudio de la comunidad, eliminación de desperdicios, tenencia de la tierra, condiciones climáticas y otros servicios que influyan para el estudio de localización y su consecuente toma de decisión.

El aserrío no consiste simplemente en máquinas compuestas de motores y sierras efectuando cortes en la troza. En este proceso se deben considerar una serie de variables que permitirán hacer del producto rentable.

Muchas inversiones se pueden hacer en el momento de instalar un aserradero para diámetros menores, las siguientes son básicas e indispensables.

- Adquisición del terreno
- Preparación del terreno
- Construcción de la planta
- Instalación de la energía eléctrica
- Tipo y distribución de maquinaria para el proceso principal

- Equipos y accesorios
- Equipo para movilizar las trozas
- Equipo de afilado
- Capital de trabajo

2.3. Análisis situacional

Este consistió en la caracterización de la materia prima a través de la determinación del porcentaje de duramen, el coeficiente mórfico, sinuosidad y daños, con el fin de conocer ciertos parámetros que permitan establecer la calidad de la madera proveniente de los raleos.

En la mayoría de casos de plantaciones de teca con un rápido crecimiento, se presenta en la madera un alto contenido de albura, lo que da como resultado una baja durabilidad natural, debido a que este tipo de madera es más susceptible a la degradación biológica.

En teca se ha encontrado que la cantidad albura varía de 20 a 100 %, presentando los valores más bajos en las partes bajas del árbol y los valores más altos para las partes superiores. Se ha encontrado que el porcentaje de duramen, puede ser influenciado de cierta manera por el manejo a través de los de los raleos. Además de que el porcentaje de duramen puede verse influenciado por el espaciamiento de siembra.

2.3.1. Determinación del porcentaje de albura y duramen

Para llevar a cabo la determinación del porcentaje de duramen, se evaluaron cuatro 4 parcelas permanentes de muestreo (ppm's) de una plantación de 7 años (apéndice 1). Dentro de la parcelas se seleccionaron los árboles a talar en el primer raleo; a los que se procedió a medir el diámetro total y del duramen. En la tabla IX se describen las características de la plantación utilizada.

Tabla IX. **Características de la plantación de *Tectona grandis* L. f., con 7 años, en condiciones de pre y postraleo**

Condición	Densidad de la plantación (árboles/Ha)	Área basal (m ² /Ha)	Volumen total (m ³ /Ha)	Altura total (m)	DAP (cm)
Preraleo	1,111	19,59	106,81	13,00	13,57
Postraleo	833	16,40	91,78	13,65	14,07

Fuente: elaboración propia.

Además de lo escrito anteriormente se observó el comportamiento del porcentaje de duramen a lo largo del fuste, el cual se describe en la tabla X, en ella se puede observar el comportamiento que experimenta el duramen a lo largo del fuste, y cómo este disminuye conforme se aumenta la altura respecto a la base.

Tabla X. **Comportamiento del porcentaje de duramen respecto a la altura en *Tectona grandis* L. f., previo a realizar el primer raleo**

Unidad	Porcentaje de duramen		
	Base	DAP	h/2
Bloque 01	40,37	27,09	19,19
Bloque 02	29,23	26,65	21,84
Bloque 03	49,10	32,23	21,12
Bloque 04	42,49	30,31	22,99
Promedio	42,80	29,07	21,29
Desv. Est.	0,044	0,0026	0,0159
C.V.	10,32	9,17	7,48

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de conocer el desarrollo que presentan las plantaciones en cuanto a la conformación de duramen, conforme avanza el ciclo del cultivo, y las prácticas silvícolas llevadas a cabo, se plantea analizar un lote de trozas proveniente de una plantación con las características descritas en la tabla XI.

Tabla XI. **Características de la plantación de *Tectona grandis* L. f. con 9 años y posterior a un segundo raleo**

Densidad actual de la plantación (árboles/ha)	Área basal/ha (m ² /ha)	Volumen total (m ³ /ha)	Altura total (m)	DAP (cm)
556	19,12	154,07	17,40	19,03

Fuente: elaboración propia.

En las trozas seleccionadas se establece la relación duramen/albura en términos de su volumen, a través de la relación de diámetros, esto se describe en la tabla XII. El resultado obtenido refleja que, para la muestra seleccionada,

el duramen representa un 36,57 %, y la albura un 63,43 % del volumen promedio de la muestra seleccionada.

Tabla XII. **Valores de duramen y albura en trozas de teca con 9 años**

Troza	Largo (m)	Diámetro (cm)				Volumen (m ³)			
		Mayor		Menor		Duramen		Albura	
		Total	Duramen	Total	Duramen	m ³	(%)	m ³	(%)
1	2,3	26	16	21	13	0,04	38,07	0,06	61,93
2	2,3	21	14	17	12	0,03	46,81	0,05	53,19
3	2,3	23	18	19	15	0,05	61,73	0,07	38,27
4	2,3	21	12	16	10	0,02	35,35	0,04	64,65
5	2,3	23	15	21	13	0,04	40,50	0,06	59,50
6	2,3	18	10	14	8	0,01	31,64	0,02	68,36
7	2,3	20	12	15	9	0,02	36,00	0,03	64,00
8	2,3	25	15	22	13	0,04	35,49	0,06	64,51
9	2,3	19	9	15	5	0,01	16,96	0,02	83,04
10	2,3	15	8	12	5	0,01	23,18	0,01	76,82
Promedio	2,3	21,14	12,93	17,20	10,30	0,03	36,57	0,04	63,43

Fuente: elaboración propia.

Por ser árboles de diámetros pequeños, separar la albura y del duramen para un uso diferenciado, es una tarea complicada y costosa, por lo que no es justificada.

Lo anterior debe considerarse, al momento de establecer el uso que se le dé a la madera aserrada, pues sus propiedades de durabilidad pueden ser influenciadas negativamente, en caso la madera entre en contacto directo con agentes como agua, suelo, insectos, entre otros; o en caso se use a la intemperie.

2.3.2. Coeficiente de forma

Como parte del análisis para determinar las condiciones en las que se encuentra la plantación, se estableció evaluar el coeficiente de forma, previo a realizar el primer raleo en una plantación con 7 años de haber sido establecida.

El motivo de determinar el coeficiente de forma, es establecer la forma del fuste, de una manera cuantitativa, primero, con el fin de evaluar el manejo silvícola hacia las plantaciones, y segundo, establecer el volumen geométrico del árbol. Debido a que la forma del árbol puede mejorar sustancialmente con un manejo silvícola adecuado, contribuyendo así a obtener mejores rendimientos en las plantaciones. En la tabla XIII se muestran los resultados obtenidos de los lotes considerados en la evaluación.

Tabla XIII. **Coeficiente de forma en teca previo al primer raleo**

Unidad	q_B
Bloque 01	0,5008
Bloque 02	0,5529
Bloque 03	0,5542
Bloque 04	0,5391
Promedio	0,5367

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla XIII, el valor promedio de q_b es de 0,53, por lo que se determina que el diámetro de los fustes no es uniforme debido al tipo dendrométrico que presentan los árboles en forma de cono, reflejando la disminución del diámetro a lo largo fuste.

Debido a que el valor obtenido se encuentra por debajo de valores en otros estudios, aunque habrá que considerar que la plantación evaluada no presenta algún raleo.

Sin embargo, el comportamiento del diámetro en relación con la altura, puede mejorar debido al efecto que ejerce el espaciamiento de la plantación sobre el crecimiento y la forma de los árboles, controlando la densidad de las plantaciones.

2.3.3. Clasificación y calidad

Con la finalidad de determinar las características y diferencias que presentan las trozas provenientes entre cada una de las fases de raleo. Se estableció un sistema de clasificación en el que, a través de una escala (apéndice 2, p. 179), se identificó la calidad de las trozas para un primer y segundo raleo, los resultados se describen en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Clasificación y calidad de trozas de teca**

No.	1er. raleo		2do. raleo	
	Forma	Daño	Forma	Daño
1	2	C	1	-
2	2	A	1	C
3	1	C	1	-
4	2	-	1	-
5	1	C	2	-
6	2	C	1	-
7	1	B	1	-
8	1	C	1	C
9	2	C	2	A
10	2	B	1	-

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos y descritos en la tabla XIV muestran las diferencias entre las trozas provenientes de un primer y segundo raleo. Para el caso de las trozas de un primer raleo, estas presentan una mayor sinuosidad respecto de las de un segundo raleo

En lo que respecta a los daños y defectos, las trozas provenientes del primer raleo presentan una cantidad relativamente mayor de defectos en comparación con las trozas posteriores a un segundo raleo.

2.3.4. Condiciones de crecimiento

El manejo del bosque implica una serie de trabajos como: estudios de regeneración natural, formulación de tratamientos silvícolas y ejecución de los mismos. En función de lo anterior y como parte del manejo silvicultural del bosque, se encuentra el monitoreo del desarrollo de la masa boscosa, a partir de unidades de muestreo también denominadas en muchas ocasiones parcelas de muestreo, estas pueden llegar a ser de forma temporal o permanente.

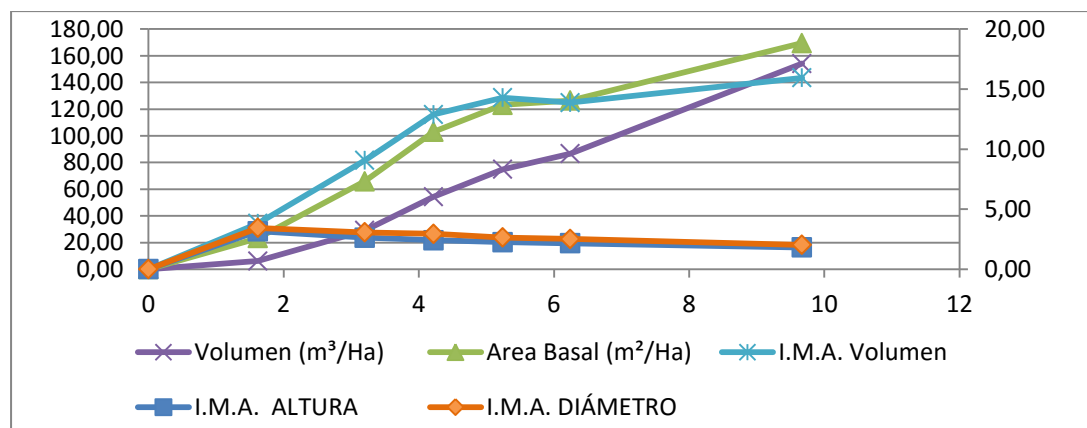
Parte de los objetivos de las parcelas de muestreo es establecer el crecimiento y productividad de la plantación, a lo largo del ciclo productivo. Con el fin de desarrollar a través de la acumulación de datos, provenientes de las distintas mediciones que se realizan a las unidades de muestreo; modelos de crecimiento y tablas de rendimiento, instrumentos que permiten el análisis financiero del proyecto de reforestación, considerando que los periodos en los que se desarrollan las plantaciones forestales son de largo plazo, lo cual conlleva a una búsqueda de precisión, para así lograr modelar las condiciones de crecimiento.

Además de lo anterior; con el monitoreo y la información recabada, se permite determinar el impacto y beneficio potencial, y con ello entender mejor los factores que favorecen y limitan el desarrollo de la plantación, para poder planificar mejor las futuras plantaciones.

Partiendo de lo anterior y con el fin de conocer el desarrollo que ha presentado la especie *Tectona grandis* L. f., en las condiciones para un área específica de la empresa, se trazaron las curvas de crecimiento, generadas a partir de las parcelas permanentes de muestreo (apéndices 3 y 4).

Con los datos generados a partir de las parcelas permanentes de muestreo, se provee de datos cuantitativos y cualitativos que permiten registrar los cambios en la plantación forestal, a lo largo del ciclo productivo, en cada una de las fases que se intervienen, las curvas de crecimiento se observan en la figura 10.

Figura 10. **Curvas de crecimiento de *Tectona grandis* L. f. con 9 años de establecimiento**



Fuente: elaboración propia.

La figura 10 muestra cuál ha sido el comportamiento a lo largo del tiempo de la plantación, para el área en cuestión, considerando las condiciones del lugar en las que se desarrollan. A partir de los datos empleados para la generación de las curvas, se pudo efectuar, que las plantaciones presentan una tasa promedio de crecimiento de 11,64 m³/ha-año. Lo que representa un índice de productividad para las condiciones del sitio, en mención; en la etapa actual en la que se encuentran las plantaciones.

Pero, el uso de las unidades de muestreo debe ser acompañado de otras fuentes de información (inventarios forestales, ensayos silviculturales, estudios ecológicos y fenológicos), permitiendo así generar un mapa de la estructura del bosque, para definir tipos e intensidades de aprovechamiento y tratamientos silviculturales. Y con ello lograr manejar de forma integral y sostenible las plantaciones.

Es de mencionarse que el establecimiento de las representaciones de crecimiento es dirigido a una zona específica, al lugar en donde se desarrollan cada una de las unidades productivas.

2.4. Estudio de mercado

En el siguiente estudio de mercado se describen las propiedades y características de la madera, calificación de producto, entre otros.

2.4.1. Definición del producto

En general, la madera de teca es bien conocida debido a sus excelentes propiedades físicas y mecánicas, en la tabla XV se describe un resumen de las distintas propiedades atribuidas a la especie *Tectona grandis L.*

Tabla XV. **Resumen de las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad de la madera de teca**

Propiedad	Valor	Propiedad	Clasificación
Densidad (g/m ³)	0,56	Aserrado	Moderada facilidad por el desafilado de la herramienta de corte.
Contracción volumétrica (%)	6,35	Cepillado	Mediana calidad
Contracción tangencial (%)	5,52	Lijado	Fácil
Contracción radial (%)	2,60	Taladrado	Moderada calidad
Compresión paralela (kg/cm ²)	425	Moldurado	Buena calidad
Compresión perpendicular (kg/cm ²)	396	Escopleado	Buena calidad
Tensión Radial (kg/cm ²)	21	Torneado	Moderada calidad
Tensión tangencial (kg/cm ²)	22	Tallado	Buena calidad
Tensión paralela (kg/cm ²)	912		
MOE x 1000 (kg/cm ²)	131		
MOR (kg/cm ²)	951		

Fuente: MOYA ROQUE, Róger, et all. *Tecnología de la madera de plantaciones forestales*. p. 19.

Por sus características y su belleza, la madera de teca se considera una de las especies más importantes del mundo, y una de las maderas más cotizadas. En la tabla XVI se describe las características atribuidas a la madera de teca.

Tabla XVI. **Descripción general de la madera de teca**

Característica	Descripción
Color de albura	Amarillo pálido
Color de duramen	Marrón verde oliva ligero
Veteado	Definido
Textura	Mediana a fina
Olor	Característico
Sabor	Imperceptible
Brillo	Moderado
Tipo de grano	Recto
Anillos de crecimiento	Ausente y presente
Clasificación de madera por resistencia	Moderada

Fuente: elaboración propia.

Debido a las propiedades y características descritas anteriormente se plantea la opción de industrialización de las trozas aprovechables que provengan de los raleos y posteriormente de la cosecha final. Dividiendo su industrialización en dos fases de transformación.

El producto que se plantea obtener de la industrialización de las trozas de diámetros menores, es madera aserrada, contemplando como primera transformación. Madera aserrada en largas dimensiones (de 8 pies a más) o madera aserrada en cortas dimensiones (de 7 pies a menos).

- Madera aserrada en largas dimensiones en medidas comerciales:

Grosor: 3/4, 1, 1 ½, 2, 3 y 4	pulgadas
Ancho: 3, 3 ½, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12	pulgadas
Largos: 8, 9, 10	pies

- Madera aserrada en cortas dimensiones en medidas comerciales:

Grosor: 3/4, 1, 1 ½, 2, 3 y 4 pulgadas

Ancho: 3, 3 ½, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 pulgadas

Largos: 3 1/3, 4, 5, 6 y 7 pies

La obtención de madera aserrada es el inicio del aprovechamiento de la teca, ya que posteriormente deberá plantearse su utilización en productos con un mayor grado de industrialización, y hacer de la madera de teca un uso integral.

2.4.2. Naturaleza y usos del producto

En general, la madera de teca presenta numerosos usos, en los sectores de construcción, muebles y preservados. Por lo que es utilizada en pisos, muebles de exteriores e interiores, productos de ebanistería, instrumentos musicales, postes y pilotes, aplicaciones estructurales, construcción de barcos y vehículos, artículos de deporte, chapados y contrachapados.

Al igual que la madera de bosque natural, la de plantaciones presentan las mismas oportunidades de participar en los sectores que participa su homóloga, considerando que la madera proveniente de cada intervención tiene un uso potencial, relacionado con el diámetro, largo y calidad. En la tabla XVII se describe los posibles usos para la madera de teca proveniente de plantaciones manejadas.

Tabla XVII. **Posibles usos de la madera de teca proveniente de plantaciones de rápido crecimiento**

Construcción civil	Muebles	Otros usos
Vigas laminadas	Archivadores	Componentes en botes
Piezas molduradas	Bancas	Artesanías
Vigas de madera solida	Camas	Postes preservados
Pisos	Cómodas	Postes con largos sobre 6m
Forros para paredes	Juegos de comedor y sala	Urnas para cenizas
Peldaños para escalera	Mesas	
Puertas	Sillas y sillones	
Ventanas	Escritorios	
Pisos (decks) en sitios de recreo	Estantes para oficina	

Fuente: MOYA ROQUE, Róger, et all. *Tecnología de la madera de plantaciones forestales*. p. 63.

Se establece que la madera aserrada que se obtenga puede ser empleada en los diferentes segmentos mencionados en la tabla XVII.

2.4.3. Clasificación del producto

Por el tipo de producto que puede obtenerse a partir de la materia prima se clasifica como heterogéneo, duradero, siendo un producto de comparación.

2.4.4. Antecedentes de mercado

En lo que respecta a los antecedentes del mercado, se mencionará la importancia de la especie teca para Guatemala, el mercado de comercialización, entre otros.

2.4.4.1. Importancia de la especie teca para Guatemala

La especie teca forma parte de Programa de Incentivos Forestales más conocido como Pinfor, del Instituto Nacional de Bosques (Inab), la teca es una especie prioritaria dentro del programa, debido a que, entre las especies exóticas, es una de las más plantadas.

Según información del Sistema de Información Forestal, la especie representa un área plantada de alrededor de 17 238,71 ha, posicionándose solo por debajo de la especie *Pinus Maximinoi*. Lo anterior se describe en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Especies prioritarias establecidas dentro del Programa de Incentivos Forestales Pinfor**

Núm.	Especie	Nombre común	Área (ha)
1	<i>Pinus maximinoi</i>	Pino candelillo	19 732,63
2	<i>Tectona grandis</i>	Teca	17 328,71
3	<i>Pinus caribea var. hondurensis</i>	Pino de Petén o de Caribe	10 034,44
4	<i>Tabebuia donelli smithii</i>	Palo blanco	6 431,69
5	<i>Pinus oocarpa</i>	Pino colorado	6 270,87
6	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	7 428,78
7	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	1 219,45
8	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Santa maría	1 109,59
9	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	785,65
10	<i>Abies guatemalensis</i>	Pinabete	80,03

Fuente: Inab, 1998-2012.

De acuerdo a la tabla XVIII, la especie teca representa un 25 % de las 70 421,84 ha, que conforman el grupo de especies prioritarias del Pinfor, las cuales representan un 62,69 del área total que cubre el programa.

2.4.4.2. Mercado para la comercialización de madera de teca

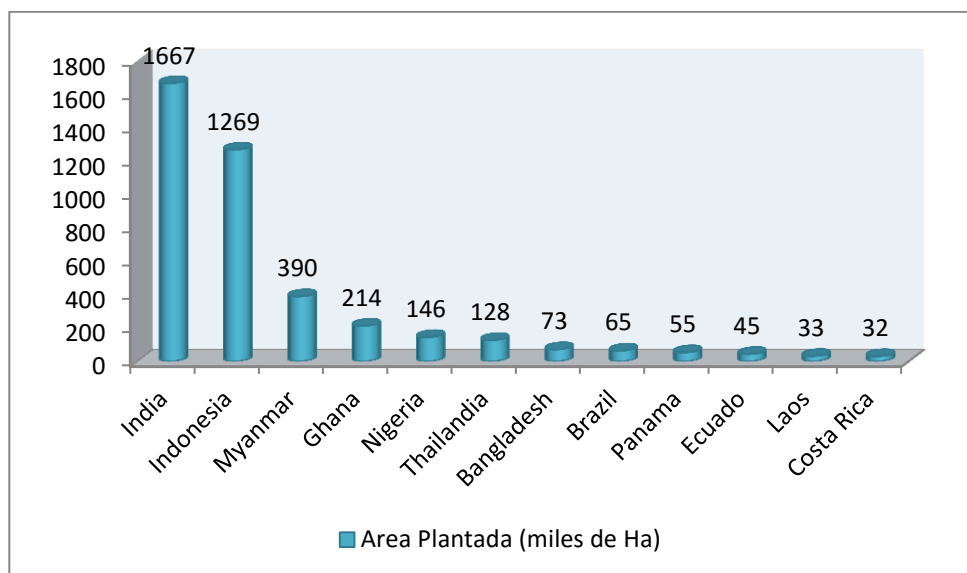
Las restricciones impuestas a la comercialización en la India y otros países en los que la especie teca es nativa, han limitado su oferta nacional. Pese a ser India uno de los mayores productores de teca en el mundo, tiene que importar grandes cantidades de madera para satisfacer la demanda interna.

Las plantaciones de madera de teca alrededor del mundo, son ahora importantes para salvar el desnivel de la demanda y oferta en ese país. La madera teca es muy reconocida como madera de alto valor, y aunque la historia refiere sus orígenes a los países asiáticos, las plantaciones que se han desarrollado en África y América, ha despertado el interés de los diversos usuarios de esta madera.

Asia acumula el 80 % de las plantaciones mundiales de teca (aproximadamente 2,9 millones de hectáreas), siendo India el país que tiene el mayor porcentaje, 57 % de esa área plantada, seguido de Indonesia y Myanmar. En América Latina destaca Brasil (65 mil ha), seguido de Panamá (55 mil ha), Ecuador (45 mil ha) y Costa Rica (32 mil ha). La mayoría de los bosques perteneciente a los países anteriormente mencionados son menores a 20 años.

A continuación se presentan en la figura 11, los principales productores de teca en el mundo.

Figura 11. Principales productores de teca en el mundo



Fuente: Forestry Department FAO, 2012.

La India importa por si sola más del 80 % de la teca comercializada en troza en el mundo. India, Tailandia e Indonesia concentran cerca de 98 % de las importaciones de teca en forma de troza del comercio internacional, en la última década, los productores asiáticos han importado trozas o bloques de teca proveniente de plantaciones de África y América Latina.

2.4.4.3. Mercado en Guatemala

La teca es una madera, principalmente de exportación, las primeras plantaciones en Guatemala se hicieron considerando un ciclo de vida de 25 años para producir y vender madera en rollos de grandes dimensiones. Sin embargo, a partir del 2005, se ha presentado un mercado para la venta de madera a partir del quinto año de vida generada por la demanda de diámetros menores, los cuales son utilizados para diversos tipos de productos,

principalmente cajas funerarias y otros como zócalos que se obtienen de diámetros pequeños.

2.4.4.4. Sector forestal del país

De acuerdo al Sistema Arancelario Centroamericano (SAC), las categorías en las que se divide el sector forestal, los productos maderables se dividen en dos capítulos: el capítulo 44 que corresponden a madera y sus manufacturas, y el 94 que abarca a los muebles y sus partes.

Según los reportes del Sifgua, en Guatemala la balanza comercial para madera y sus manufacturas ha sido positiva en los últimos diez años, esto se puede observar en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Balanza comercial para madera y sus manufacturas**

Año	Exportaciones	Importaciones	Saldo	%
2003	34,431.383	19,523,480	14,907,903	43,30
2004	37,164.007	19,183,925	17,980,082	48,38
2005	41,265.943	20,506,246	20,759,697	50,31
2006	39,160.726	27,456,512	11,704,214	29,89
2007	65,441,533	48,716,905	16,724,628	25,56
2008	67,444,593	49,210,774	18,233,819	27,04
2009	50,465,265	38,568,968	11,896,297	23,57
2010	49,208,482	43,229,644	5,978,837	12,15
2011	57,636,784	51,225,080	6,411,704	11,12
2012	59,793,158	56,542,994	3,250,164	5,44
*Cifras en miles de quetzales.				

Fuente: Sifgua, 2012.

Mientras que la balanza comercial para madera y sus manufacturas es positiva, la del capítulo de muebles y sus partes es negativa para cada uno de los periodos establecidos, lo anterior se muestra en la tabla XX.

Tabla XX. **Balanza comercial para muebles y sus partes**

Año	Exportaciones	Importaciones	Saldo	%
2003	11,074,186	20,070,631	-8,996,445	-44,82
2004	10,867,775	22,962,726	-12,094,951	-52,67
2005	10,357,423	27,413,588	-17,056,165	-62,22
2006	13,643,503	28,345,101	-14,701,598	-51,87
2007	15,410,789	36,442,313	-21,031,524	-57,71
2008	15,365,878	37,126,036	-21,760,159	-58,61
2009	8,698,037	25,421,883	-16,723,846	-65,79
2010	14,037,155	26,514,751	-12,477,596	-47,06
2011	16,428,175	30,877,733	-14,449,558	-46,80
2012	18,322,504	29,315,827	-10,993,323	-37,50

*Cifras en miles de quetzales.

Fuente: Sifgua, 2012.

Con el fin de conocer el mercado de la industria forestal guatemalteca, se estableció describir las partidas que presentan saldos negativos, dentro de sus capítulos correspondientes.

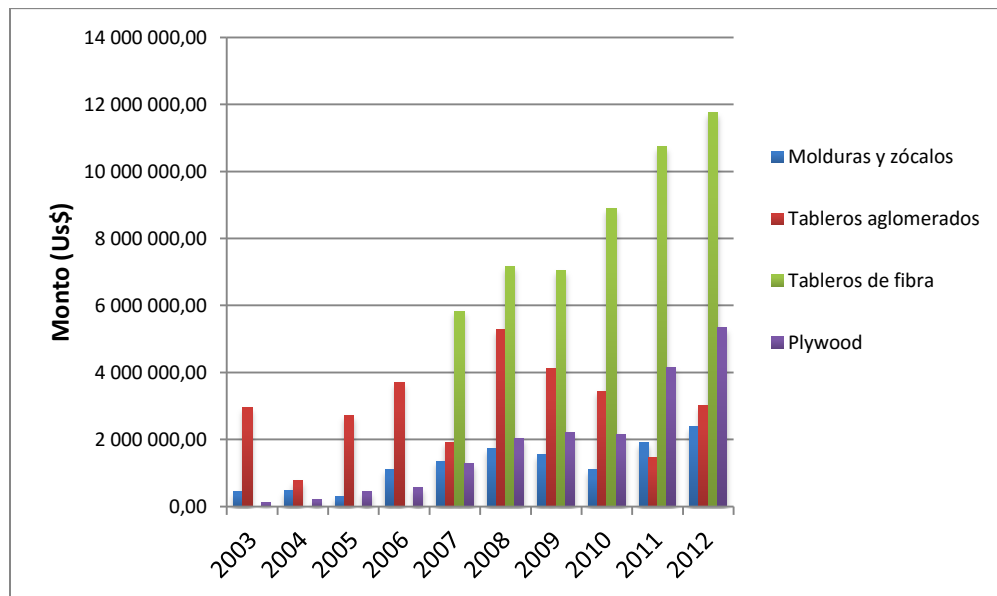
En cuanto al capítulo de madera y sus manufacturas, en términos globales presenta una balanza positiva, sin embargo, al analizar las partidas que lo conforman, existen productos que sobresalen, debido a que presentan una diferencia económica considerable, lo cual representa una oportunidad de mercado.

Los productos a los cuales se hace referencia son: los tableros aglomerados, las molduras y zócalos, *plywood*, tableros de fibra. Este último ha experimentado, para cada uno de los últimos años, un incremento en sus

importaciones, lo que representaría una mayor demanda por parte de este producto en el mercado nacional.

El comportamiento de los productos mencionados en términos monetarios para los últimos 10 años se puede observar en la figura 12.

Figura 12. Diferencia económica por partida de productos industrializados pertenecientes al capítulo 44

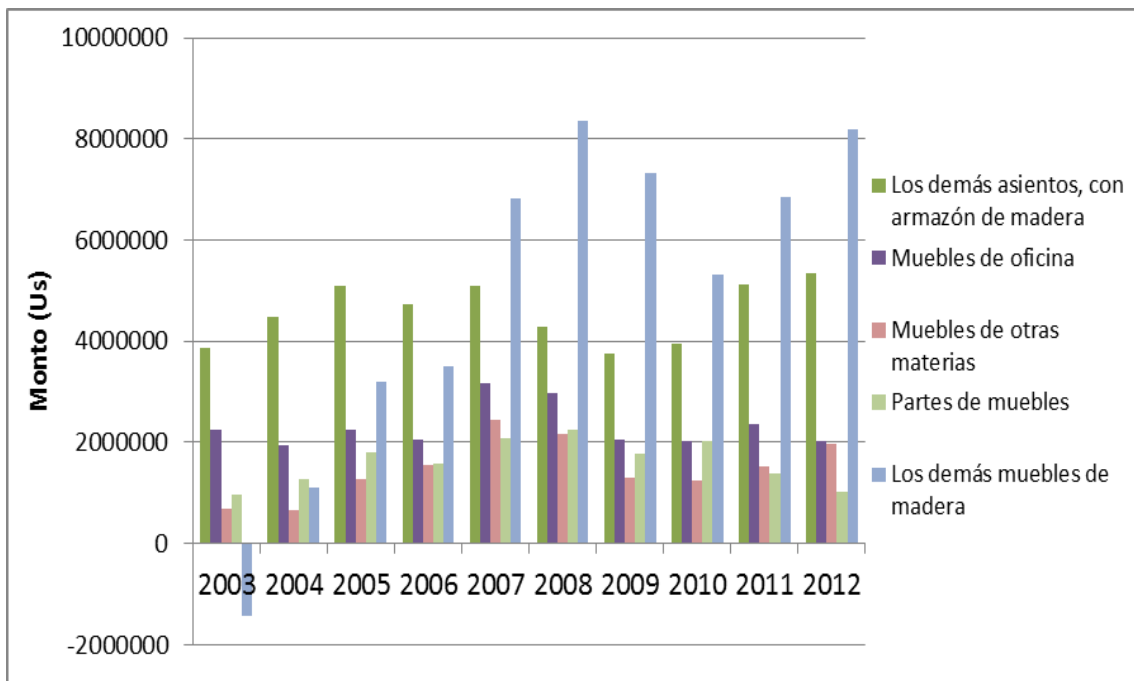


Fuente: Sifgua, 2013.

Existen otros productos, que quizá; comparados con los mencionados anteriormente, representen una menor participación en el mercado, pero no por ello dejan de ser un segmento potencial. Estos productos son: barriles, cabos y bolillos.

En cuanto al capítulo de muebles y sus partes, este presenta para cada uno de los periodos registrados, una balanza negativa en términos globales. Las partidas que sobresalen dentro del capítulo son: los muebles de oficina, los demás asientos con armazón de madera, las partes de muebles, muebles de otras materias (mimbre, ratán, bambú o materias similares) y los demás muebles, esto se puede observar en la figura 13.

Figura 13. **Diferencia económica por partida de productos industrializados pertenecientes al capítulo 94**



Fuente: Sifgua, 2013.

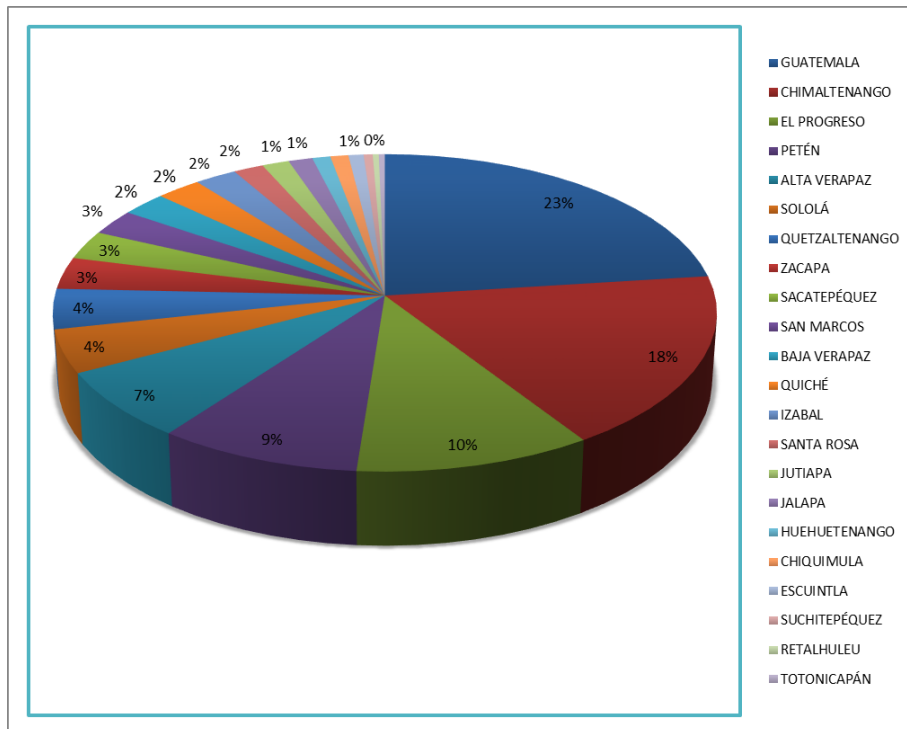
Resalta que la partida de los demás muebles, es la que mayor diferencia presenta, aunque habrá que considerar que en esta partida se agrupa una mayor cantidad de tipo de muebles, lo que hace que su valor sea superior al de las demás partidas mencionadas.

2.4.4.5. Distribución geográfica de las industrias que demandan madera

Según el Sistema Nacional de Información Estadística Forestal de Guatemala (Sifgua), en el país se concentran 613 industrias activas, las cuales representan la fuerza de transformación de la madera en diversos productos, ya sea que estos sean de primera o segunda transformación.

La distribución porcentual por departamento de las industrias que conforman el sector forestal industrial se puede observar en la figura 14.

Figura 14. Distribución de las industrias en el país

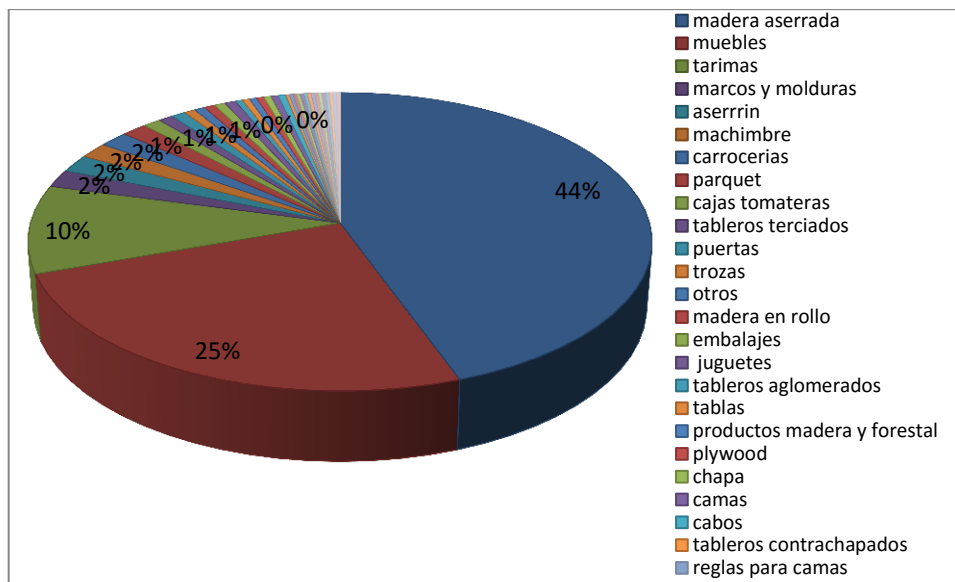


Fuente: SIFGUA, 2013.

Se puede resaltar que el departamento que presenta la mayor concentración es el de Guatemala, el cual representa un 23 % de la cantidad total de industrias, lo que resulta siendo que los departamentos de Guatemala, Chimaltenango, El progreso, Petén y Alta Verapaz conglomeren a más del 50 % de industrias, en el país.

Con el fin de conocer cómo se constituyen las industrias, respecto a las líneas productivas que desarrollan, se estableció a partir de los registros del Sifgua, como se distribuyen por actividad industrial las empresas que conforman el sector forestal industrial del país, la cual se puede observar en la figura 15.

Figura 15. **Conformación por productos del sector forestal industrial**



Fuente: Sifgua, 2013.

Se observa que el 44 % de las industrias se dedican a un proceso de transformación primario, como la madera aserrada. Posterior a esto se

encuentra la conformación de los diversos productos, de los cuales resaltaría el 25 % que representa el sector de los muebles.

2.4.5. Análisis de la demanda

Al disminuir la disponibilidad de la teca de bosques naturales, ha crecido la importancia de las plantaciones como fuente de suministros para atender a la demanda: a medida que crece la demanda de madera de teca de plantación, el sector privado se ha ido interesando más por el establecimiento de plantaciones con fines comerciales.

Tomando en cuenta lo anterior, es difícil proyectar una demanda real para Guatemala, toda vez que se trata de un mercado por generar, lo cual implica importantes trabajos de difusión, promoción y comercialización de la teca y sus beneficios, ya que hasta ahora, en el país se utilizan otras maderas: como cedro y caoba de las maderas preciosas, matilishuate y palo blanco y materiales para la fabricación de productos ya en el mercado, como es el caso de pino para pisos laminados de interior y hierro para muebles de jardín y exterior.

Partiendo del hecho de que la industria turística, en general, tenderá a crecer, dado el impulso que recibe tanto de la iniciativa privada como de parte de los sectores de gobierno se puede hacer una estimación del mercado potencial para muebles de teca.

Para efectuar un análisis conservador de las proyecciones de la demanda de productos a partir de la teca en Guatemala, es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Se tiene un mercado con gran potencial de desarrollo.
- Se parte del análisis de los productos de la teca descritos anteriormente, considerando el potencial de crecimiento de la industria turística nacional y el crecimiento esperado en la industria de la construcción.
- Se considera el gran potencial que representa la industria turística (hoteles, resorts, entre otros) internacional.

Los principales productos de mercado con potencial a desarrollarse son:

- Muebles para exterior
- *Decks* (pisos y laminados para terrazas)

2.4.5.1. Demanda interna

La madera de la especie teca es muy poco conocida e igual su uso es limitado en Guatemala, debido a que el mercado de la teca nacional se dirige hacia la exportación; teniendo como principal destino India, seguido por Singapur, Vietnam, China y Tailandia.

2.4.5.2. Demanda externa

En la actualidad la madera de teca se exporta, principalmente, como troza; la especie forma parte del grupo de maderas exportables del país, por lo que se tomó como fuente de consulta una serie de boletines emitidos por el Instituto Nacional de Bosques (Inab), en coordinación con la Ventanilla Única para Exportadores (Vupe), donde se muestra el comportamiento histórico de metros

cúbicos exportados de las distintas maderas en troza y aserrada para el periodo 1999-2009, lo anterior se puede observar en la tabla XXI.

Tabla XXI. Demanda de madera en Guatemala en troza y aserrada distintas maderas

Año	Volumen (m ³)
1999	7 048,80
2000	10 917,75
2001	14 423,11
2002	17 432,72
2003	24 974,54
2004	29 604,92
2005	30 419,77
2006	22 050,69
2007	20 120,84
2008	18 062,55
2009	20 581,45

Fuente: Inab-Vupe, 2012.

2.4.5.3. Demanda proyectada

De acuerdo a la demanda histórica y tomando como base el método de mínimos cuadrados, se efectuó el cálculo de la proyección de la demanda para madera en troza y aserrada en la tabla XXII, para un período de diez años.

Tabla XXII. **Demanda proyectada de madera en troza y aserrada**

Año	Volumen (m ³)	Crecimiento (%)
2010	26 586,11	0
2011	27 749,90	1,04
2012	28 913,68	1,04
2013	30 077,47	1,04
2014	31 241,26	1,04
2015	32 405,05	1,04
2016	33 568,84	1,04
2017	34 732,63	1,03
2018	35 896,42	1,03
2019	37 060,21	1,03

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXII se observa que existe un crecimiento interanual promedio proyectado, favorable para la demanda de especies exportables, segmento dentro del cual la teca puede formar una participación más activa, considerando las limitaciones para la obtención de madera de bosque natural en países asiáticos, permitiendo una mayor participación de la madera proveniente de plantaciones manejadas.

2.4.6. Análisis de la oferta

Para este análisis se consideran los volúmenes de producción de madera de teca, exportados durante los años 1999 al 2009. La oferta histórica de los periodos precedentes más cercanos se describe en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Oferta de madera teca en troza y aserrada para Guatemala**

Año	Volumen (m ³)
1999	73,32
2000	16,39
2001	33,24
2002	18,06
2003	1 207,00
2004	2 168,45
2005	3 913,72
2006	3 447,67
2007	1 362,14
2008	3 498,45
2009	10 183,54

Fuente: Inab-Vupe, 2012.

La tabla XXIII presenta las exportaciones realizadas en Guatemala, para el periodo indicado, en ella se observa un comportamiento favorable para la producción de madera de teca, al tener un comportamiento ascendente y significativo para los últimos años.

2.4.6.1. Oferta proyectada

En función del comportamiento histórico de la madera teca y con base al método de mínimos cuadrados, se efectuó el cálculo de la proyección de la oferta para un periodo de 10 años, la cual se describe en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Oferta proyectada de madera de teca en troza y aserrada**

Año	Volumen (m ³)
2010	6 612,83
2011	7 322,22
2012	8 031,60
2013	8 740,98
2014	9 450,36
2015	10 159,74
2016	10 869,12
2017	11 578,51
2018	12 287,89
2019	12 997,27
2020	13 706,65

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXIV describe el comportamiento de la oferta para los años proyectados, en ella se puede observar un crecimiento positivo en cuanto a la producción de madera de teca nacional.

2.4.7. Precio

A continuación se describen los precios de la madera teca nacional, los sistemas de medida para la comercialización, los precios a nivel internacional, entre otros.

2.4.7.1. Precios de la teca nacional

En Guatemala no existe una regularización de precios en cuanto a las maderas tropicales, y para la madera en general; el precio se ve determinado por el mercado, en función de la oferta y la demanda.

En el caso de la madera de teca, los precios futuros están relacionados con los incrementos volumétricos que tengan las plantaciones variando de acuerdo al año de corte. Esta diferencia de año de corte provee a la teca distintas estructuras de precios a futuro dado que sus mercados y usos finales son diferentes. Debido a que árboles más antiguos tienen mayores expectativas de un mejor precio.

Para estimar el precio por metro cúbico de la madera de teca, y obtener la tendencia de los mismos; se consultó el historial proporcionado por parte de la Dirección de Industrias y Comercio Forestal del Instituto Nacional de Bosques (Inab), en el cual se detalla el precio promedio por metro cúbico exportado alcanzado para el periodo 1999-2009, el cual se describe en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Precio promedio registrado para madera de teca en rollo exportada durante el período 1999-2009**

Año	Precio (\$/m ³)
1999	878,43
2000	1 601,06
2001	664,83
2002	528,44
2003	312,34
2004	386,22
2005	210,28
2006	170,01
2007	142,11
2008	485,03
2009	441,32

Fuente: Inab-Vupe, 2012.

En la tabla XXV se puede observar las fluctuaciones en el precio por metro cúbico de la madera de teca. Se deduce que este comportamiento es debido a la dependencia de la oferta y la demanda, y quizás también, por ser proveniente de plantaciones relativamente jóvenes, proveniente de raleos.

Sin embargo, se resalta que los precios alcanzados para la especie teca presentan una mejor posición en comparación con los precios para madera de pino ya aserrada, reportada en el mismo periodo.

2.4.7.2. Sistema de medida para la comercialización

Debido a que la madera de teca en trozas exportada ha tenido como fin mercados, principalmente en Asia, países en donde se utiliza el volumen Hoppus para su comercialización. La fórmula Hoppus considera solamente el volumen útil para la industria, es decir, no toma en cuenta los costeros. Además, en muchos casos se impone un castigo mínimo fijo al diámetro de 10 cm a la circunferencia y un castigo de 5 cm a la longitud de la troza. Con estos dos castigos, la fórmula queda expresada así: $\text{Volumen (m}^3\text{)} = \langle [(G - G_a)/4]^2 / 10000 \rangle \times \langle L - La \rangle$.

Donde:

G = circunferencia medida en el centro de la troza en centímetros

G_a = castigo aplicado a la circunferencia de la troza en centímetros

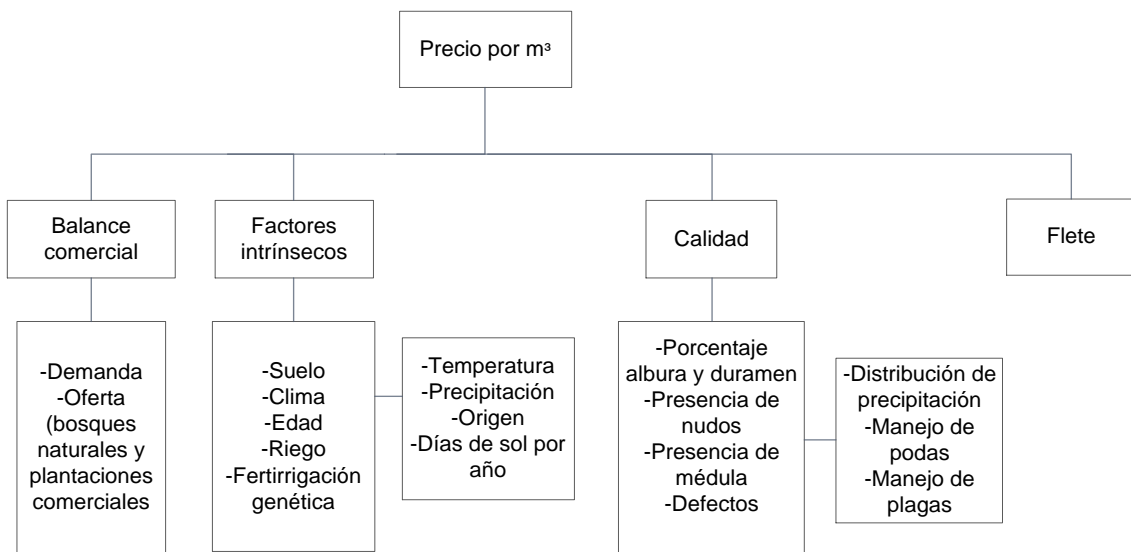
L = longitud de la troza en metros

L_a = castigo aplicado a la longitud de la troza en metros

2.4.7.3. Perspectiva de precio a nivel internacional

La teca es considerada como una de las maderas tropicales más valoradas y su precio se cotiza a nivel internacional. Por lo que, es importante señalar que resulta difícil obtener precios de madera de teca en rollo y aserrada, esto debido a que a su precio puede verse influenciado por una serie de factores, los cuales se describen en la figura 16.

Figura 16. Variables que influencia el precio de la madera de teca



Fuente: PROTEAK, 2010.

Lo anterior es debido a que no se han establecido normas internacionales comunes sobre la clasificación de troncos de teca, la definición de las dimensiones de troncos, ya que en la mayoría de los países exportadores resulta ser distinta, y, aún más, el uso de distintas unidades de medida para la dimensión y el volumen.

La calidad de la teca se determina por la dimensión, la forma del fuste (la circunferencia y la rectitud), la proporción de duramen y albura, la regularidad de los anillos de crecimiento, el número de nudos, el color, la textura y la sanidad del corte de la primera troza. La teca de los bosques nativos en general posee muchas de estas cualidades hasta cierto grado, así que se vende a precios comparativamente altos.

Se estima que la madera de teca más cotizada es la de Asia, que por regla general tiene un 20 % más de valor que la teca producida en África y esta a su vez tiene un 10 % más de valor de la madera producida en Centroamérica. Los precios internacionales de la teca sugieren, que la madera de plantaciones actuales se vende a un precio inferior al de la madera proveniente de bosques naturales.

En la tabla XXV se observa el comportamiento de precios para madera de bosque nativo a lo largo del año, dependiendo el grado de calidad que le corresponda, según reportes de la *International Tropical Timber Organization* (ITTO).

Tabla XXVI. Precios medios de teca de Myanmar bosque nativo

	SG1	SG2	SG4	SG5	SG6	SG7
Mes	€/TON	€/TON	€/TON	€/TON	€/TON	€/TON
Enero	3522	3028	2189	1614	1334	821
Febrero	3333	2919	2229	1694	1332	837
Marzo	3533	3006	2378	1753	1365	996
Abril	3260	2789	2306	1739	1381	1112
Mayo	3417	2870	2393	1784	1375	1102
June	3593	2975	2412	1688	1335	1040
Julio	3110	2588	2190	1744	1472	1223
Agosto	3166	2887	2328	1753	1480	1255
Septiembre	3123	2461	2262	1587	1385	1200
Octubre	3313	2782	2144	1639	1364	1205
Noviembre	3600	3046	2325	1800	1482	1227
Diciembre	3701	2778	2141	1777	1639	1313

*Hoppus tonelada = 1.8 m³, Todos los grados, excepto SG-3/5/6, son longitud de 8 pie x 5' circunferencia y más. SG-3/4/6 son circunferencia 4" en adelante. Grado SG-3 es mayor que SG-4, pero con una menor circunferencia y precio. Los precios varían debido a la calidad y / o la circunferencia en el momento de la transacción.

Fuente: ITTO, 2013.

En el caso de la madera de teca proveniente de plantaciones se reportan los siguientes precios descritos en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Precios reportados para de teca proveniente de plantaciones**

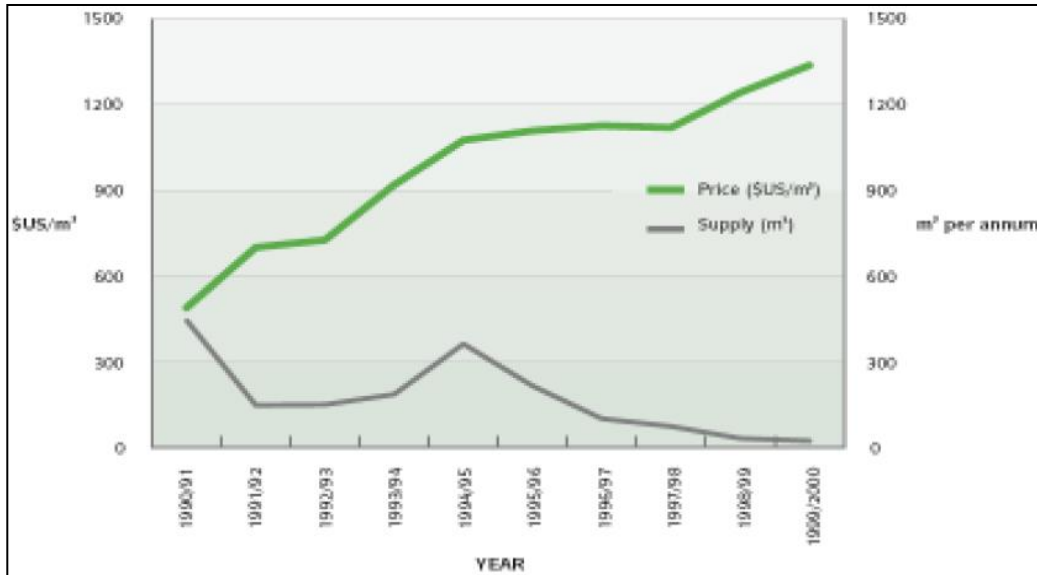
País	Clase	Us \$/m ³
Tanzania	Aserrada	450-800
Costa de Marfil	Troncos	450-850
El Salvador	Troncos	400-550
Guatemala	Troncos	400-500
Nigeria	Escuadrada	300-500
Ghana	Troncos	350-500
Guyana	Troncos	300-450
Benín	Troncos	500-1000
Benín	Aserrada	700-800
Brasil	Escuadrada	400-650
Colombia	Troncos	400-600
Togo	Troncos	350-550
Ecuador	Escuadrada	350-550
Costa Rica	Troncos	400-650
Panamá	Troncos	350-550
Sudan	Troncos	350-850

Fuente: ITTO, 2013.

Al comparar los precios reportados en las tablas XXV y XXVI se observa la diferencia existente entre los precios de la madera de bosque nativo y la madera proveniente de bosque natural. Es importante señalar que la diferencia entre precios, se debe específicamente a las restricciones a la tala de árboles de teca nativas en Asia.

Lo anterior se puede observar en la figura 17, en la que se describe cómo la teca de Myanmar ha experimentado un aumento en el precio, mientras simultáneamente los suministros de teca han disminuido significativamente durante el mismo periodo.

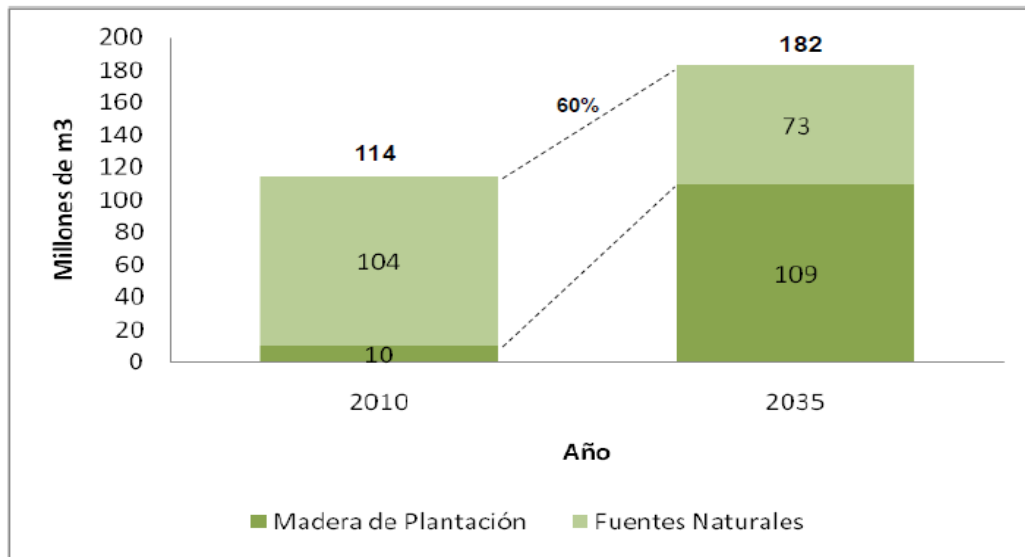
Figura 17. **Precio y tendencias (10 años entre 1990-1999) de suministro de troncos de teca de SG-1 (Myanmar)**



Fuente: Product Disclosure Statement – Rewards Group Teak Project 2006 ARSN 119363727
International teak market report, 2006.

Sin embargo, estimaciones de la FAO, indican que el mercado mundial de las maderas tropicales experimentará un crecimiento del 60 % en los siguientes 25 años. Como se ha mencionado en secciones anteriores, la mayoría de la madera proviene de fuentes naturales no sustentables, por lo que la porción de producción que corresponde a madera de plantación aumentará como se muestra en la figura 18.

Figura 18. **Participación de la madera de plantación dentro del mercado de maderas tropicales**



Fuente: FAO, 2010.

Cabe resaltar que la teca es una de las maderas tropicales económicamente viable en plantación, por lo que aumentará de forma significativa su participación dentro del mercado de maderas tropicales de plantación en los próximos años.

2.4.8. Demanda insatisfecha

Para determinar la demanda insatisfecha se realizó una comparación entre la demanda proyectada y la oferta proyectada, presentando para cada uno de los años una demanda positiva, representando la oportunidad de la especie teca en el mercado, lo anterior se describe en la tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Demanda proyectada versus oferta proyectada**

No.	Año	Demanda Proyectada (m3)	Oferta Proyectada (m3)	Demanda Insatisfecha (m3)
1	2010	26 586,11	6 612,83	19 973,28
2	2011	27 749,90	7 322,22	20 427,68
3	2012	28 913,68	8 031,60	20 882,08
4	2013	30 077,47	8 740,98	21 336,49
5	2014	31 241,26	9 450,36	21 790,90
6	2015	32 405,05	10 159,74	22 245,31
7	2016	33 568,84	10 869,12	22 699,72
8	2017	34 732,63	11 578,51	23 154,12
9	2018	35 896,42	12 287,89	23 608,53
10	2019	37 060,21	12 997,27	24 062,94

Fuente: elaboración propia.

2.4.9. Análisis de los mercados potenciales

La madera de teca se utiliza, primordialmente como materia prima por dos industrias: la mueblera y la de la construcción.

En primer lugar, está su uso en muebles de exterior, ya que las características de la teca en cuanto a belleza, durabilidad e impermeabilidad, permiten que se utilice en comedores, salas, y otros muebles de jardín y terraza.

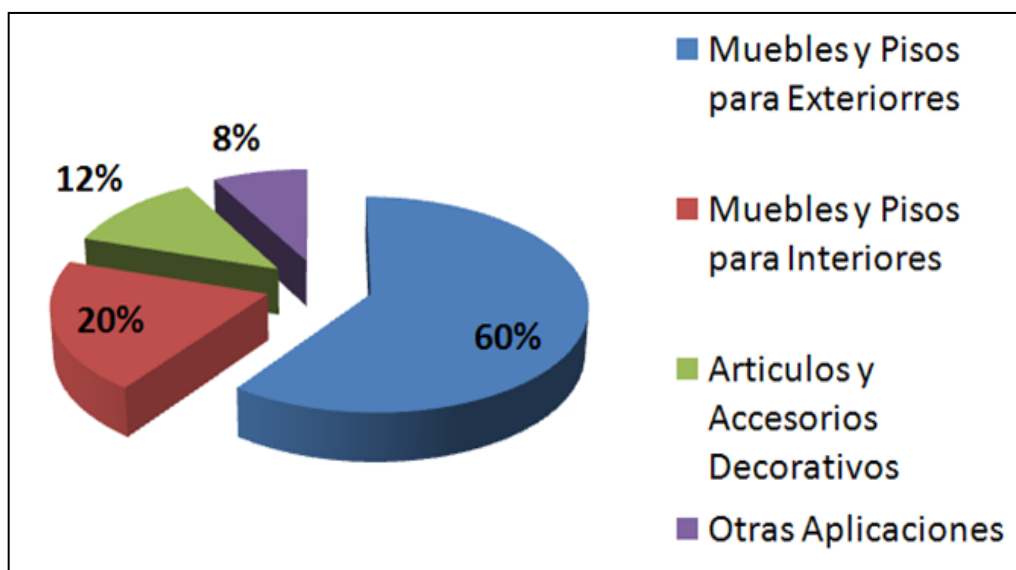
Bajo ese contexto, su mayor mercado potencial radica en destinos turísticos y de descanso de alto poder adquisitivo, donde se podría comercializar no solo en hoteles, sino en casas de habitación, departamentos propios y compartidos, restaurantes e incluso centros comerciales.

En un segundo lugar existe un mercado potencial en la industria de la construcción; en primer lugar, en pisos y laminados para exterior y posteriormente en *decks* y fachadas de hoteles, residencias, departamentos y locales comerciales.

A nivel internacional, la teca es la madera preferida para construir cubiertas de barcos, especialmente yates de lujo debido a su resistencia a la humedad y a la exposición al calor generado por los rayos solares.

La estética de la teca permite considerar un mercado potencial, constituido por el diseño y fabricación de artículos y productos de pequeñas dimensiones. Los tarjeteros, portarretratos y cualquier elemento decorativo, son parte de este mercado. A continuación se muestra en la figura 19 los segmentos de mercado potenciales para la comercialización de la madera de teca.

Figura 19. **Mercado potencial estimado para la teca**



Fuente: Inab-Vupe. *Competitividad y Tecnología Forestal*. p.36.

2.4.10. Normas o requerimientos de calidad

En Guatemala no existen requerimientos técnicos o protocolos que regulen la comercialización de los productos forestales en cuanto a parámetros de calidad. El mercado nacional es menos exigente en cuanto a la calidad de los productos forestales se refiere, a diferencia del mercado nacional, el internacional es exigente en lo que a la calidad de los productos forestales se refiere.

El comercio internacional de productos forestales presenta una serie de normativos y reglamentos que regulan el comercio y varía de acuerdo a la región donde se lleva a cabo la comercialización.

Para la exportación de madera hacia el mercado de los Estados Unidos, deberá cumplir con medidas sanitarias y fitosanitarias, debido a que han adoptado las Normas ISPM 15, de la Convención Internacional de Protección de Planta (International Plant Protection, IPPC), que cubre todos los materiales de madera para empaque y que se aplica a las importaciones provenientes de todos los países del mundo.

De acuerdo con esta norma, se requiere que los materiales de empaque de madera sustenten la marca estandarizada que muestre que han sido secados a una humedad por debajo de 19 %; tratados al calor para alcanzar una temperatura de 56 grados Celsius en el centro de la pieza, o fumigados con bromuro de metilo (*methyl bromide*). Esta es una norma técnica que afecta tanto a los productos de madera producidos dentro de los Estados Unidos, como a los importados.

En lo que a normas de calidad se refiere: técnicamente no existen barreras al comercio asociadas con madera tropical para entrar al mercado de los Estados Unidos. No obstante, la entrada de productos de madera se afecta directamente debido al estándar solicitado por producto, los grados de calidad, los códigos de construcción y las regulaciones técnicas.

Las normas de calidad, no son por lo tanto, un requerimiento de entrada a los Estados Unidos propiamente, sino requisitos en el mercado para los productos de madera, estas se describen en la tabla XXIX y se muestran las normas aplicadas a productos forestales en EE.UU.

Tabla XXIX. **Normas aplicadas a productos forestales en EE. UU.**

Producto	Normas de calidad
Madera aserrada	Para la medición e inspección de madera dura aserrada (no conífera), se aplica la Norma NHLA de la Asociación Nacional de Maderas Duras.
Ventanas	Las normas de calidad son, por lo regular, requerimientos establecidos en los mandatos de los códigos de construcción.
Puertas	Las normas de calidad son por lo regular requerimientos establecidos en los mandatos de los códigos de construcción.
Molduras	-

Fuente: Ministerio de Economía de Guatemala, 2010.

En el caso del mercado europeo, en lo que respecta a la madera y sus productos; se deben enfrentar numerosos requerimientos. El mercado europeo de madera se caracteriza, no solo por provisiones obligatorias establecidas por su legislación, sino también por las demandas de estándares y especificaciones. Para importar madera y productos de madera certificada con el aval de Forest Stewardship Council (FSC).

Además, el mercado de la UE se caracteriza por su creciente y estricta implementación de requerimientos ambientales y pruebas de sostenibilidad. En la UE, un aspecto de gran importancia es la implementación de la convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Salvaje Amenazadas (CITES-The convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). La Comisión Europea ha incorporado los requerimientos CITES a su propia legislación, donde se traducen en restricciones para la importación de ciertas especies.

La regulación general europea se aplica a todos sus países miembros; no obstante, cada país tiene derecho a implementar regulaciones nacionales más estrictas. Un requerimiento extra que demanda la UE es el cumplimiento de las series ISO 14000 de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) sistema aplicado a procesos de producción.

Por lo tanto, para la comercialización de productos de madera se deben considerar y analizar con cautela los requerimientos exigidos, ya que estos pueden variar ampliamente dependiendo el producto, comprador, especie y uso final del producto.

2.4.11. Cadena de comercialización

Existen diversas formas de hacer llegar los productos a los clientes, en el tiempo y los costos adecuados. Estas dependerán del mercado, las condiciones financieras y la capacidad logísticas de la empresa. Aunque cabe destacar que en el sector forestal la ruta del productor/fabricante dependerá muchas veces del consumidor final, e incluso del tipo de madera que se comercialice.

En función de lo anterior y dadas las características en las que se desarrolla el comercio de productos foresto industriales. Según la Comisión de Fabricantes de Muebles (Cofama), en Guatemala la comercialización y distribución puede agruparse en términos generales en dos líneas, la primera enmarcada al mercado nacional y la segunda a la línea de exportaciones, pero que puede ser desarrollado, en el contexto del mercado nacional.

Sin embargo, al evaluar la actividad comercial nacional se identifica que se cuenta con dos modelos de comercialización, el primero y más común en el mercado nacional se lleva de forma intrínseca y de carácter local, siendo los participantes en este modelo: fabricante-cliente final, en donde el fabricante tiene un mayor acceso a las especificaciones que los consumidores desean en sus productos, lo que da como resultado productos personalizados, aunque este tipo de modelo limita los productos en serie. No obstante permite un mayor margen de ganancia al no verse distribuido entre otros agentes comerciales.

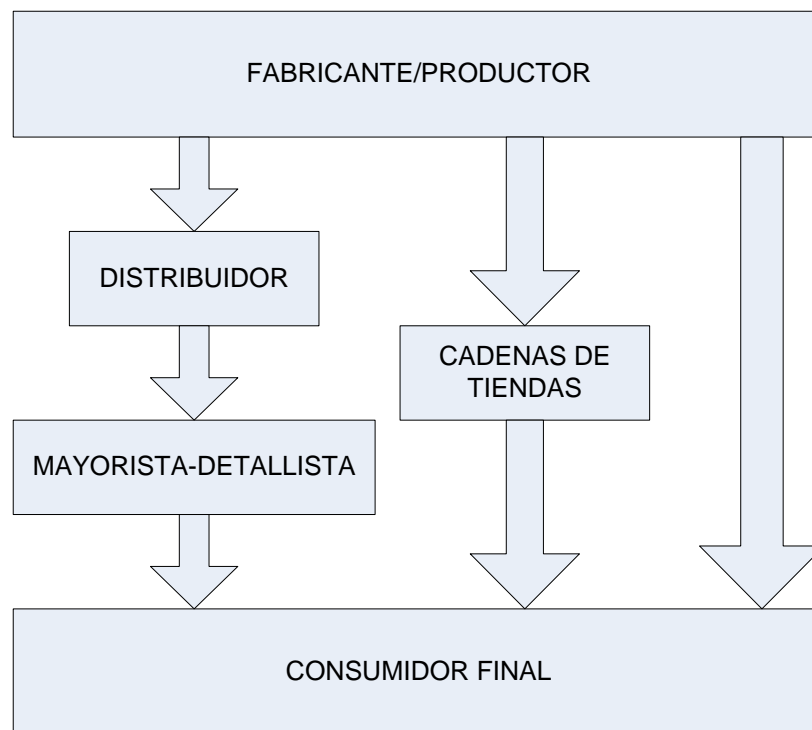
El otro modelo nacional tiene como participantes en la comercialización de los productos forestales: fabricante-Cadenas de tienda-cliente final. Un sistema en el cual el fabricante produce muebles en serie, con menor costo de producción y a un precio competitivo, además este modelo permite al fabricante llegar a un mayor número de clientes, frente al modelo antes descrito.

La contraparte del sistema anterior se enfoca en un sistema con un grado de mayor complejidad, ya que implica una mayor coordinación, entre los actores de la cadena, para lograr la distribución, aunque permite llevar los productos a un mayor número de lugares, al descentralizar los puntos de ventas, al presentar una mayor accesibilidad a los consumidores finales.

Sin embargo, al adicionar un eslabón en la cadena comercial, implica un menor ingreso para el fabricante, al tener que distribuir dentro de los participantes de la cadena comercial, el margen de ganancia, lo que resulta en una menor rentabilidad. Además de limitar la relación entre el fabricante y el consumidor final.

En la figura 20 se resume la cadena de comercialización propuesta para desarrollar la actividad comercial.

Figura 20. **Canales de comercialización propuestos**



Fuente: elaboración propia, con información de Cofama, 2010.

A continuación se describe las características que definen a los distintos agentes participantes en las diferentes cadenas comerciales.

- Fabricante: responsable de elaborar los productos conforme a las necesidades y características de los consumidores, acorde al segmento de mercado establecido.
- Distribuidor: también están organizados como largas cadenas de distribución en tiendas, o como grupo de compradores o agentes independientes.
- Mayorista-detallista: abastece a tiendas independientes o especializadas de muebles. Generalmente maneja una gran variedad de productos procedentes de diferentes proveedores.
- Cadenas de tiendas: las tiendas al detalle varían por producto (hay quienes solamente venden para dormitorio, para el hogar, oficina, diseño de vanguardia, entre otros). Aunque también suelen abarcar un grupo de productos.
- Consumidor final: el responsable de adquirir los productos al final de cada una de las cadenas comerciales.

No obstante se hace importante mencionar, que, además de las formas de distribución descritas, se han desarrollado otros medios de comercialización, como la compra a través de Internet, E-Commerce. Al mismo tiempo, tiendas no especializadas como supermercados, están ahora vendiendo muebles.

2.5. Estudio técnico

A continuación se describe todo lo que se relaciona al estudio técnico en lo que se refiere a la localización de la planta, disponibilidad de mano de obra, acceso a la planta, entre otros.

2.5.1. Localización

Se refiere al establecimiento de la ubicación física de la planta, donde se consideran los siguientes elementos:

- Proximidad a las materias primas
- Requerimientos de infraestructura: accesibilidad, energía eléctrica, factores climáticos, manejo de desechos.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Cercanía a los mercados.

Para la localización del proyecto se cuenta con dos opciones:

- A: se encuentra dentro del perímetro del casco de la finca SP-13, perteneciente a la región central, de acuerdo a la zona de distribución de la Empresa Agropecuaria Santa Elisa.
- B: se encuentra en la región sur, finca GY-08, de la misma empresa.

2.5.2. Análisis de los factores de localización

Cuando se hace un análisis de los factores de localización, se deben tomar en cuenta: la disponibilidad de mano de obra, energía eléctrica, accesibilidad y transporte, entre otros, lo que se explica a continuación.

2.5.2.1. Proximidad a las materias primas

Para garantizar un abastecimiento continuo de la materia prima se consideraron las dos posibles opciones que permitieran al proyecto garantizar un flujo continuo y efectivo, tomando en cuenta la relevancia que implica el trasladar la materia prima desde las plantaciones, hasta el lugar de procesamiento, considerando que la lejanía de las mismas, ocasiona un aumento en los costos de transporte.

La ubicación A concentra alrededor del 68 % del área plantada por la Empresa Agropecuaria Santa Elisa, la distancia promedio de las plantaciones hacia la ubicación es de 55 Km.

La ubicación B concentra el resto del área plantada equivalente al 32 %, pero la distancia promedio de las plantaciones hacia la finca GY-08, es de 32 km.

2.5.2.2. Disponibilidad de mano de obra

Para el desarrollo de la actividad no se requiere de gran cantidad de personal en general, pero si con cierto grado de capacitación, para los puestos administrativos de supervisión, y para el personal operativo que es el que

constituye el trabajo fabril del proyecto, se requiere personal con cierto grado de experiencia respecto al uso y mantenimiento de maquinaria del tipo industrial.

En lo que respecta a lo anterior, la ubicación A presenta una mayor oferta de mano de obra, que puede cumplir con las características deseables a los puestos requeridos, según información del departamento de RR. HH, de la empresa.

2.5.2.3. Disponibilidad de energía eléctrica

El abastecimiento de energía eléctrica es proporcionado a través de la red de distribución de la empresa EEGSA, la conexión que se tendría es sobre la línea de 13 800 voltios pasando por el transformador que proporcionaría los 440 voltios trifásicos para el manejo del equipo de corte y demás equipos auxiliares.

Para las dos regiones evaluadas se cuenta con el mismo proveedor y en ambas la misma tarifa, siendo este aspecto indiferente al momento de evaluar la localización.

2.5.2.4. Accesibilidad y transporte

En cuanto a la accesibilidad se debió considerar un espacio que permita un desplazamiento rápido, un ingreso sin mayores demoras, sin repercutir en la obstrucción de la vías de comunicación, tomando en cuenta la necesidad de prever el espacio necesario para la espera mientras son descargados los vehículos, por lo anterior se debiera establecer en un lugar un poco alejado de la zona urbana, y lo más cercano de la rutas principales.

Sin olvidar otros aspectos a considerar, tales como: cercanía de la red de energía eléctrica; provisión de servicios básicos (agua, drenajes, entre otros). Considerando estar alejado de zonas densamente pobladas, debido a los riesgos de incendio, producción de ruido, y la movilización de vehículos.

Para ambas regiones el costo de energía eléctrica es el mismo, pero las ubicaciones difieren en cuanto al acceso de la misma. La opción A se encuentra a una distancia muy cercana a las líneas de distribución (75m), lo que permite una menor inversión en cuanto a la instalación eléctrica.

Mientras que la opción B se encuentra a una mayor distancia (225 m) de las líneas de transmisión, lo que se traduce en un aumento en los costos de la instalación eléctrica. Considerando que el costo por metro de línea de instalación es de Q 1 500,00.

2.5.2.5. Cercanías al mercado

Basado en la información establecida en el inciso 2.4.11. Se determina que la ubicación del mercado potencial se encuentra en la región central del país, la cual abarca los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Escuintla y Chimaltenango, según lo establecido.

Por lo tanto, la ubicación A se encuentra a una distancia promedio de 85 km de la región central, mientras que la ubicación B se encuentra a una distancia promedio de 135 km.

2.5.2.6. Infraestructura

En lo que respecta al factor de infraestructura, las demandas del proyecto son principalmente en la red vial y la fuente eléctrica, para la primera es debido al traslado de la materia prima desde las fuentes proveedoras hacia el lugar de procesamiento, lo cual requiere vías transitables que permitan el transporte. En lo que respeta a la red eléctrica es básicamente a la disponibilidad del servicio.

Ambas ubicaciones presentan características similares, al estar cerca de carreteras principales, que facilitan el traslado del producto final, sin embargo, las rutas de traslado de las materias primas, presentan un sistema vial más rudimentario, al ser de terracería, pero no por ello dejan de ser transitables. En las dos opciones contempladas se cuenta con sistemas de distribución de energía eléctrica.

2.5.2.7. Medio ambiente

En el caso del factor medio ambiente, se considera como limitante aquella ubicación que presente una topografía menor al 5 % de pendiente, debido a que el proyecto busca en primera instancia minimizar los efectos o alteraciones al entorno ambiental y en segunda evitar incurrir en costos extras, debido a la modificaciones que se pudieran dar a la relieve del terreno.

Ambas ubicaciones presentan una topografía con las características requeridas, ya que los valores de pendiente cumplen con ser menores al 5 % considerado.

2.5.3. Evaluación de los factores de localización

Para evaluar las alternativas propuestas se inició con la ponderación de los distintos factores de localización. El peso que tendrán, determinará el grado de importancia de dicho factor dentro de la elección de la localización.

2.5.3.1. Ponderación porcentual de los factores de localización

Los factores a considerar en la evaluación de la localización son los siguientes:

- Materia prima: A
- Mercado: B
- Energía eléctrica: C
- Mano de obra: D
- Medio ambiente: E
- Infraestructura: F
- Accesibilidad: G

Posterior al establecimiento de los factores se establece una matriz en la que se evalúa la interrelación de los mismos, y con la que se obtiene el peso porcentual de cada factor, permitiendo así determinar su grado de importancia en el proyecto.

Tal como se muestra en la tabla XXX, los factores con mayor peso son las materias primas, la energía eléctrica, la cercanía del mercado y la accesibilidad a los servicios.

Tabla XXX. **Ponderación porcentual de los factores**

	A	B	C	D	E	F	G	Total
A		0	1	0	0	0	1	
B	1		0	0	0	0	1	
C	1	0		0	0	1	1	
D	1	1	1		0	0	0	
E	1	0	0	0		0	0	
F	1	1	1	1	1		0	
G	1	1	1	1	0	1		
Conteo	6	3	4	2	1	2	3	21
Ponderación	28,57 %	14,29 %	19,05 %	9,52 %	4,76 %	9,52 %	14,29 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

2.5.3.2. Escala de calificación

Para la evaluación se considera la escala de calificación descrita en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. **Escala de calificación**

Descripción	Calificación
Excelente-muy abundante	9-10
Muy buena- abundante	7-8
Buena- buena cantidad	5-6
Regular-regular	3-4
Mala-escasa	1-2

Fuente: elaboración propia.

2.5.3.3. Método por puntos ponderados

Es una técnica de evaluación subjetiva en la que la serie de factores que influyen en la óptima localización de la planta, son sometidos a un factor de peso con base a su importancia para cada caso específico.

En relación a lo evaluado en la tabla XXX se muestra, que entre los factores de mayor importancia para el proyecto se encuentra la cercanía de la materia prima, ya que la adecuada distribución asegura que el proceso productivo se mantenga.

Otro factor importante lo constituye la energía eléctrica, debido a que, en su gran mayoría, la maquinaria a utilizar en el proceso necesita fluido eléctrico para su funcionamiento.

Se tiene que, tanto la accesibilidad como la cercanía de mercado, presentan la misma alta ponderación, ambos factores se contemplan porque dadas las características del proyecto, es necesario un lugar que permita la disponibilidad, facilidad y rapidez, a los diferentes recursos y servicios que se demandarían.

Tabla XXXII. **Método por puntos ponderados**

Factor	Peso	A		B	
		Calificación	puntaje	Calificación	Puntaje
Materia prima	28,57	8	228,56	6	171,42
Mercado	14,29	6	85,74	4	57,16
Mano de obra	9,52	5	47,60	4	38,08
Energía eléctrica	19,05	7	133,35	7	133,35
Accesibilidad	14,29	8	114,32	6	85,74
Infraestructura	9,52	7	66,64	5	47,60
Medio ambiente	4,76	5	23,80	5	23,80
Total			700,01		557,15

Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos bajo la metodología de puntos ponderados muestran, que la opción A obtuvo una mayor puntuación frente a la opción B, ya que cumple con los aspectos más importantes para la ubicación de la planta.

2.5.4. Tamaño del proyecto

La determinación del tamaño responde a la relación de las variables disponibilidad de insumos, tecnología disponible para el procesamiento y localización de la planta.

La cantidad demandada a futuro es quizás el factor condicionante más importante del tamaño, aunque este no necesariamente puede definirse en función de un crecimiento de mercado. Ya que el tamaño puede ir adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente.

Lo anterior permite evaluar esa opción, contra la definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder en forma oportuna a una demanda creciente en el tiempo.

2.5.4.1. Relación tamaño-recursos

Está dada por la disponibilidad de los recursos para la producción de los productos a elaborar. De no contar con los recursos necesarios, no se podría garantizar la sostenibilidad del proyecto.

La provisión de materias primas o insumos suficientes en cantidad y calidad, así como su fluidez, son elementos que permitirán garantizar un sistema de producción, que responda a las necesidades establecidas al desarrollo del proyecto.

Con el fin de establecer la provisión de materia prima proveniente de las plantaciones, se realiza una estimación preliminar del volumen total en metros cúbicos por hectarea, basado en las condiciones de crecimiento que experimentan las plantaciones, según lo establecido en las unidades experimentales consideradas (apéndices 3 y 4), además de hacer uso de referencias bibliográficas y experiencias citadas.

Para la realización de la estimación preliminar se considera que, a lo largo del ciclo productivo, se desarrollan tres intervenciones silvícolas, considerando para cada una de las intervenciones una intensidad de raleo de un 25 %, representando el volumen de interés.

Tabla XXXIII. **Estimación preliminar del volumen total (metros cúbicos/hectarea)**

Edad (años)	Preraleo (Unidad)	Postraleo (Unidad)	Diámetro (cm)	Altura (m)	Preraleo (m ³ /ha)	Extraído (m ³ /ha)	Postraleo (m ³ /ha)
4	1111	833	10	8	28	7	21
8	833	555	18	14	124	41	83
12	555	277	24	18	181	91	90
20	277	-	35	22	235	235	0

Fuente: elaboración propia.

Es de mencionarse que, a pesar que las proyecciones permiten crear un escenario del comportamiento del crecimiento de las plantaciones, la estimación realizada debe considerarse como un punto de partida, debido a que los datos presentados aún son preliminares. Esto debido a que no representan un modelo de crecimiento que abarque las condiciones de sitio, de las distintas áreas productoras, principal indicador de la capacidad productiva de la plantación.

Lo anterior, no discrimina la información generada, sino que establece la necesidad de proseguir con evaluaciones que permitan el ajuste de las proyecciones, a través de la generación de modelos con cierto grado de precisión.

2.5.4.2. Relación tamaño-tecnología

El tamaño, también está en función del mercado de maquinaria y equipos, este a su vez depende de la disponibilidad y existencia de activos de capital. Y la tecnología condiciona a los demás factores que intervienen en el tamaño.

En función de la capacidad productiva de los equipos y maquinarias se determina el volumen de unidades a producir, la cantidad de materias primas e insumos a adquirir y el tamaño del financiamiento.

De lo anterior descrito y con el fin de establecer la capacidad productiva que se esperaría, de acuerdo a los recursos disponibles, se establece el volumen que pudiera generarse en cada una de las fases de raleo, según las áreas disponibles dentro el periodo contemplado de planeación de 5 años.

Por lo que se considera cada una las áreas de que conforman el proyecto (apéndice 5), partiendo de la fase en la que se encuentran, y con ello estableciendo la fase que le correspondería dentro del periodo contemplado.

Tabla XXXIV. **Planeación de volumen de acuerdo a las próximos raleos**

Fase	Área (ha)	Volumen total extraído (m ³)	Volumen total posible (m ³)
1er. raleo	341,67	7,00	2 391,69
2do. raleo	185,04	41,00	7 586,64
3er. raleo	178,81	91,00	16 271,71
Total	705,52	139,00	26 250,04

Fuente: elaboración propia.

Con la información generada, partiendo de un volumen relativo, al cual se le pondera con una merma de un 50 %, para obtener un volumen neto (comercial), y con ello visualizar la capacidad productiva para una producción expresada anualmente, considerando un período comercial (360 días), lo anterior generaría 7,29 m³/día.

Partiendo de lo mismo, pero con la diferencia de asumir otros factores, que podrían limitar la operación, y conocer sus repercusiones, con el fin de evaluar el comportamiento del proyecto. Se establece una producción anual promedio de 141,2 Ha, considerando una reducción en el periodo operativo de un año a cinco meses de operación, debido a las condiciones climáticas, que pudieran limitar el acceso a las unidades productoras, teniendo en este caso, lo siguiente:

$$\frac{141,10 \text{ ha}}{\text{año}} \times \frac{18,60 \text{ m}^3}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ año}}{5 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{20 \text{ días}} = 26,25 \text{ m}^3/\text{día}$$

El fin de hacer referencia a un factor como el clima, es debido a que si las condiciones del lugar permiten realizar las operaciones de extracción, durante un periodo prolongado, los métodos de aprovechamiento que se utilicen pueden ser de bajo rendimiento por hora, o bien si fuera lo contrario se debería de emplear equipos que permitan compensar el periodo, para realizar la operación en un menor tiempo, permitiendo así cumplir con el volumen establecido.

2.5.5. Ingeniería del proyecto

El aprovechamiento forestal es el conjunto de técnicas que busca suministrar la materia prima, procedente del bosque, a la industria transformadora. Ya sea que estas provengan de las fases de raleo o de la cosecha final. El aprovechamiento forestal es, simultáneamente, una operación silvícola e industrial, al incluir dentro de los procedimientos, la combinación de elementos mecánicos, físicos y humanos, para la generación de la materia prima, para las distintas líneas de transformación.

- Como operación silvícola tiene por objetivo llevar a cabo la ordenación del bosque programada. La corta de árboles es el instrumento más importante con que cuenta el selvicultor para dirigir la masa hacia el modelo programado.
- Como operación industrial tiene por objetivo poner a disposición de la industria maderera la materia prima necesaria para la fabricación de los productos.

El aprovechamiento forestal, visto como operación industrial, es la primera fase de transformación de la madera. Esto implica, por una parte, determinar los procesos que se van a realizar y el donde ejecutarlos. Además de establecer los medios necesarios para ejecutar cada uno de los procesos y las técnicas empleadas en cada uno de ellos.

A su vez el aprovechamiento se compone de cuatro operaciones que garantizan su funcionalidad: operaciones silvícolas, operaciones de preparación, operaciones de elaboración, operaciones de transporte.

Las operaciones incluyen una serie de actividades que permiten la realización del aprovechamiento silvícola.

El establecimiento del ordenamiento del proceso permite establecer la secuencia; en función de las actividades que se establezcan para desarrollar la ejecución del aprovechamiento forestal, de acuerdo a las condiciones que presenten las unidades productoras.

2.5.5.1. Descripción de las operaciones silviculturales para la elaboración del aprovechamiento forestal

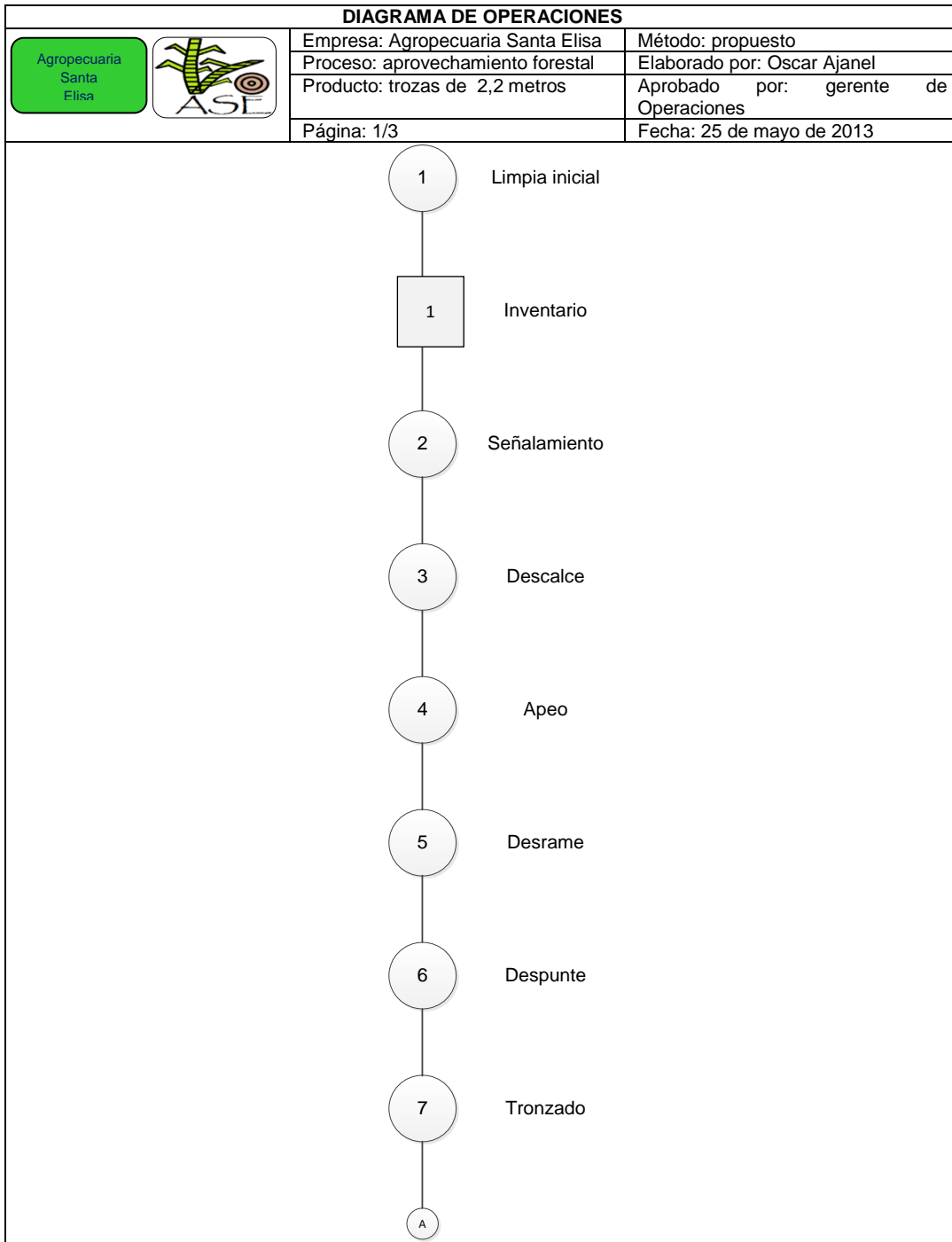
Para entender, lo que involucra, cada una de las actividades que se realizan dentro de la fase de aprovechamiento, estas se describen a continuación, lo que permite identificar su incidencia en el desarrollo del aprovechamiento.

- Limpieza: es una operación que se realiza solo en contadas ocasiones, cuando en el lugar que se llevará a cabo el aprovechamiento presente dificultades en cuanto a acceso.
- Inventario: esta operación consiste en valorar la cantidad de madera objeto del aprovechamiento.
- Señalamiento: esta operación consiste en señalar físicamente los árboles que se van a extraer del bosque.
- Descalce: al igual que el caso anterior, es una operación que se realiza en contadas ocasiones, con el fin de aprovechar unos centímetros más de madera y facilitar el apeo.
- Apeo: es cortar transversalmente el árbol en una zona, lo más próxima al suelo que sea posible y voltearlo hasta que caiga al suelo. Es la única operación que siempre se realiza y el lugar donde realizarlo es siempre a pie de tocón.

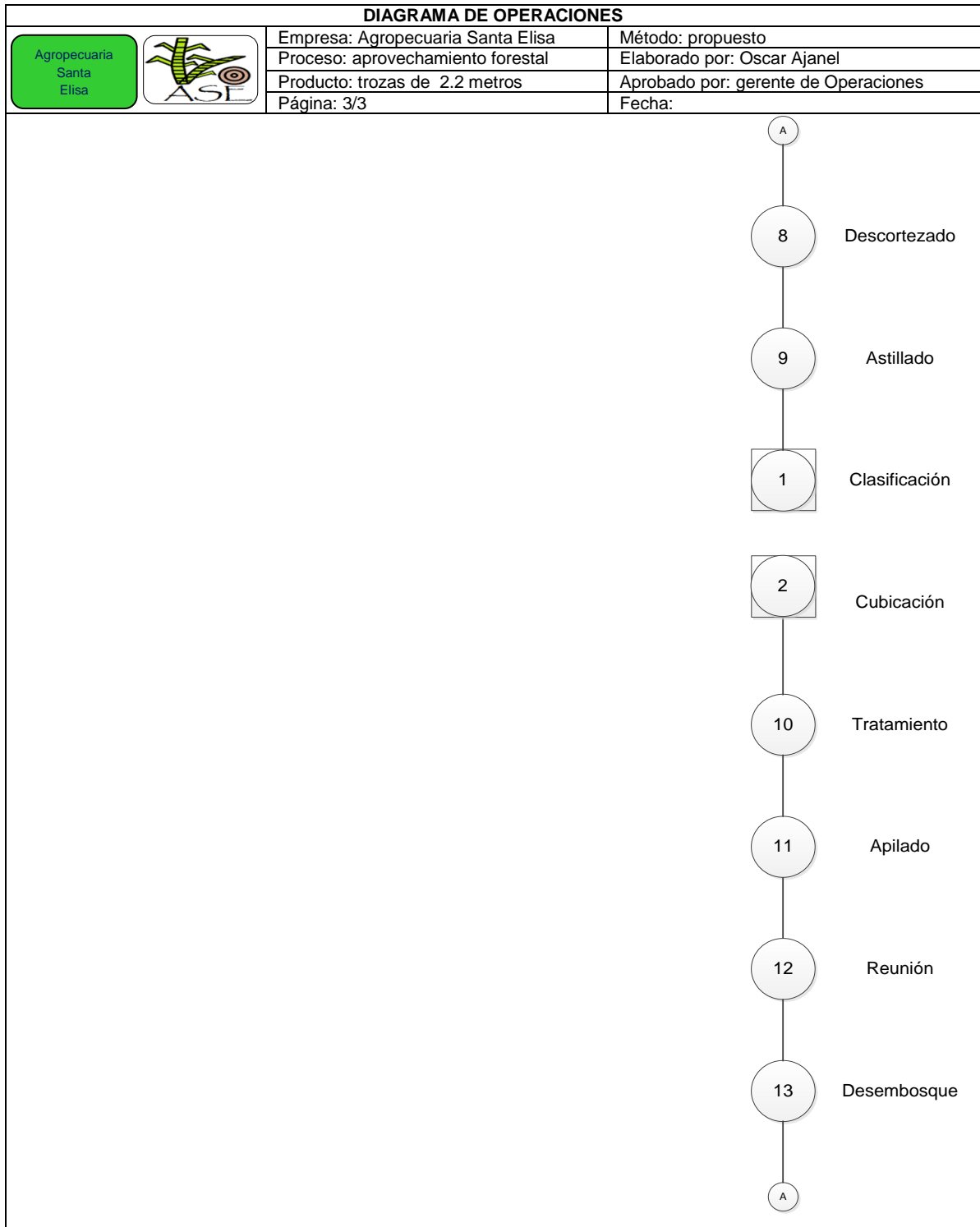
- Desramado: consiste en eliminar las ramas del árbol abatido con el objeto de dejar el fuste limpio.
- Despunte: es cortar al árbol, la punta delgada (diámetro mínimo a aprovechar) en función del destino posterior de la madera.
- Tronzado: consiste en dividir el fuste abatido en trozas de una longitud prefijada o no, en función del destino de la madera y del medio de transporte que la llevará al destino.
- Descortezado: eliminar la corteza del fuste, una vez desramado, ya sea en el sitio del aprovechamiento o en fábrica.
- Astillado: consiste en astillar la madera, mediante máquinas.
- Clasificación: esta operación separa la madera obtenida por calidades, de acuerdo a las exigencias que establece cada uno de los diferentes destinos industriales que pueda aplicarse.
- Cubicación: consiste en efectuar la medida del volumen de la madera, de acuerdo con los procedimientos que se establezcan.
- Tratamiento: es realizar un tratamiento protector a la madera en caso de pasar un tiempo muy prolongado en el sitio y esto puede exponer la madera a agentes biodeterioradores, así como a la acción de pérdida de humedad.

- Apilado: almacenar la madera previo a su transporte. Su objetivo puede ser muy variado, comúnmente se realiza con el fin de facilitar la coordinación entre la saca y el transporte.
- Reunión: tiene por objetivo concentrar en determinados puntos del monte, un cierto número de piezas que se encontraban dispersas en la zona de corte.
- Desembosque: es la fase del transporte, consiste en llevar la madera desde la zona de apeo o de reunión, hasta la zona accesible al medio de transporte.
- Transporte: consiste en el traslado desde el bosque hasta la fábrica transformadora, ya sea en forma directa o realizando transbordo en puntos intermedios.
- Apilado: esta operación consiste en almacenar la madera previo a su transporte. Su objetivo puede ser muy variado, comúnmente se realiza con el fin de facilitar la coordinación entre la saca y el transporte.
- Limpieza y acondicionamiento final de la zona de corte: consiste en la eliminación o utilización de los residuos generados en las actividades que engloba el aprovechamiento forestal.

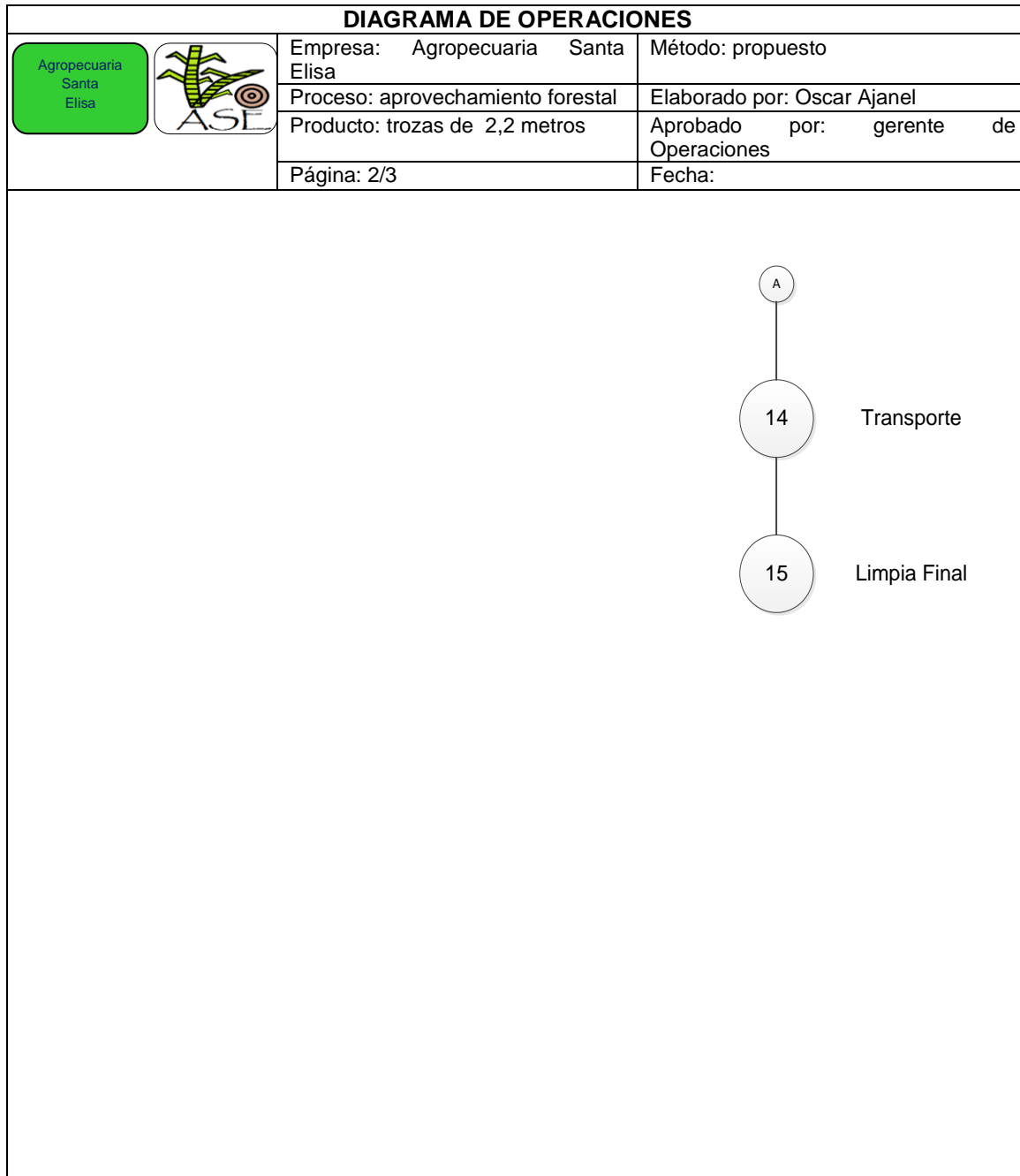
Figura 21. Diagrama de operaciones del aprovechamiento forestal



Continuación de la figura 21.



Continuación de la figura 21.



Fuente: elaboración propia.

2.5.6. Primera transformación

Este proceso es el primero que se le realiza a la madera, previo a la fase del aprovechamiento, e implica la combinación de diversos recursos para la obtención de uno o diversos productos que posteriormente serán empleados para otros procesos.

En este proceso se somete a las trozas de madera para el aprovechamiento óptimo mediante máquinas y técnicas que tienden a obtener el mayor volumen de madera con la más alta calidad posible.

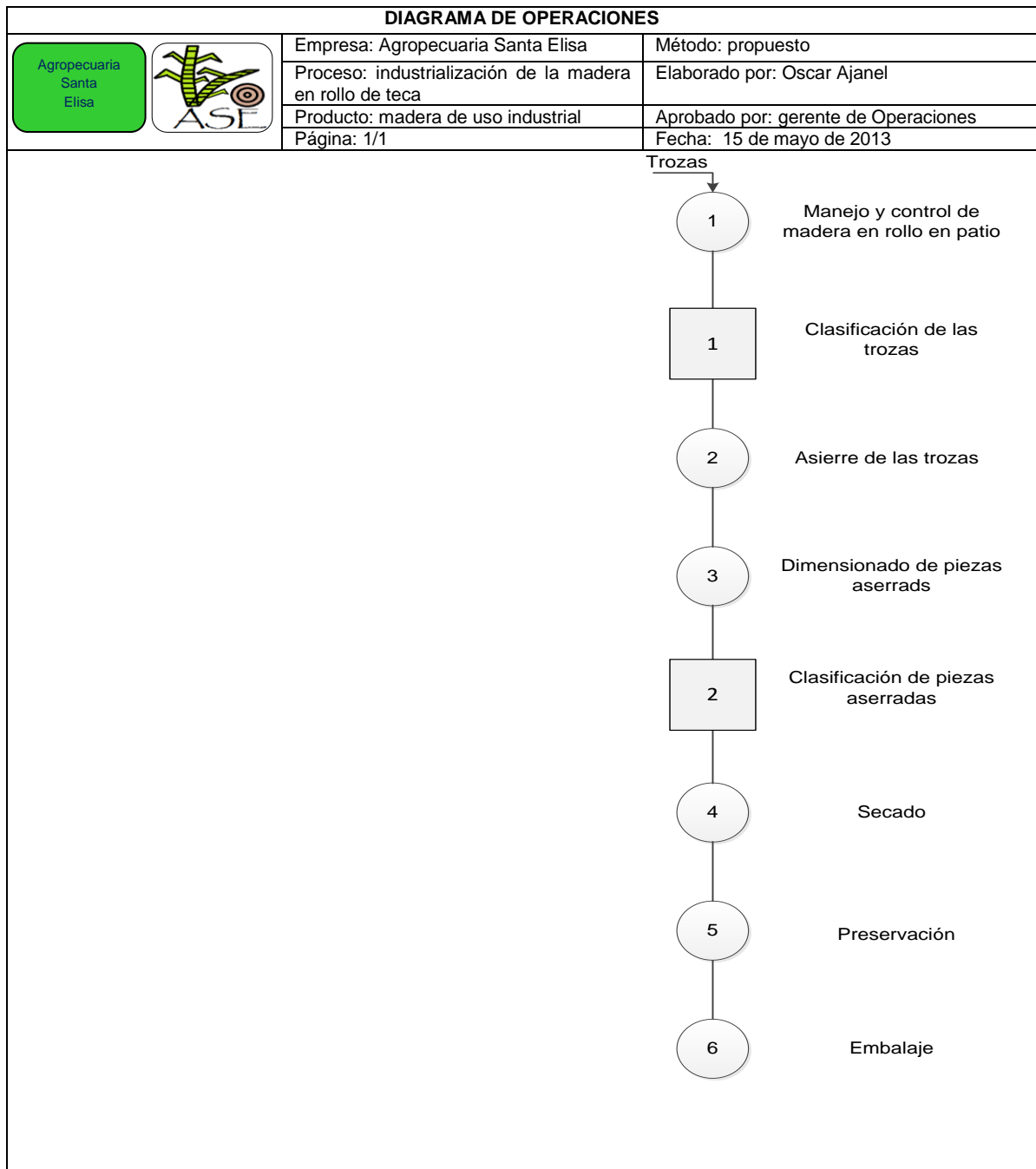
2.5.6.1. Descripción del proceso de primera transformación

De acuerdo al diagrama de proceso, la transformación primaria de la madera conlleva una serie de etapas para concluir en el producto final que servirá como materia prima para otros procesos que permitan un grado de mayor industrialización.

- Recepción de las trozas: esta operación da inicio al proceso; con el ingreso de las trozas a la planta industrial. En ella se lleva a cabo el registro de la materia prima, con el fin de garantizar la trazabilidad de la misma.
- Manejo y control de la troza en patio: consiste en la manipulación y distribución de las trozas dentro del patio de tal forma que permitan un tránsito fluido dentro de las instalaciones.

- Clasificación de las trozas: consiste en el agrupamiento de las diferentes trozas, de acuerdo a una escala que se establezca, para proveer un proceso continuo y eficiente.
- Proceso de asierre: es la aplicación de un conjunto de operaciones, maquinaria, y recurso humano para la obtención del producto. Esta actividad se describirá por separado posteriormente.
- Dimensionado: consiste en el seccionado de las piezas obtenidas del proceso de asierre, de acuerdo a las especificaciones que establezcan, en función de los productos posteriores.
- Clasificación de la madera aserrada: esta actividad implica en el ordenamiento de las piezas seccionadas, ya sea a los parámetros que se establezcan dentro del programa de producción.
- Secado: la operación tiene el objetivo de reducir el contenido de humedad de las piezas de madera, ya sea esta de forma natural o artificial.
- Preservación: es la aplicación de agentes químicos a la madera aserrada, para aumentar su duración en el tiempo.

Figura 22. **Diagrama de operaciones propuesto para industrializar la madera en rollo de teca**



Fuente: elaboración propia.

2.5.7. Proceso de aserrío

Este proceso de aserrío se desarrollará de forma independiente debido a que esta actividad implica la combinación de una serie de elementos, que representan ser una parte importante del proceso de primera transformación, ya que este proceso debe garantizar la máxima eficiencia y eficacia de los recursos, y así lograr la maximiza rentabilidad.

El aserrado de trozas de diámetros pequeños presenta ciertas características principales y básicas para la instalación de un aserradero que permitan su procesamiento.

- Alta velocidad de procesamiento
- Flujo de producción en línea
- Mecanización y automatización del proceso
- Técnicas de corte
- Separación y extracción de los residuos
- Clasificación de productos terminados

Las máquinas empleadas para el aserrado de las trozas son:

- Sistema de alimentación: mesa alimentadora.

- Para el preaserrado de las trozas: sierra cinta doble, sierra circular doble, chipper canter o sierra alternativa.
- Reaserrado de los semibloques: sierra circular múltiple. Ocasionalmente se utilizan sierras alternativas o sierras de cinta cuádruples.
- Reaserrado de las costillas: sierra de cinta horizontal.
- Sierras circulares canteadoras: se utilizan para el corte de los cantos muertos en las tablas laterales.

Despunte: se hace con una sierra radial, al final del flujo de corte.

2.5.7.1. Descripción del proceso de aserrío

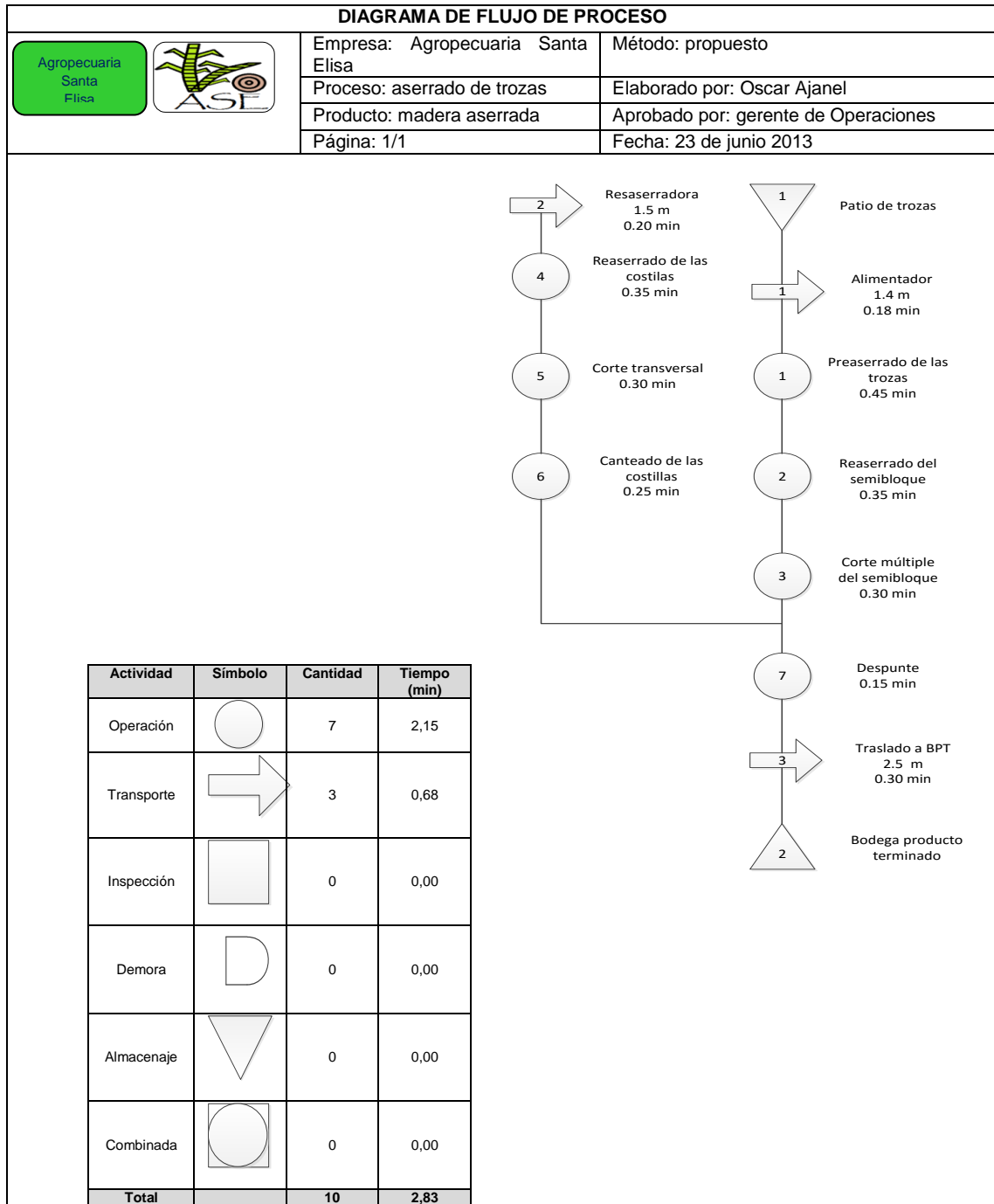
La ejecución del proceso de aserrío con trozas de diámetros pequeños, emplea un conjunto de elementos (maquinaria, recurso humano, tecnología, entre otros), los cuales deben permitir el desarrollo de las actividades de tal forma que estas sean eficientes y eficaces, y con ello se garantice un proceso productivo que permita el máximo aprovechamiento de los recursos. Partiendo de lo anterior las actividades que se llevan a cabo en la fase de aserrío involucra:

- Ingreso de trozas: esta fase describe el traslado de la trozas del patio de acopio, hacia el lugar de procesamiento, siendo colocadas en el sistema de alimentación.
- Preaserrada: la operación se lleva a cabo en la maquina principal, la cual produce un bloque central y dos costillas o en el caso de una sierra

alternativa, tablas laterales. Esta operación bifurca el proceso, en el reaserrado del semibloque y el reaserrado de las costillas.

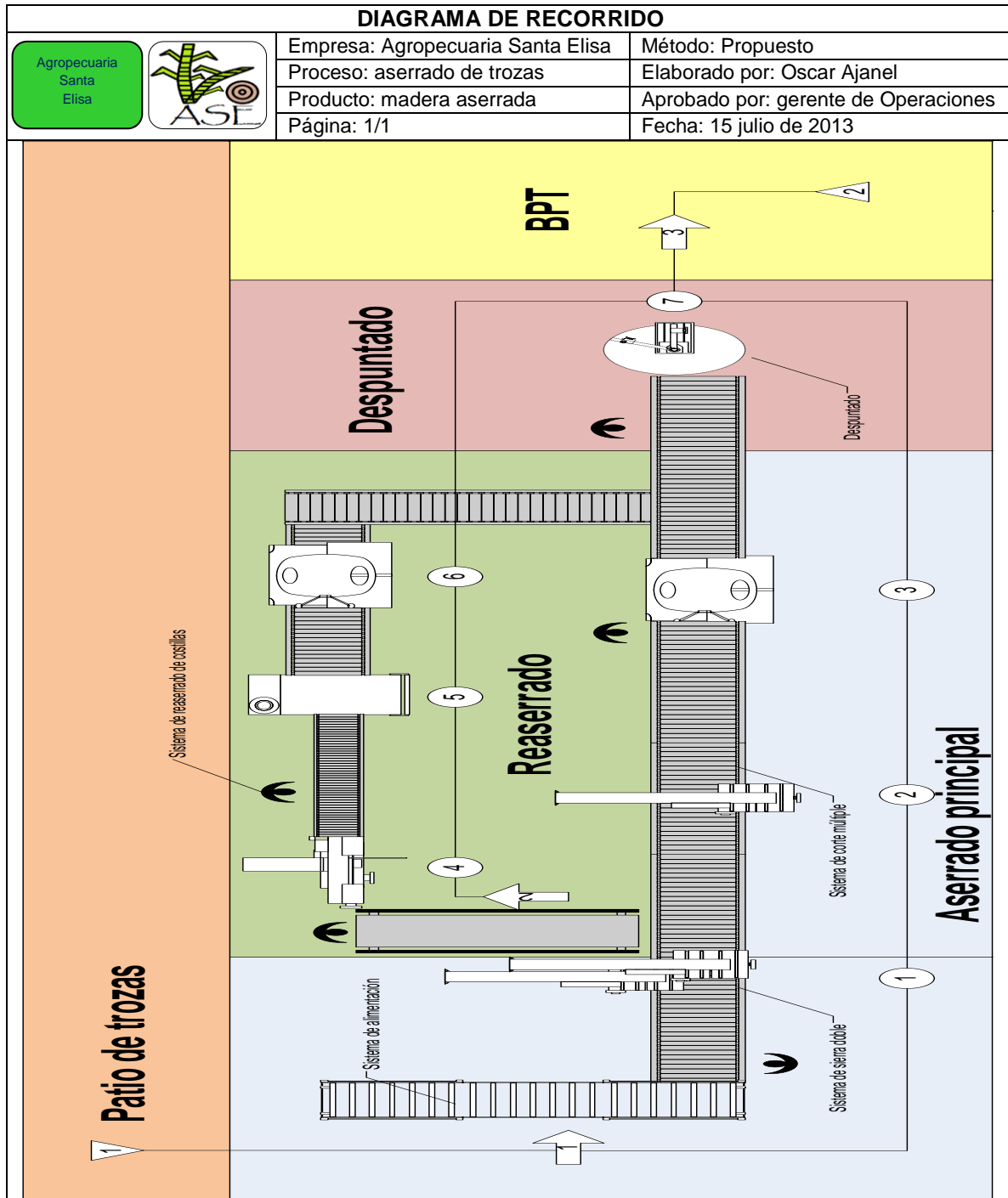
- Reaserrado semibloque: consiste en realizar un corte longitudinal al semibloque, con el fin de ir dimensionando la pieza principal.
- Reaserrado de las costillas: en el reaserrado de las costillas se subdivide en la realización de un corte transversal a las costillas a través de una cinta horizontal, y posteriormente se realiza un canteado.
- Corte múltiple: es la operación con la que finaliza el semibloque, siendo este seccionado, de acuerdo a las especificaciones que se desee, obteniendo así, un conjunto de piezas seccionadas.
- Despuntado: con el fin de brindar un producto con apariencia atractiva, se realiza esta operación; brindando así las dimensiones finales y la eliminación de defectos en los extremos de las piezas, obtenidos en las líneas del proceso.

Figura 23. Diagrama de flujo para el aserrado de trozas



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de recorrido para el aserrado



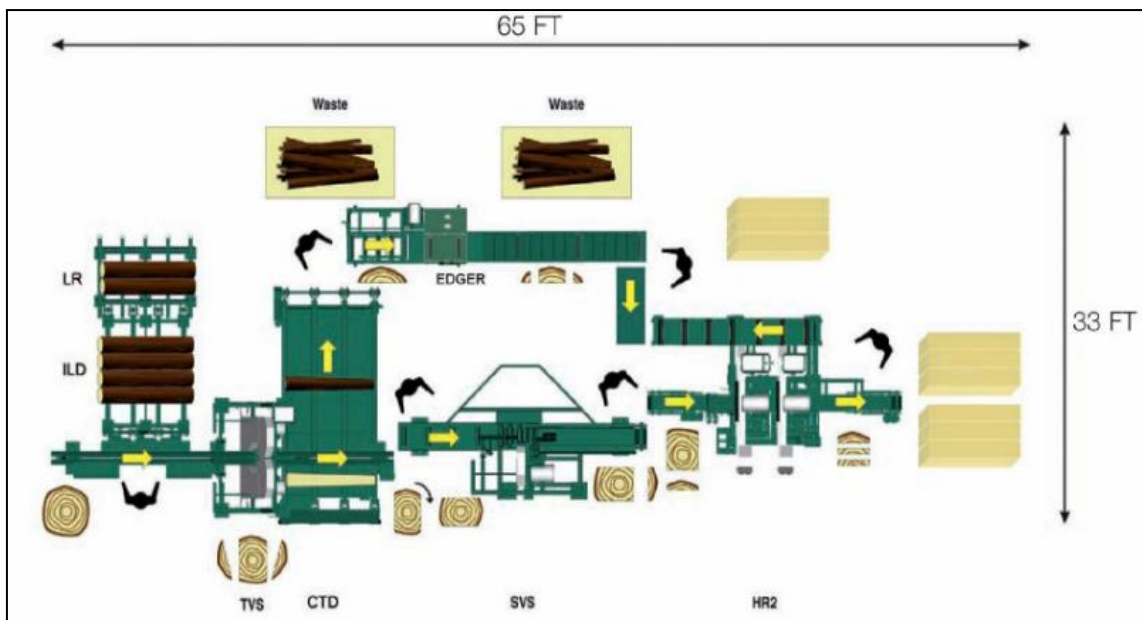
Fuente: elaboración propia.

2.5.8. Consideraciones para adquisición de maquinaria

En el mercado se encuentra una serie de sistemas productivos para la realización del proceso de aserrado, basados en el principio descrito en los incisos anteriores. Estos sistemas están en función del volumen de producción, la eficiencia y la eficacia del proceso. Asimismo, estos pueden tener distintas capacidades, y algunas modificaciones para la realización de los procesos.

Con el fin de conocer las características técnicas de los sistemas de producción disponibles en el mercado, y con ello obtener una perspectiva respecto a los aspectos técnicos establecidos, se elige un sistema, el cual permitirá identificar las implicaciones del montaje de un sistema de aserrío de diámetros menores.

Figura 25. Sistema comercial para aserrío de diámetros menores



Fuente: empresa distribuidora, 2013.

El sistema comercial productivo ejemplificado en la figura 18 muestra claramente, el uso de cortes múltiples para llevar a cabo el proceso de aserrío, en trozas con diámetros menores.

2.5.9. Descripción del equipo

Con el fin de conocer, con mayor detalle las características de los distintos equipos, conllevan el establecimiento del sistema de procesamiento, se describen las especificaciones técnicas y dimensiones de los distintos equipos de la línea de transformación primaria.

2.5.9.1. Equipo de transporte

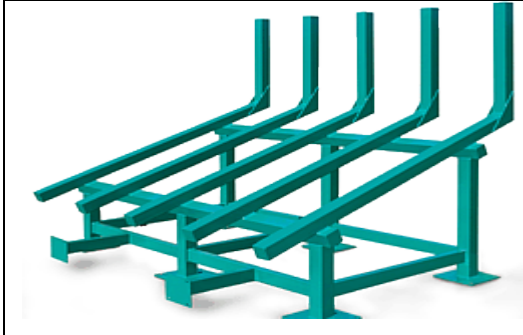
Se da inicio al proceso de transformación, con el sistema de abastecimiento, el cual consta de una serie de elementos, que permiten el traslado de los distintos materiales, hacia las máquinas de corte.

2.5.9.1.1. Rampa de carga

Uno de los primeros equipos de transporte es la rampa de carga, esta permite la carga de los troncos, los cuales van siendo suministrados a la línea de transporte principal.

La rampa tiene como objetivo mantener el mayor número de troncos, para así lograr un menor número de cargamentos, en la fase de abastecimiento.

Tabla XXXV. Descripción técnica rampa de carga

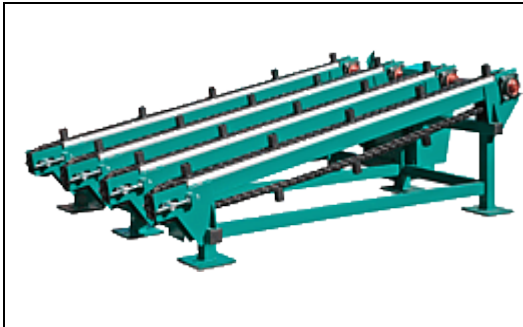
	Especificación técnica	
	Motor principal	4 kW
	Velocidad de avance	9 m/min
	Dimensiones	
	Largo	3,60 m
	Ancho	1,80 m
	Altura	0,92 m
	Peso	1,100 kg
	Carga máxima	8,000 kg

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.1.2. Rampa alimentadora de elevación

Esta transporta los troncos hacia el puesto del operador, lo que permite que el operador logre con mayor facilidad la colocación correcta del tronco para el proceso de corte, consiguiendo así un flujo constante.

Tabla XXXVI. Descripción técnica de la rampa alimentadora de elevación

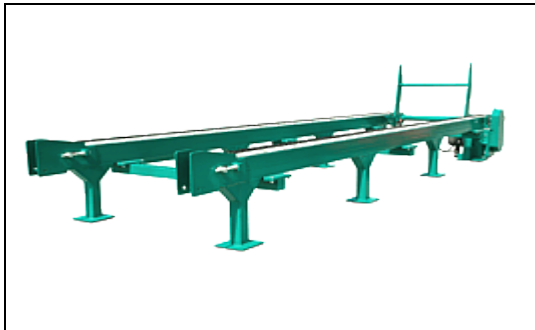
	Especificación técnica	
	Motor principal	4 kW
	Velocidad de avance	9 m/min
	Dimensiones	
	Largo	3,00 m
	Ancho	1,98 m
	Altura	0,92 m
	Peso	650kg
	Carga máxima	6 000kg

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.1.3. Rampa alimentadora

Brinda el ingreso de las trozas a las máquinas de corte. Su operación es dirigida por el operario, quien coloca las trozas provenientes de la rampa de elevación sobre la rampa alimentadora.

Tabla XXXVII. Descripción técnica de la rampa alimentadora I

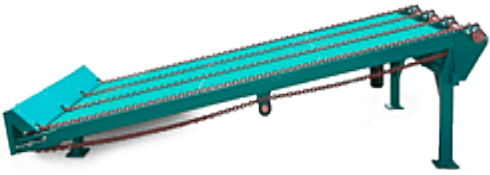
	Especificación técnica	
	Motor principal	4 kW
	Velocidad de avance	9 m/min
	Dimensiones	
	Largo	3,60 m
	Ancho	1,80 m
	Altura	0,92 m
	Peso	1 100kg
	Carga máxima	8 000kg

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.1.4. Transportador

Traslada las piezas obtenidas al realizar el corte para la obtención del semibloque hacia la línea de reproceso.

Tabla XXXVIII. **Descripción técnica de la rampa alimentadora II**

	Especificación técnica	
	Motor principal	1,1 kW
	Velocidad de avance	9 m/min
	Dimensiones	
	Largo	4,1 m
	Ancho	1,95 m
	Altura	0,94 m
	Peso	400kg

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.2. **Equipo de corte**


Se encuentra formado por una serie de máquinas, las cuales permiten llevar a cabo las distintas fases del dimensionado de las trozas, hasta la obtención de piezas seccionadas, las cuales podrán ser empleadas como materia prima para otros productos, en un proceso secundario.

2.5.9.2.1. **Sierra vertical doble**

Es la máquina principal del proceso, debido a que esta realiza el primer corte a la troza, permitiendo así la obtención del semibloque y las costillas.

Según especificaciones, la máquina ha sido diseñada para permitir un acceso fácil a todo el sistema de alineación y las áreas de mantenimiento, con el fin de facilitar la velocidad de comprobación de la sierra para iniciar el corte.

Tabla XXXIX. Descripción de la sierra vertical doble

	Especificación técnica	
	Motores principales	2 x 11 kW
	Motor de avance	1.1 kW
	Velocidad de avance	0 – 25 m/min
	Hojas	
	Longitud	4.67 m
	Ancho	32 - 50 mm

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.2.2. Sierra vertical

Esta sierra realiza un tercer corte al semibloque, con el fin de ir escuadrando la pieza que posteriormente será sometida a la operación final de seccionado.

Este tipo de maquinaria presenta la característica que comparten los mismos componentes individuales, ya que comparte el mismo cabezal que la sierra vertical doble.

Tabla XL. Descripción técnica de la sierra vertical


	Especificación técnica	
	Motores principales	11 kW
	Motor de avance	1,1 kW
	Velocidad de avance	
	Hojas	
	Longitud	4,67 m
	Ancho	32-50 mm

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.2.3. Sierra horizontal

Esta sierra complementa la línea de procesamiento, y realiza la última operación del proceso, el cual, consiste en la obtención de las piezas dimensionadas.

Tabla XLI. Descripción técnica de la sierra horizontal


	Especificación técnica	
	Motores principales	11 kW
	Velocidad de avance	0–20 m/min
	Hojas	
	Longitud	4,01 m
	Ancho	32–50 mm
	Motores principales	11 kW

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.2.4. Sierra de múltiple disco

Forma parte importante de la línea secundaria, que es la que se encarga del reproceso de las costillas, obtenidas al realizar el corte en la maquina principal (sierra vertical doble), esta permite dimensionarlas y con ello garantizar un máximo aprovechamiento de los recursos en el proceso.

Tabla XLII. Descripción técnica de la sierra múltiple disco

	Especificación técnica	
	Motor principal	15 kW
	Velocidad de avance	14 m/min
	Hojas	
	Longitud	4,67 m
	Ancho	32–50 mm
	Sierras de disco	
	Diámetro	350 mm
	Numero de sierras	2–5
	Distancia entre discos	25 mm

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.9.3. Recursos demandados del sistema de producción

En resumen, el sistema productivo para el procesamiento de trozas de diámetros pequeños, está basado en el modelo productivo de cortes múltiples, y en el empleo del conjunto de maquinaria de la empresa distribuidora. El sistema emplearía lo que se resume en la tabla XLIII.

Tabla XLIII. **Resumen de los aspectos técnicos del sistema**

Parámetros técnicos	Dimensión	Capacidad
Diámetro mínimo material	mm	100.
Diámetro máximo material	mm	400.
Capacidad productiva	m ³ /turno	64
Mano de obra	u/turno	6
Consumo eléctrico	Kw	74,3
Área	m ²	200

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.5.10. Análisis de distribución

Para llevar a cabo el proceso de industrialización, es necesaria la instalación de las áreas productivas, las cuales permitan el desarrollo de los distintos procesos. Estas se encuentran definidas de acuerdo a lo que se describió en el proceso de primera transformación.

En el análisis de la distribución se consideran áreas que no se describen en el proceso mencionado, debido a que el tema de análisis considera el proceso de primera transformación como un punto crítico, por lo que; el llevar a cabo el proceso de segunda transformación será el resultado consecuente de realizar el proceso de primera transformación.

El objetivo de tener en consideración las áreas para el desarrollo de un proceso de segunda transformación, es que el área que se establezca, permita prever una distribución, en la cual el tránsito entre los departamentos, no presente cambios abruptos dentro del área total, al establecer nuevos módulos de trabajo, y que la expansión, permita un flujo continuo.

Para llevar a cabo el análisis se enlistan los departamentos posibles a existir dentro del área total de trabajo, a partir de estas se realizó una clasificación de proximidad entre los distintos departamentos a distribuir (ver apéndice 6), considerando los siguientes códigos de proximidad y motivos.

Tabla XLIV. **Código de proximidad y motivos**

Código	Proximidad	Código	Motivo
A	Altamente necesaria	1	Flujo de materiales
E	Especialmente necesaria	2	Fácil supervisión
I	Importante necesaria	3	Uso del mismo personal
O	Ordinaria necesaria	4	Uso de mismas instalaciones
U	Ninguna	5	Emisiones, contaminación y polvo
X	Indeseable		

Fuente: elaboración propia.

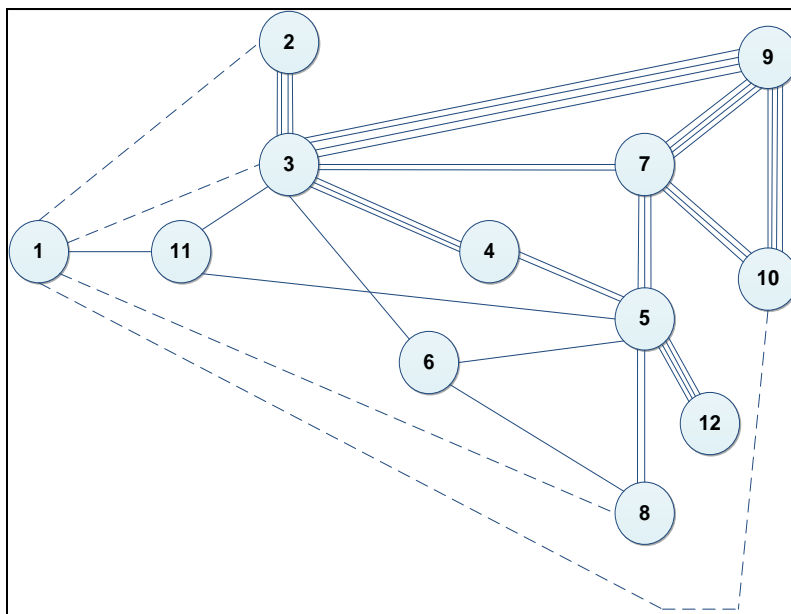
Considerando los parámetros establecidos anteriormente para la obtención del diagrama de relación de actividades, se planteó un código de líneas el cual permitió analizar de forma gráfica el comportamiento de la secuencia matricial obtenida.

En la figura 27 se muestran espacios vacíos, estos representan las relaciones de proximidad (U), lo cual quiere decir, no existe relación. Mientras los espacios llenos se encuentran en función de los parámetros establecidos con anterioridad.

A partir de la matriz de relaciones, se realizó la representación gráfica de estas, empleando un diagrama de hilos en el cual se muestra la correlación de las áreas con una cronología apegada al diagrama de flujo que se estableció como base.

Para llegar a la obtención del diagrama de hilos final, que se muestra en la figura 27, se realizó una serie de iteraciones (ver apéndice 7), las cuales permitieron la obtención del diagrama final.

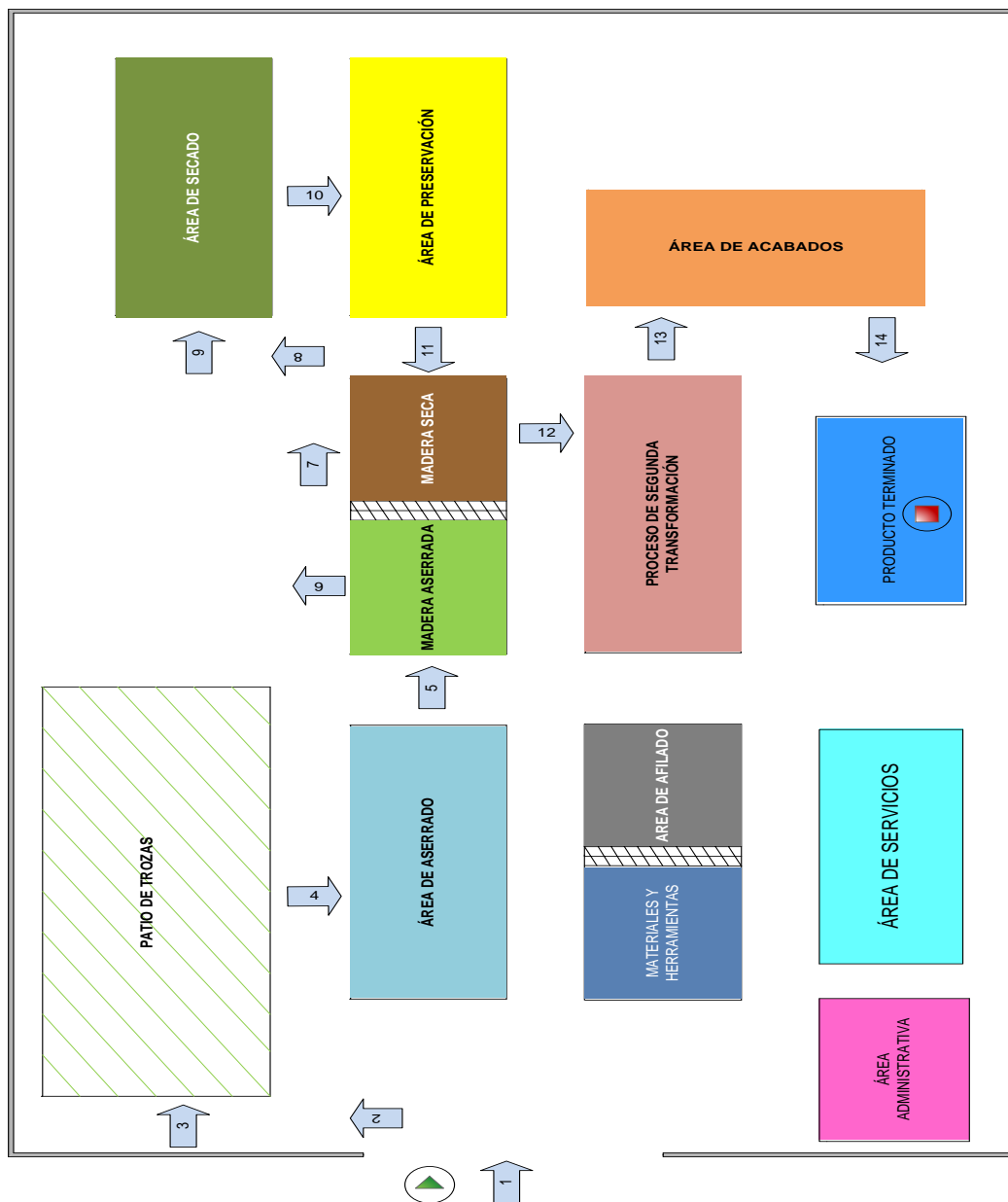
Figura 27. **Diagrama final de hilos para las áreas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

La finalización del proceso de distribución concluye con la propuesta de distribución, que puede observarse en la figura 28.

Figura 28. Disposición general de las áreas



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6. Estudio administrativo-legal

A continuación se realiza una descripción sobre el estudio administrativo-legal.

2.6.1. Marco legal

Para el establecimiento legal de una empresa que se involucra en la actividad forestal industrial se debe llevar a cabo la inscripción de la misma, como empresa mercantil en el Registro Mercantil y en la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), registrarse en el Registro Nacional Forestal.

2.6.1.1. Inscripción comerciante individual y empresa

La inscripción en el Registro Mercantil consiste en llenar el formulario para empresas mercantiles y comerciantes individuales:

- SATRM01-Empresas mercantiles y comerciantes individuales.
- SATRM03-Empresas mercantiles y comerciantes individuales ya inscritos en la SAT.

El valor del formulario es de Q 2,00 o bien descargar de la página del Registro Mercantil, posteriormente se debe cancelar en las ventanillas del Banco de Desarrollo Rural, S. A. ubicadas en el Registro Mercantil:

Luego se debe presentar en las ventanillas de atención al usuario del Registro Mercantil, en un fólder tamaño oficio con pestaña lo siguiente:

- El formulario o la solicitud con la información completa requerida, firmado(a) por el solicitante y con legalización notarial de dicha firma.
- Fotocopia de su documento personal de identificación (DPI), pasaporte (si es extranjero residente en Guatemala).
- Recibo del pago efectuado en el Banco.

El expediente es remitido al Departamento de Empresas quien lo califica y procede a inscribir la empresa y a emitir la patente de comercio correspondiente. Después se es remitido a las ventanillas de atención al usuario donde se recoge, y debe revisarse cuidadosamente la patente, además colocar Q 50,00 en timbres fiscales.

2.6.1.2. Registro en la Superintendencia de Administración Tributaria

La documentación para registrarse en la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), tal y como lo requiere la ley del impuesto sobre la renta es idéntica a la que se presenta en el Registro Mercantil.

Es recomendable tener los documentos referidos en duplicado y someterlos a la SAT, en conjunto con una copia de la autorización para operar en Guatemala emitida por el Ministerio de Gobernación.

Adicionalmente, es necesario inscribirse para obtener el número de identificación tributaria (NIT) como lo exige la ley del impuesto sobre la renta.

2.6.1.3. Inscripción Registro Nacional Forestal

Para llevar a cabo el establecimiento de una actividad industrial forestal el Reglamento de la Ley Forestal del Instituto Nacional de Bosques (Inab), establece que los aserraderos, depósitos de productos forestales y otras industrias forestales primarias y secundarias, incluyendo carpinterías, están obligadas a:

- Registrarse en el Registro Nacional Forestal del Inab.
- Rendir informes semestrales acerca del tipo y cantidad de materia prima procesada durante el trimestre anterior y de la cantidad de productos elaborados y comercializados.
- Anotar en sus registros la procedencia, cantidad y tipo de producto recibido.
- Anotar en sus registros, las existencias de materia prima, producto en proceso y producto terminado.

Además, el Inab realiza inspecciones periódicas para constatar la información recibida; y así, recabar información para hacer controles cruzados con los proveedores de materia prima.

2.6.2. Requisitos de inscripción

Para los efectos de inscripción y registro, la actividad se clasifica dentro de las categorías específicas. De acuerdo a la categoría establecida los requisitos de inscripción son los siguientes:

- Industrias forestales, aserraderos móviles o estacionarios
 - Presentar el formulario correspondiente debidamente lleno.
 - Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente.
 - Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio.
 - Fotocopia del carné del NIT.
 - Fotocopia del documento personal de identificación (DPI) del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

- Depósitos forestales y centros de acopio
 - Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno.
 - Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente.
 - Cuando sea procedente, fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio.

- Fotocopia del carné del NIT.
- Fotocopia del documento personal de identificación del propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

En el caso de centros de acopio se deberá corroborar si existe la casa matriz, ya sea industria o depósito, para lo cual se deberá presentar la constancia de inscripción.

El ingreso de expedientes de cada categoría se realiza a través de las Direcciones Regionales o Subregionales del Inab correspondientes, quienes deben verificar con el asesor jurídico respectivo en un término de cinco días hábiles, el cumplimiento de los requisitos e información solicitada en los formularios y expedientes que ingresen, previo a continuar el trámite de inscripción y otorgamiento de la constancia.

2.6.3. Derechos y obligaciones

Toda persona que realiza actividades de registro o actualización ante el RNF adquiere los derechos siguientes:

- Tener constancia de inscripción en el RNF, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos en el presente Reglamento.
- Solicitar al RNF revisión y corrección de aquellos errores en los datos asentados.

- Tener la posibilidad de ser tomado en cuenta en los programas de fomento y capacitación que el Inab establezca.
- Formar parte de listados administrados por Inab con fines de fomento, beneficios, o de suscriptores de materiales de interés que divulgue el Inab.

Toda persona que realice actividades de registro o actualización ante el RNF adquiere las obligaciones siguientes:

- Proporcionar la información requerida para el registro de su actividad.
- Mantener actualizado el registro de su actividad, según los tiempos determinados en el presente reglamento, debiendo informar oportunamente de los cambios que en esa actividad sucedan;
- Comparecer a solicitud del RNF a todas aquellas citaciones que en su oportunidad le sean comunicadas.
- Cumplir con las demás obligaciones establecidas en la Ley Forestal y su Reglamento.

El proceso de inscripción y actualización para todas las categorías del registro indicadas en el reglamento tiene un costo establecido por la Gerencia del Inab.

2.6.4. Estructura administrativa

La estructura administrativa tiene como objetivo proponer la figura organizacional del proyecto. La organización se divide en dos sectores respecto a la mano de obra: directa e indirecta.

2.6.4.1. Mano de obra directa

Es el personal necesario para la operación de los equipos de producción. Los equipos de producción son los empleados en el sistema de aserrío. El sistema de aserrío propuesto demanda una cantidad determinada de personal necesario para el desarrollo de las actividades.

Tabla XLVI. **Mano de obra directa**

Personal	Cantidad	Requisitos	Salario
Operador línea de aserrío	6	Secundaria	Q 2 171,75
Operador traslado	2	Secundaria	Q 2 171,75
Técnico mantenimiento	1	Mecánico	Q 3 000,00
Total	9		Q 20 374,00

Fuente: elaboración propia.

2.6.4.2. Mano de obra indirecta

Es el personal que corresponde a mano de obra que opera de forma indirecta, en las distintas operaciones que tienen relación con la parte administrativa del proyecto.

Tabla XLVII. **Mano de obra indirecta**

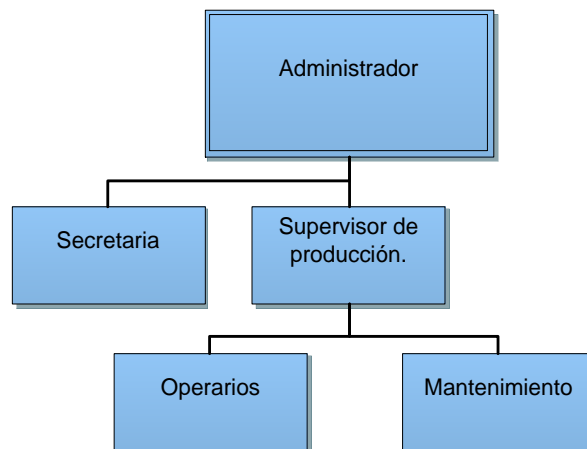
Personal	Cantidad	Requisitos	Salario
Administrador	1	Ingeniero	Q 8 000,00
Supervisor de producción	1	Técnico universitario	Q 4 000,00
Secretaria-contadora	1	Perito contador	Q 2 500,00
Total	2		Q 14 500 00

Fuente: elaboración propia.

2.6.5. Organigrama

En el organigrama se muestran las relaciones de autoridad entre los diferentes puestos que la conformarían. Se presentan en el organigrama los puestos de mano de obra directa, los de mano de obra indirecta y administrativa. En la figura 29 se ilustra el organigrama propuesto para el proyecto. Se detalla el orden jerárquico que sigue la línea de mandos.

Figura 29. **Propuesta del organigrama de la empresa**





Fuente: elaboración propia.

2.6.6. Descripción y perfil de puestos

Para cada puesto de trabajo se elaboró una ficha técnica que contiene la información, en la que describe las funciones y características deseables del personal, para los puestos de: administrador, supervisor de producción, secretaria, operarios proceso de aserrío, operarios maquinaria de traslado y personal de mantenimiento.

Tabla XLVIII. **Ficha técnica: administrador general**

  <p>DOCUMENTO ADMINISTRATIVO</p>		<p>DEPARTAMENTO FORESTAL DF-SG-V1</p>
		<p>FICHA TÉCNICA ADMINISTRACIÓN-RRHH</p>
Nombre del puesto	Administrador general	
Objetivo del puesto	Lograr que la empresa sea rentable a través de la gestión de los procesos administrativos y productivos.	
Principales funciones del puesto	Administrar los recursos de forma eficiente y eficaz que garanticen la máxima productividad, velar por la correcta administración de todo trámite legal, contable, y financiero.	
Nivel académico requerido	Universitario en las disciplinas de: Ingeniería Agroindustrial, Industrial, Forestal o licenciatura en Administración de Empresas.	
Conocimientos y habilidades	Elaboración de presupuestos y control de gestión, contabilidad y fianzas, recursos humanos, mercadeo y ventas, logística y gestión de calidad. Capacidad técnica, trabajo en equipo y capacidad de resolver problemas.	
Experiencia	Mínimo 1 año en la administración de procesos de producción, gestión de recursos o elaboración de proyectos de tipo industrial.	
Responsabilidades y actividades	Administración de la empresa: compras, ventas, contabilidad y finanzas, selección y contratación de personal.	



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Ficha técnica: supervisor de producción**

  <p>DOCUMENTO ADMINISTRATIVO</p>		<p>DEPARTAMENTO FORESTAL</p> <p>DF-SG-V1</p>
		<p>FICHA TÉCNICA</p> <p>ADMINISTRACIÓN-RRHH</p>
Nombre del puesto	Supervisor de Producción	
Objetivo del puesto	Mantener el control de las operaciones en el área productiva, el personal operativo, cumpliendo con las metas de producción.	
Principales funciones del puesto	Velar por el correcto uso de los recursos en cada una de las etapas productivas, mantener bajo control las condiciones de clima laboral, seguridad e higiene del personal operativo. Programar el mantenimiento preventivo de la maquinaria y su correcto funcionamiento además de mantener la calidad del producto.	
Nivel académico requerido	Técnico universitario o con estudios universitarios en las áreas de: Agroindustria, Procesos de Manufactura, Administración.	
Experiencia	Mínima 1 año en las áreas de Producción, mantenimiento, calidad o seguridad industrial.	
Conocimientos y habilidades	Control de la producción, manejo de inventario, personal y recursos, programar actividades de tipo preventivo. Liderazgo, trabajo en equipo, solidaridad y respeto ideológico.	
Responsabilidades y actividades	Cumplimiento de los programas establecidos, control de cada una de las actividades y recursos (humanos, tecnológicos, financieros, entre otros).	



Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Ficha técnica: secretaria general administrativa**

 		Departamento Forestal DF-SG-V1
DOCUMENTO ADMINISTRATIVO		FICHA TÉCNICA SECRETARIA-GENERAL
Nombre del puesto	Secretaria general	
Objetivo del puesto	Organizar las actividades administrativas-contables de la empresa garantizando así el funcionamiento de las oficinas.	
Principales funciones del puesto	Asistir al administrador en las actividades administrativas y contables de la empresa. Atención a los clientes.	
Nivel académico requerido	Nivel diversificado. Perito contador, de preferencia con estudios universitarios en el área de administración o contaduría.	
Experiencia	Mínimo un año en el área de contaduría.	
Conocimientos y habilidades	Manejo de office, habilidad numérica, manejo de inventarios, correspondencia y archivo. Vocación de servicio al cliente.	
Responsabilidades y actividades.	Llevar el control contable, administrativo, pago de impuestos y proveedores. Compra de materiales, recepción de materiales.	



Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Ficha técnica: operario para proceso de aserrío**

  <p>DOCUMENTO ADMINISTRATIVO</p>		<p>Departamento Forestal DF-SG-V1</p>
		<p>FICHA TÉCNICA OPERARIO PROCESO DE ASERRÍO</p>
Nombre del puesto	Operario proceso de aserrío	
Objetivo del puesto	Llevar a cabo las distintas operaciones del proceso de aserrado.	
Principales funciones del puesto	Operar la maquinaria con toda responsabilidad, bajo los criterios establecidos por el supervisor de Producción, apoyar a identificar fallas en el sistema y reportarlas al jefe inmediato.	
Nivel académico requerido	Mínimo nivel 3°. básico	
Experiencia	Mínimo 1 año de haber trabajado en líneas de producción.	
Conocimientos y habilidades	Destrezas manuales, trabajo en equipo y seguimiento de instrucciones, deseos de superación, conocimientos básicos en operación de maquinaria.	
Responsabilidades y actividades	Uso correcto de la maquinaria, ejecutar las distintas operaciones con apego a las instrucciones, no ingresar en estado de ebriedad o bajo algún efecto de droga al área de trabajo. Tomar en consideración la programación de mantenimiento de la maquinaria, para disminuir probabilidades de falla.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Ficha técnica: operario de montacargas**

 		Departamento Forestal DF-SG-V1
DOCUMENTO ADMINISTRATIVO		FICHA TÉCNICA OPERARIO DE MONTACARGAS
Nombre del puesto	Operario de montacargas	
Objetivo del puesto	Garantizar el flujo continuo de la materia prima, o producto terminado, para evitar paros en la línea de producción.	
Principales funciones del puesto	Ejecutar las operaciones de traslado o movimientos en las distintas áreas de la cadena productiva.	
Nivel académico requerido	Mínimo nivel 3° básico y contar con licencia vigente para operar maquinaria industrial.	
Experiencia	Mínimo 1 año, en operación de maquinaria industrial.	
Conocimientos y habilidades	En señales de tránsito, detección de fallas de la máquina, manejo de papelería de registros, ordenado, trabajo en equipo y seguimiento de instrucciones	
Responsabilidades y actividades	Ejecutar, con apego a instrucciones, el uso correcto de la maquinaria para evitar accidentes, velar por el correcto uso y mantenimiento de la maquinaria a su cargo. Tomar en consideración las fechas de mantenimiento de las máquinas.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. Ficha técnica: personal de mantenimiento

 <p>DOCUMENTO ADMINISTRATIVO</p>		<p>Departamento Forestal DF-SG-V1</p>
		<p>FICHA TÉCNICA PERSONAL DE MANTENIMIENTO</p>
Nombre del puesto	Mecánico	
Objetivo del puesto	Garantizar el correcto funcionamiento de la distinta maquinaria a través del mantenimiento preventivo y correctivo.	
Principales funciones del puesto	Diagnosticar, interpretar y tomar acciones correctivas para el establecimiento de fallas en la maquinaria.	
Nivel académico requerido	Técnico en mecánica industrial o CAP de Intecap	
Experiencia	Mínima 2 años en mantenimiento industrial preferiblemente con maquinaria de corte.	
Conocimientos y habilidades	En maquinaria de líneas de producción, interpretación de fallas, destreza analítica.	
Responsabilidades y actividad	Programar las actividades de prevención para el sistema y así permitir un correcto funcionamiento, bajo las políticas que se programen con producción.	

Fuente: elaboración propia.

2.7. Estudio financiero

El presente estudio servirá para tener mejor control de los bienes financieros con que cuenta la Empresa Agropecuaria Santa Elisa.

2.7.1. Análisis de costos

En esta sección se define la inversión en los activos fijos y diferidos necesarios para llevar a cabo la operación del proyecto, desde los puntos de vista de producción, administración y ventas.

Se considera para el cálculo de las inversiones tres grupos:

- El terreno y obra civil
- Los equipos que se emplearían en las oficinas administrativas

2.7.1.1. Inversión en terreno y obra civil

El terreno necesario para la distribución de las áreas en las que se establecería los edificios de la planta y oficina administrativa, sería de alrededor de los 12,750 m², asumiendo una relación, en la que se establece que solo el 2 % del área total se emplea para las instalaciones físicas y el resto es para el área de tracería.

Tabla LIV. **Inversión en terreno y obra civil**

Inversión en terreno y obra civil	
Terreno	150 000,00
Construcción edificio producción	375 000,00
Construcción oficinas	60 000,00
Bodega de materiales	25 000,00
Muro perimetral	18 000,00
Total	585 000,00

Fuente: elaboración propia.

La superficie de las construcciones para el área de Producción y Almacenamiento sería de alrededor de 300 m², y de las oficinas administrativas de 40 m², y para la bodega de materiales de 20 m². La pared perimetral del terreno tiene una longitud de 400 m, en función de lo anterior la inversión total sería de Q 585 000,00.

2.7.1.2. Inversión en equipos de producción

Para llevar a cabo el proceso de transformación de las trozas de diámetros pequeños en producto primario, se hace necesaria la adquisición de equipo especializado, el cual permite garantizar la eficiencia y eficacia del proceso. El proceso fue descrito anteriormente al igual que las características del equipo, esto permite enfocar la descripción en los costos individuales para el desarrollo de la actividad de procesamiento.

Tabla LV. **Inversión en equipos de producción**

No.	Nombre del equipo	Valor (Q)
1	Twin vertical saw, 15HP elec	176 490,55
2	Log ramp, SLP	18 960,58
3	Incline log deck	114 001,12
4	LOG DECK 3.6M (THREE CHAIN)	142 513,36
5	TVS Feed system, 3.6M Spikey Chain	170 597,77
6	TVS Feed system, 3.6M Flat Feed UL	128 779,93
7	Horizontal resaw, 1000 Series, 4 Head	489 210,25
8	Single vertical saw, 15HP 460V Non-US	170 312,67
9	Table assy, SVS side	8 791,21
10	Horizontal resaw, 5000 Series, 6 Head	651 307 23
11	SLP Idle roller table	12 300,93
12	Log ramp,	81 567,15
13	Afilador industrial con triscador doble	98 637,64
	Total	2 263 470,40

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.7.1.3. Inversión en mobiliario y vehículos

Para el traslado y distribución de los recursos, tales como la materia prima del patio de trozas, hacia el área de proceso, y del producto terminado, hacia el área de Almacenamiento. Se hace necesaria la adquisición de vehículos que permitan las operaciones de traslado, de una forma económica y eficiente, y con ello garantizar el flujo continuo de los recursos entre las áreas.

Para el área Administrativa se hace necesaria la adquisición de mobiliario que permita las operaciones administrativas. El equipo para las operaciones es básicamente equipo de oficina, tales como escritorios, equipo de cómputo, entre otros.

Tabla LVI. **Inversión en mobiliario y vehículos**

Equipo	Valor (Q)
Computadora	4 500,00
Impresora	450,00
Escritorio	3 000,00
Sillas	2 100,00
Archiveros	1 300,00
Montacargas	125 000,00
Camión	175 000,00
Total	311 350,00

Fuente: empresa distribuidora, 2013.

2.7.1.4. Inversión en contratos y trámites legales

Para la constitución del proyecto en una empresa, es necesario realizar diferentes trámites legales. Para enfrentarlos financieramente, se establece que estos representaran un 4 % de los rubros de las inversiones descritas en los incisos anteriores, obteniendo así la cantidad de Q 126 392,82.

La inversión inicial total se calculó en Q 3 403 913,68 y consiste en la compra del terreno y construcción de edificios, compra e instalación de los equipos necesarios para la operación del proceso de aserrío, vehículos, mobiliario para el área administrativa, y los trámites legales que sean necesarios.

Tabla LVII. **Resumen de las inversiones**

Concepto de inversión	Costo (Q)	Porcentaje
Terreno y obra civil	585 000,00	17,78 %
Equipos de producción	2 263 470,40	68,78 %
Mobiliario y vehículos	311 350,00	9,46 %
Trámites legales	130 919,76	3,98 %
TOTAL	3 403 913,68	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la inversión en los equipos de producción, representa un 62,89 % de la inversión total, siendo este uno de los rubros con mayor importancia, respecto de los otros.

2.7.2. Costos de producción

A continuación se realiza un desglose de los costos de producción, entre los que se contemplan de materia prima, de energía eléctrica, mano de obra directa, entre otros.

2.7.2.1. Costos de materia prima

Para determinar el costo de la materia prima, se estableció un precio de compra por metro cúbico de madera rolliza de Q 1 366,80, siendo este el valor que la empresa ha registrado en las ventas que ha llevado a cabo.

Teniendo establecido el precio de la materia prima, el cálculo del costo de la misma se realizó con base en la cantidad de metros cúbicos de madera rolliza a emplear.

La cantidad de madera rolliza se estableció a partir de lo planteado en la estimación preliminar que se describió en la sección del tamaño del proyecto.

$$\frac{2\,625,04\text{ m}^3}{1\text{ año}} \times \frac{1\text{ año}}{141,104\text{ ha}} = 18,60\text{ m}^3/\text{ha}$$

Considerando una planeación para un periodo de 5 años y un incremento anual de 11,64 % de acuerdo a la tasa productiva de las plantaciones, basado en las condiciones de crecimiento establecidas a partir de las partículas por millón evaluadas. Por lo que, el costo de la materia prima, madera en rollo, se describe en la tabla LVIII.

Tabla LVIII. **Costo materia prima**

Año	Hectáreas	Volumen (m ³)	Costo (Q)
1	112	2083,20	2 847 317,76
2	125	2325,00	3 177 810,00
3	140	3637,20	4 971 324,96
4	155	4026,90	5 503 966,92
5	174	4520,52	6 178 646,74

Fuente: elaboración propia.

2.7.2.2. **Costos de energía eléctrica**

Para la operación de los equipos se hace necesario el uso de energía eléctrica, según las especificaciones descritas para el sistema en estudio, es necesario una potencia de 74,3 Kw y se considera para otros usos como computadora e iluminación: 4 Kw. A continuación se describe los cálculos para el primer año de operación.

Tabla LIX. **Cálculo de costos de energía eléctrica**

$$\text{Horas – año: } 2083.20 \text{ m}^3 \times \frac{1 \text{ hora}}{8 \text{ m}^3} \times \frac{1}{0,85 \text{ efic.}} = 306.35 \text{ horas}$$

$$\text{Producción: } 74.3 \text{ kW} \times 306,35 \text{ horas} \times \frac{\text{Q } 1,80}{\text{kW.H}} = \text{Q } 40,971.64$$

$$\text{Otros: } 4\text{kW} \times 20 \text{ días} \times \frac{9 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times \frac{\text{Q } 1,80}{\text{kW.H}} = \text{Q } 15 552,00$$

$$\text{Costo total: } \text{Q } 40 971,64 + \text{Q } 15 552,00 = \text{Q } 56 523,64$$

Fuente: elaboración propia.

Los cálculos para el primer año de operación fueron descritos anteriormente, los valores de la energía eléctrica para los años subsecuentes se describen en la tabla LX.

Tabla LX. **Costo de la energía eléctrica**

Año	Horas de producción anual	Costo producción (Q)	Costo iluminación y otros (Q)	Costo anual (Q)
1	306,35	40 971,64	15 552,00	56 523,64
2	341,91	45 727,28	15 552,00	61 279,28
3	534,88	71 535,17	15 552,00	87 087,17
4	592,19	79 199,65	15 552,00	94 751,65
5	664,78	88 907,99	15 552,00	104 459,99

Fuente: elaboración propia.

2.7.2.3. Costo de mano de obra directa

Para determinar el costo de la mano directa se considera al personal operativo que es el encargado de producir, así también, las personas encargadas de mantenimiento y las que realizan los traslados internos, ya sea de materia prima o producto terminado.

Tabla LXI. Costo mano de obra directa

Mano de obra	Cantidad	Salario mensual (Q)	Salario anual (Q)
Operadores	6	2 171,75	65 152,50
Operadores traslado	2	2 171,75	21 717,50
Técnico mantenimiento	1	3 000,00	15 000,00
Total			101 870,00

Fuente: elaboración propia.

Al valor anual de Q 101 870,00 se le deben sumar las prestaciones legales equivalentes a 43,5 %, las cuales deben otorgarse a los trabajadores. Por lo que el costo de mano de obra directa seria de Q 146 183,45.

2.7.2.4. Depreciaciones

El cálculo de las depreciaciones se realiza con base en la ley de impuesto sobre la renta, en la cual se establecen los porcentajes máximos de depreciación que se pueden efectuar sobre bienes fijos e intangibles.

Tabla LXII. **Depreciaciones sobre bienes fijos e intangibles**

Descripción	Valor inicial (Q)	Depreciación anual (Q)	Depreciación anual (Q)	Valor de salvamento (Q)
Equipos de producción	2 263 470,40	10	226 347,04	1 131 735,20
Obra civil	478 000,00	5	23 900,00	358 500,00
Vehículos	350 000,00	15	52 500,00	87 500,00
Mobiliario y equipo	143 400,00	18	25 812,00	14 340,00
Activos diferidos	138 201,76	10	13 820,18	69 100,88
Terreno	150 000,00			150 000,00
Total	3 523 072,16		342 379,22	1 811 176,08

Fuente: elaboración propia.

2.7.2.5. Costo de mano de obra indirecta

El personal considerado dentro del concepto de mano de obra indirecta que desarrolla funciones en el área Productiva y Administrativa. En él se encuentra, el encargado de producción y el encargado de bodegas.

Tabla LXIII. **Costo de mano de obra indirecta**

Concepto mano de obra	Cantidad	Salario mensual (Q)	Salario anual (Q)
Supervisor de producción	1	4 000,00	2 000,00
Encargado de bodega	1	2 500,00	3 000,00
Total			5 000,00

Fuente: elaboración propia.

El valor anual, bajo el concepto de mano de obra indirecta es de Q 50 000,00, sin embargo, al valor obtenido abra que adicionar el 43,5 %, debido a las prestaciones legales, lo que resultaría en Q 71 750,00.

2.7.2.6. Costo mantenimiento de equipos

Este se estima en un 1 % anual del valor de compra de los equipos de producción. El costo inicial de los equipos para el desarrollo del proceso productivo es de Q 2 263 470,40. Con el valor se calcula el monto del mantenimiento anual.

Costo de mantenimiento: $2\ 263\ 470,40 \times 1\ \% = Q\ 22\ 634,70$

2.7.2.7. Costos totales de producción

Para el cálculo del costo total de producción se realiza la sumatoria de los distintos costos enunciados anteriormente, siendo estos: costos de materia prima, energía eléctrica, mano de obra directa e indirecta, depreciación y mantenimiento de equipo.

Tabla LXIV. Costos totales de producción

Concepto	1	2	3	4	5
Mano de obra indirecta	71 750,00	75 337,50	79 104,38	83 059,59	87 212,57
Mano de obra directa	146 183,45	153 492,62	161 167,25	169 225 62	177 686,90
Energía eléctrica	56 523,64	61 279,28	87 087,17	94 751,65	104 459,99
Depreciación	240 167,22	240 167,22	240 167,22	240 167,22	240 167,22
Mantenimiento	22 634,70	24 898,17	27 387,99	30 126,79	33 139,47
Materia Prima	2 847 317,76	3 177 810,00	4 971 324,96	5 503 966,92	6 178 646,74
Total	3 384 577,77	3 732 986,79	5 566 241,96	6 121 301,79	6 821 317,88

Fuente: elaboración propia.

Para cada uno de los años dentro del costo total de producción, la materia prima es el rubro que abarca el mayor porcentaje, en comparación con los otros rubros, siendo alrededor del 86 % en promedio, para cada uno de los años.

2.7.3. Costos de administración y ventas

A continuación se describen los costos de administración y ventas para tener una estimación del valor anual de los salarios.

2.7.3.1. Costos de administración

De acuerdo a lo descrito en el organigrama, el proyecto contará con un administrador general, una secretaria asistente.

Tabla. LXV. **Costos mano de obra administrativa**

Descripción	Cantidad	Salario mensual (Q)	Salario anual (Q)
Administrador	1	8 000,00	96 000,00
Secretaria	1	2 500,00	30 000,00
Total			126 000,00

Fuente: elaboración propia.

El valor anual de Q 126 000,00 de los salarios del personal administrativo se le suma el 43,5 % de prestaciones, lo cual daría un total para el costo de mano de obra en cuanto al área administrativa de Q 180 810,00.

Además, la administración tendrá gastos mensuales en papelería y útiles de Q 500,00, pago de teléfono por un valor de Q 600,00, materiales de limpieza

de Q 250,00, manejo de desechos Q 150,00, lo que representaría un valor mensual de Q 1 500,00.

El presupuesto anual en lo que respecta al rubro de administración es de Q 248 522,00.

Tabla LXVI. **Costos administrativos**

Descripción	Gasto mensual (Q)	Gasto anual (Q)
Sueldos y Salarios	15 067,50	180 810,00
Otros	1 500,00	18 000,00
Depreciación		49 712,00
Total		248 522,00

Fuente: elaboración propia.

2.7.3.2. Costos de ventas

Los costos de ventas abarcan todos aquellos elementos en los cuales se ve desarrollada la fase final del proceso productivo en los que se genera un egreso a través de actividad de vender el producto.

Para ello se establece el costo en lo que respecta a la mano de obra que lleva a cabo la actividad de las ventas.

Tabla LXVII. **Costo mano de obra en ventas**

Descripción	Cantidad	Salario mensual (Q)	Salario anual (Q)
Vendedor	2	2 500,00	60 000,00
Total			60 000,00

Fuente: elaboración propia.

Habrá que mencionar que el sueldo total anual es de Q 86 100,00 debido a las prestaciones establecidas.

Además de los costos de sueldos del personal de ventas, existen otros elementos que se consideran para llevar a cabo la ejecución de las ventas. Siendo estos: la publicidad del producto, la depreciación del equipo para el traslado del producto, el mantenimiento y consumo de combustible del mismo.

En el caso del rubro de publicidad se asigna una cantidad de Q 1 500,00 mensuales, para el mantenimiento y uso del medio de transporte del material se establece Q 4 800,00 mensuales; por último se tiene la depreciación del equipo utilizado, que asciende a Q 52 500,00.

Tabla LXVIII. **Costos de ventas**

Descripción	Costo mensual (Q)	Costo anual (Q)
Vendedor	7 175,00	86 100,00
Mantenimiento	2 000,00	2 000,00
Combustible	2 800,00	33 600,00
Publicidad	1 500,00	18 000,00
Depreciación		52 500,00
Total		214 200,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla LXVIII se describió cada uno de los costos que se ven involucrados en las ventas, tanto de forma mensual como anual. Adicionalmente se puede observar que el costo más representativo para el caso de ventas, es el de los sueldos de los vendedores, el cual representa un 40,19 %.

2.7.4. Costo total de operación

Con el establecimiento de los costos para cada una de los rubros especificados anteriormente, tanto de producción, como de administración y de ventas, se integra el costo total de operación anual para el período considerado.

El resumen se presenta en la tabla LXIX de costos totales de operación, la cual especifica la cantidad para cada uno de los rubros establecidos en forma individual y colectiva. Según lo descrito, para el primer año los costos de producción representan un 88 %, mientras que los costos de administración y ventas el 6 % para cada uno, respectivamente.

Tabla LXIX. **Costos totales de operación**

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo de producción	3 384 576,77	3 732 984,79	5 566 238,96	6 121 297,79	6 821 312,88
Mano de obra indirecta	71 750,00	75 337,50	79 104,38	83 059,59	87 212,57
Mano de obra directa	146 183,45	153 492,62	161 167,25	169 225,62	177 686,90
Energía eléctrica	56 523,64	61 279,28	87 087,17	94 751,65	104 459,99
Depreciación	240 167,22	240 167,22	240 167,22	240 167,22	240 167,22
Mantenimiento	22 634,70	24 898 17	27 387,99	30 126,79	33 139,47
Materia Prima	2 847 317,76	3 177 810,00	4 971 324,96	5 503 966,92	6 178 646,74
Costo de administración	248 522,00	258 102,50	268 151,23	278,691,26	289 746,84
Mano de obra	180 810,00	189 850,50	199 343,03	209 310,18	219 775,69
Gastos de oficina	18 000,00	18 540,00	19 096,20	19 669,09	20 259,16
Depreciación	49 712,00	49 712,00	49 712,00	49 712,00	49 712,00
Costo de venta	218 783,04	227 400,00	238 776,09	248 547,14	258 992,50
Sueldos y salarios	86 100,00	90 405,00	94 925,25	99 671,51	104 655,09
Comisión	4 583,04	5 115,00	8 001,84	8 859,18	9 945,14
Mantenimiento	24 000,00	25 200,00	26 460,00	27 783,00	29 172,15
Combustible	33 600,00	35 280,00	37 044,00	38 896,20	40 841,01
Publicidad	18 000,00	18 900,00	19 845,00	20 837,25	21 879,11
Depreciación	52 500,00	52 500,00	52 500,00	52 500,00	52 500,00
TOTAL	3 851 881,81	4 218 487,29	6 073 166,28	6 648 536,19	7 370 052,23

Fuente: elaboración propia.

2.7.5. **Costos unitarios**

Es importante calcular el costo unitario del producto para establecer si el precio de venta proyectado generará utilidades en la operación del proyecto. Para calcular el costo unitario del producto se divide el valor del costo total de operación anual de la tabla LXX, entre la cantidad a producir del año respectivo.

Tabla LXX. **Costo total de operación, costo unitario y precio de venta**

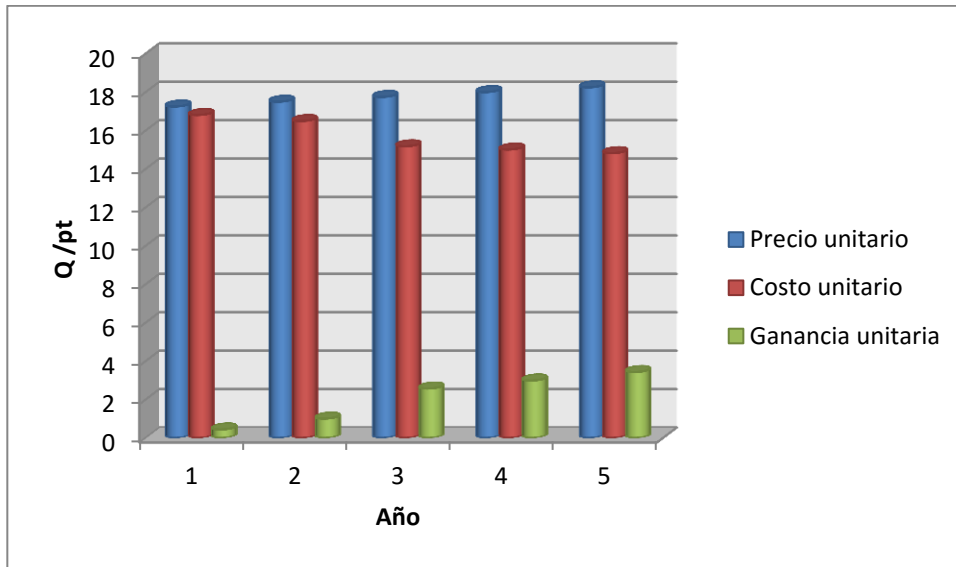
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Egresos					
Costos de Producción	3 384 576,77	3 732 984,79	5 566 238,96	6 121 297,79	6 821 312,88
Costo de administración	248 522,00	258 102,50	268 151,23	278 691,26	289 746,84
Costo de venta	218 783,04	227 400,00	238 776,09	248 547,14	258 992,50
Costo total	3 851 881,81	4 218 487,29	6 073 166,28	6 648 536,19	7 370 052,23
Ingresos					
Producción anual (pt)	229 152	255,750	400 092	442 959	497 257
Costo unitario	16,81	16,50	15,18	15,00	14,82
Precio de venta (Q/pt)	17,25	17,50	17 75	18	18,25
Ganancia (Q/pt)	0,44071266	1,005426031	2,570575574	2,990628501	3,428591214

Fuente: elaboración propia.

La tabla LXX muestra el comportamiento para cada uno de los años respectivos, se puede observar que el costo unitario presenta un comportamiento descendente en cada uno de los años después del primer año, esto debido al efecto que genera la depreciación de los equipos al mantenerse de forma constante a lo largo de los años, y teniendo un aumento en la capacidad productiva cada año respecto a la capacidad instalada, lo que provoca una disminución en el costo de maquinaria ociosa.

A continuación se muestra de forma gráfica, el patrón del comportamiento del precio de venta unitario, costo unitario y la ganancia unitaria esperada, para cada uno de los años establecidos. La figura 30 muestra que la ganancia unitaria presenta un aumento a partir del segundo año hasta la finalización del quinto, esto debido a que el costo unitario disminuye de igual forma. Esto permite asumir que existe una relación directamente proporcional entre el costo unitario y la ganancia unitaria, respecto al volumen productivo.

Figura 30. **Comportamiento anual del precio, costo y ganancia unitaria**



Fuente: elaboración propia.

2.7.6. Análisis de ingresos

Partiendo del precio establecido en el análisis de mercado, el cual ubica que los competidores presentan un precio de venta de Q 18,00/pt, y de acuerdo al análisis de costo de producción unitario se establece que para el primer año es de Q 16,81/pt, esto genera un margen de diferencia, que permite que se establezca para el primer año un precio de venta Q 17,00/pt, un precio por debajo del que se encuentra actualmente, en un 5,56 %.

Tabla LXXI. **Presupuesto de ingresos**

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Venta anual (pt)	229 152	255 750	400 092	442 959	497 257
Precio de venta (Q/pt)	17,25	17,50	17,75	18,00	18,25
Ingreso anual (Q)	3 952 872,00	4 475 625,00	7 101 633,00	7 973 262,00	9 0749 43,90

Fuente: elaboración propia.

2.7.7. Estados financieros proyectados

A continuación se describen los estados financieros proyectados para verificar la rentabilidad del proyecto.

2.7.7.1. Capital de trabajo

El capital de trabajo es la inversión adicional líquida que debe aportarse para que la empresa empiece a fabricar el producto. Para el cálculo del capital de trabajo se considera una cantidad necesaria, para cubrir 30 días de operación, y con ello garantizar la operación inicial del proyecto.

$$\text{Capital} = 30 \text{ días} \times \frac{3\,509\,502,60}{240 \text{ días}} = 438\,687,82$$

Con la información generada tanto del presupuesto de ingresos, los presupuestos de producción administración y ventas, el monto de inversiones en activos tangibles, se construye el flujo de fondos del proyecto para los cinco años de operación establecidos.

De acuerdo con la Ley de Actualización Tributaria 10-2012 del Congreso de la República el impuesto sobre la renta a aplicar es del 25 %.

La tabla LXXII muestra el comportamiento del estado del resultado para cada uno de los años, del periodo establecido. En este se muestra que existe una ganancia, por el desarrollo de la actividad, aunque habrá que mencionar que en este, no se contempla el financiamiento, lo cual hace que no se tengan gastos financieros por pago de intereses, aunque; si se considerara eventualmente existirían cambios en lo que respecta al resultado obtenido.

Tabla LXXII. Estado de resultado del proyecto

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Ventas	3 952 872,00	4 475 625,00	7 101 633,00	7 973 262,00	9 074 943,90
Costos	3 851 881,81	4 218 487,29	6 073 166,28	6 648 536,19	7 370 052,23
Producción	3 384 576,77	3 732 984,79	5 566 238 96	6 121 297,79	6 821 312,88
Administración	248 522,00	258 102,50	268 151,23	278 691,26	289 746,84
Ventas	218 783,04	227 400,00	238 776 09	248 547,14	258 992,50
Ganancias antes ISR	100 990,19	257 137,71	1 028 466,72	1 324 725,81	1 704 891,67
ISR (25 %)	31306,95811	79712,6893	318824, 684	410665,001	528516,417
Ganancia neta	69 683,23	177 425,02	709 642,04	914 060,81	1 176 375,25

Fuente: elaboración propia.

Según el flujo de caja el comportamiento para cada uno de los años es positivo al igual que lo mostrado en el estado de resultados. En el año cero se consideran las inversiones y el capital necesario para llevar a cabo el

establecimiento y ejecución del proyecto por un periodo funcional. Para el resto de los años se suma la ganancia neta por el valor de las depreciaciones. En el año quinto se adiciona el valor de salvamento a la ganancia neta y las depreciaciones.

En la tabla LXXIII se resaltan los valores de los flujos futuros que podrían esperarse, para cada uno de los años establecidos, lo cual permite establecer un marco de referencia para el establecimiento de evaluación y que resume cada uno de los puntos descritos anteriormente.

Tabla LXXIII. **Flujo de fondos del proyecto**

	0	1	2	3	4	5
+ Ingresos		3 952 872	4 475 625	7 101 633	7 973 262	9 074 944
- Costos de operación		3 509 503	3 876 108	5 730 787	6 306 157	7 027 673
- Depreciación		342 379	342 379	342 379	342 379	342 379
Antes de impuesto		100 990	257 138	1 028 467	1 324 726	1 704 892
- Impuestos		31 307	79 713	318 825	410 665	528 516
Ganancia neta		69 683	177 425	709 642	914 061	1 176 375
+ Depreciación		342 379	342 379	342 379	342 379	342 379
+ Valor de salvamento						1 811 176
- Costos de inversión	3 523 072					
-/+ Capital de trabajo	438 688					438 688
FLUJO DE CAJA	-3 961 760	412 062	519 804	1 052 021	1 256 440	3 768 618

Fuente: elaboración propia.

2.7.8. Evaluación financiera

Referente a la evaluación financiera, se hace una descripción de la tasa mínima aceptable de rendimiento.

2.7.8.1. Tasa mínima aceptable de rendimiento

La TMAR toma en cuenta que la inversión tenga un rendimiento que haga crecer el dinero más allá de haber compensado los efectos de la inflación. La TMAR se calculó de la siguiente forma:

$$TMAR = i + f + if$$

Considerando una tasa inflacionaria promedio de 3,44 % proyectada para los últimos años, y un premio al riesgo de un 11 %.

$$TMAR = 3,44 \% + 11 \% + 0,3784 \% = 14,81\% \cong 15 \%$$

De lo anterior se tiene que la tasa mínima aceptable de rendimiento, se consideraría en un 15 %.

2.7.8.2. Indicadores financieros

A continuación se hace descripción de los indicadores financieros utilizados para este proyecto.

2.7.8.2.1. Valor actual neto

Para el cálculo del valor actual neto se toman los resultados obtenidos en el flujo de fondos de la tabla LXXIII, siendo estos:

- Inversión inicial: Q 3 961 760,00 valor que contiene el monto de las inversiones y capital de trabajo.
- Flujo neto efectivo año 1: Q 412 062,00

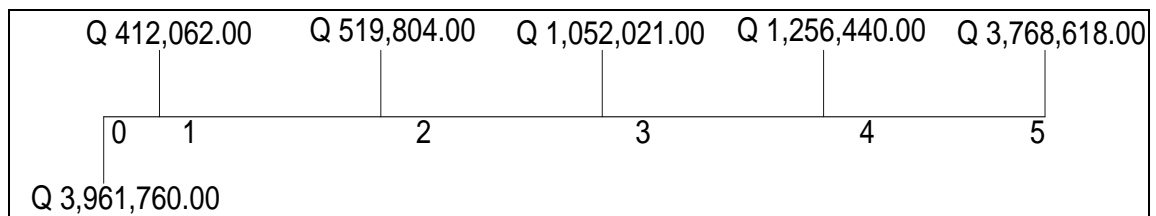
- Flujo neto efectivo año 2: Q 519 804,00
- Flujo neto efectivo año 3: Q 1 052 021,00
- Flujo neto efectivo año 4: Q 1 256 440,00
- Flujo neto efectivo año 5: Q 3 768 618,00

Partiendo que la TMAR considerada es de 15 % y con ello realizar la evaluación del valor actual neto, de acuerdo a los flujos presentados para cada uno de los años, además de considerar la inversión inicial. Se obtiene que el valor actual neto (VAN) positivo representando un valor de Q 73 365,96. Con ello se deduce que el proyecto generaría una ganancia en el tiempo.

2.7.8.2.2. Tasa interna de retorno

Para llevar a cabo el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), se considera la planeación de los flujos para cada uno de los años establecidos, de los cuales se espera una tasa que proporcione un VAN igual o mayor a cero.

Figura 31. Diagrama de flujos del proyecto



Fuente: elaboración propia.

Basado en los flujos demostrados en el diagrama de la figura 31, se logra establecer que la tasa interna de retorno es de 16 %. Lo cual demuestra que los

valores de VAN y TIR calculados para el flujo de fondos del proyecto indican que el proyecto es financieramente rentable.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA MEJORAR LA CAPACIDAD CALÓRICA DE LOS *CHIPS* DE MADERA EMPLEADOS EN EL ÁREA DE COGENERACIÓN A TRAVÉS DEL PROCESO DE PELLETIZACIÓN

3.1. Antecedentes del uso de los residuos forestales

Por sus características en cuanto a rendimientos, la industria forestal es generadora de una alta cantidad de residuos que provienen tanto del aserrado y remanufactura de la madera, como así también de las podas y raleos de los bosques.

Los residuos son generalmente utilizados como materia prima para la industria de la celulosa y la de tableros, para la generación de energía y para otros usos como cama de ganado, compost, entre otros. Los complejos foresto industriales más competitivos son aquellos que aprovechan integralmente todos sus recursos utilizándolos con diferentes fines, entre ellos, madera aserrada, tableros, celulosa, energía y usos no maderables.

En un mundo industrializado, donde se busca, permanentemente, optimizar al máximo la producción y no desperdiciar materiales que puedan traducirse en pérdidas, cuando se aprovechan, o en ingresos valiosos cuando bien se administran, los chips de madera se han convertido en una poción rentable en cuanto al aprovechamiento de los recursos, se refiere.

El cuidado del medio ambiente fue lo que incitó a las industrias madereras a utilizar las chipadoras como equipos eficaces para el reciclaje, sin embargo, la gran demanda de chips de madera como material base para la creación de nuevos productos impulsó a la industria forestal, y a los aserraderos, a ver también en los chips un negocio rentable.

La cantidad de aplicaciones y usos que se le pueden dar a los chips o astillas de madera es muy diversa. En el mundo entero, estos pequeños trozos son altamente apreciados porque con ellos se pueden fabricar cientos de productos comerciales. Los *chips* de madera tienen múltiples aplicaciones, algunas de ellas se exponen a continuación:

- Cubresuelos: se utilizan especialmente para cubrir suelos o áreas descubiertas en aquellos lugares de tránsito sombríos, donde no crece la grama.
- Fabricación de pulpa de celulosa: es el material más común para fabricar papel y se obtiene de la mezcla de chips de madera y productos químicos.
- Elaboración de biomasa: combustible a partir de la quema de chips de madera.
- Fabricación de *pellets*: es un tipo de combustible granulado de forma alargada a base de aserrín.
- Elaboración de tableros aglomerados

3.2. Conversión de *chip* de madera a *pellets*

Los residuos biomásicos de origen forestal se pueden utilizar para usos energéticos, produciendo una gama diversa de productos tales como: biogás, carbón vegetal, leña, chips, *pellets* y briquetas. La búsqueda de recursos energéticos que reemplacen al petróleo es objeto de grandes inversiones en el mundo desarrollado.

Las leñas y las astillas conservan las propiedades principales de la madera que, básicamente, son: resistencia, dureza, rigidez y densidad. La densidad suele indicar las propiedades mecánicas puesto que cuanto más gruesa y más densa es una leña, más tarda en arder. La madera tiene alta resistencia a la compresión, baja resistencia a la tracción y moderada resistencia al cizallado.

La densificación de la madera es un proceso de compresión o compactación de la biomasa residual (aserrines, virutas, astillas y leñas), que permite aumentar su densidad y modificar sus propiedades físicoquímicas para, de esta manera, obtener un combustible de características más eficientes y de fácil almacenamiento.

Los productos obtenidos de la densificación de residuos son principalmente dos: los *pellets* y las briquetas, las características energéticas que posee cada uno de estos productos densificados no difieren en consideración.

La pelletización es un proceso de compactación de material lignocelulósico de determinadas condiciones (granulometría y humedad menor del 12 %) para obtener cilindros de diámetro entre 7 y 22 mm y de longitud

entre 2,2 cm a 7,0 cm. La compactación facilita la manipulación, disminuye los costos de transporte y aumenta su valor energético por unidad de volumen. Cabe destacar que si la manipulación y el transporte fueran problemas menores, sería conveniente utilizar directamente los residuos o leña triturada, evitando el costo de transformación.

Los productos densificados presentan la ventaja de poseer mayor poder calorífico que la leña tradicional, encienden más rápido, no sueltan humos ni olores, lo anterior debido al proceso empleado, en el cual se elimina la porosidad del material y el contenido de humedad es menor que los materiales tradicionales.

Es importante señalar que el poder calorífico está en función del material de procedencia. Suponiendo que es madera y corteza sin aditivos, su poder calorífico será el de la madera de la que proviene. Si el *pellet* incluye restos de materiales de procesos productivos, el poder calorífico puede verse afectado por la presencia de los mismos, y también darán lugar a un mayor porcentaje de cenizas en la combustión.

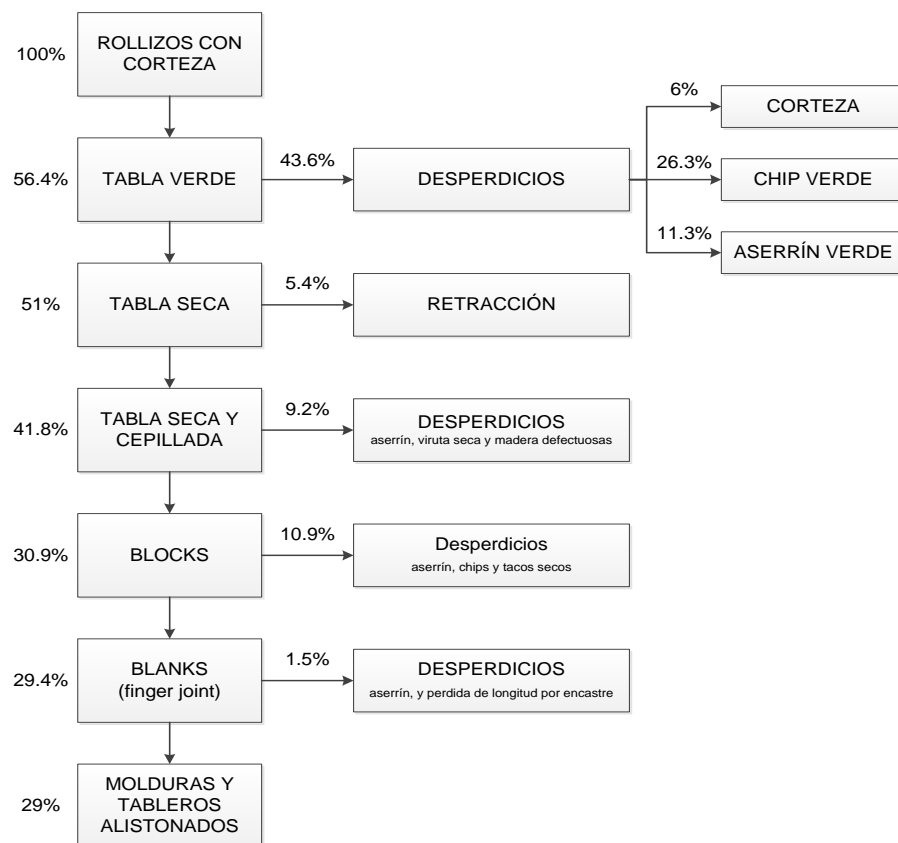
Las características físicoquímicas del *pellet* lo convierten en un producto que genera riesgos bajos. Al igual que cualquier otra fuente de energía, su manejo, uso e incluso sus residuos (mala combustión), también presentan situaciones de riesgo, en caso de no ser manejados con las debidas consideraciones.

La fabricación de *pellets* de madera es una de las alternativas que ha sido promovida en países desarrollados, principalmente de la zona euro. En Europa, los *pellets* se usan como insumo para las plantas térmicas de electricidad en

cogeneración junto al carbón y para calefacción doméstica mediante estufas de doble combustión.

En el caso de América Latina, algunos países han logrado establecer este sistema de aprovechamiento a escala industrial, por mencionar a Costa Rica, Chile y Argentina.

Figura 32. **Rendimiento en metros cúbicos del aserrado y remanufacturas (pino)**



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Argentina), 2007.

Uno de los objetivos de los materiales densificados es el de aprovechar los residuos del sector forestal industrial, la figura 32 permite mostrar de forma cronológica la generación de los residuos a través del proceso y la representación porcentual, aunque es importante señalar que lo anterior no es algo generalizado, ya que dependerá de varios factores (proceso, especie, etc.).

A efectos prácticos se usan los siguientes valores medios para combustibles de madera.

Tabla LXXIV. **Valores promedio de combustibles de madera**

Material	Poder calórico (kWh/kg)	Humedad (%)
Madera totalmente seca	5,14	0
<i>Pellets</i>	4,6	10
Troncos	4,0	20
Astillas	3,4	30

Fuente: *Manual de combustibles de madera.*

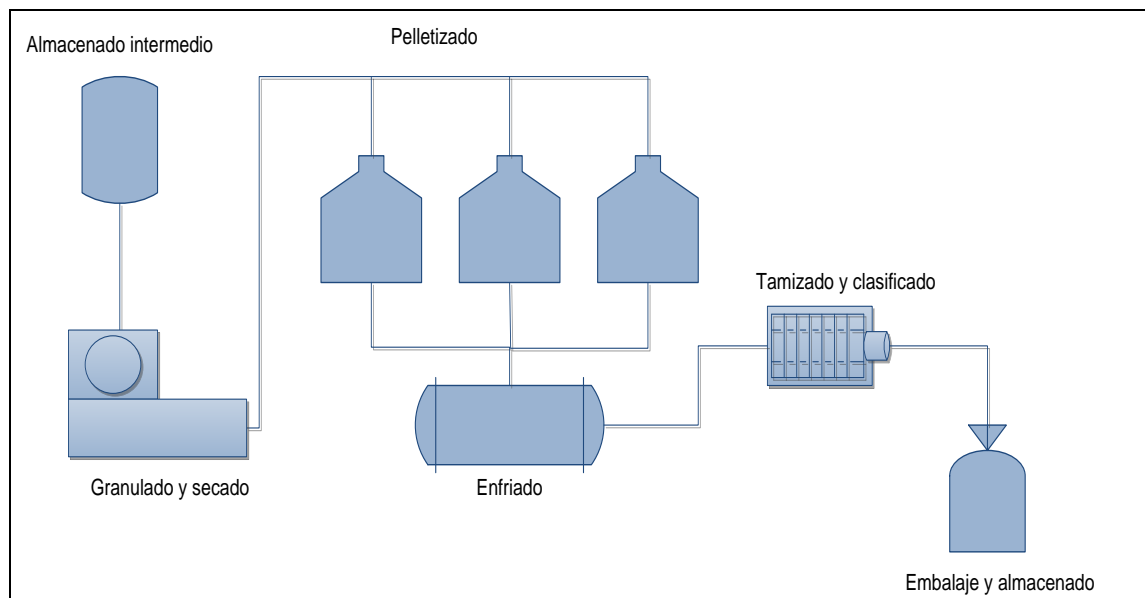
www.biomassstradecentre2.eu/scripts/download.php?file=/data/pdf. [Consulta: junio de 2013].

La temperatura de combustión es superior en los *pellets* que en las astillas. Con las leñas la comparación depende del tipo de leña, normalmente la temperatura de inflamabilidad es ligeramente superior en *pellets*. El motivo de este aumento de temperatura es que la composición química de la superficie lateral de *pellet* es distinta de la madera, ya que en el proceso de peletizado esta superficie se calienta y la madera sufre una combustión incompleta, formándose una fina película carbonosa que ennegrece a esta superficie y en la que el coeficiente de conductividad térmica es inferior al de la madera.

El tiempo de inflamabilidad de *pellets* es ligeramente superior al de las leñas. Las leñas presentan temperaturas y tiempos de inflamabilidad muy variables, pues dependen de la existencia o no de corteza, el tipo de corteza, el porcentaje de corteza, la disposición de la leña respecto al tiro del hogar y la superficie específica de la leña. Los biocombustibles forestales que más pronto se inflaman suelen ser las astillas y el carbón vegetal.

Al ser el *pellet* un material más denso que la madera, y por tener menos contenido de aire en su interior, su coeficiente de transmisión térmica es mayor que el de aquella. La alta densidad y el bajo valor de este coeficiente provocan que los *pellets* ardan más despacio que la madera y permanezcan más tiempo, lo cual puede ser ventajoso en el caso se desee una combustión lenta.

Figura 33. **Proceso básico de producción de *pellets***



Fuente: elaboración propia, empleando información del Technical Research Centre of Finland, 2002.

3.2.1. Descripción del proceso de elaboración de *pellets*

El proceso de fabricación de *pellets* sigue el esquema descrito en la figura 26, el cual consta de una serie de pasos ordenados que permiten obtener un producto, el cual presenta el aprovechamiento energético de biomásas residuales, con el fin de mejorar la calidad, a través de un uso eficiente de los residuos forestales.

- Almacenamiento de materia prima: consiste en el ingreso y recepción de la materia prima, la cual es clasificada según el tipo y es ubicada en sitios de acopio o en silos, además se elimina todo agente distinto a la madera.
- Triturado y molido: esta operación es imprescindible cuando se pretende utilizar el material en aplicaciones energéticas, tanto en aplicaciones directas (astillas) como para fabricación de elementos densificados.

En el caso de la producción de densificados es necesario realizar, además del triturado, un molido para conseguir una mayor homogeneidad y una granulometría adecuada.

- Secado: para llevar a cabo un peletizado exitoso, la materia prima debe presentar contenidos de humedad en un rango de 8– 15 %. El proceso de secado puede ser de forma natural o mediante secado forzado.
- Proceso de pelletizado: el fundamento operativo del peletizado se basa en un proceso de compactación de madera lignocelulósico, es decir; los residuos de madera ubicados sobre una matriz metálica dotada de orificios estandarizados del mismo calibre son compactados por una serie de rodillos a presión constante y de forma continua, es así que se logra la densificación.

- Enfriamiento: al salir el *pellet* de la prensa peletizadora, las altas temperaturas que adopta lo hacen frágil y propenso a la formación de hongos, es por eso que es muy importante incorporar equipos que bajen de forma consistente la temperatura del producto.
- Almacenaje: posterior al proceso de enfriamiento, el *pellet* frío pasa a ser tamizado con sistema vibrado para separar el polvo que pudo haber escapado del proceso de peletizado, el cual es devuelto como materia prima al proceso de producción. Los *pellets* son transportados a un silo para su almacenamiento (granel), y finalmente pueden ser envasados.

3.2.2. Propiedades del *pellet*

- Diámetro: 6,05 – 6,39 mm
- Largo: 5,59 – 6,39 mm
- Poder calorífico: 19,23 MJ/kg o 5,34 kwh
- Contenido de ceniza: < 0,4 %
- Densidad: 1,33 kg/dm³
- Humedad: < 10 %
- Azufre: 0,03
- Nitrógeno: 0,23 %

3.3. Establecimiento de la conversión de *chips* de madera a *pellets*

Con el fin de aprovechar los residuos forestales generados a lo largo del ciclo productivo de las plantaciones, principalmente al momento de realizar las intervenciones silvícolas, establecidas como parte del manejo forestal, se caracterizaron los materiales obtenidos para una primera intervención.

Según lo determinado en algunas unidades de muestreo para un primer raleo, se obtiene principalmente leña, producto caracterizado para la generación de energía, el cual representó un 65 % del volumen extraído.

Tabla LXXV. **Distribución porcentual para una primera intervención silvicultural en plantación de teca**

Descripción	Porcentaje
Postes	0,27
Leña	0,65
Trozas	0,08

Fuente: elaboración propia.

La consideración de la adición de un proceso de transformación en un recurso, que se limita a su uso sin mayor valor agregado en nuestro medio, y que a nivel industrial se desarrolla hasta la fase de astillado. Proveyendo de una fuente de energía, a través del uso de la biomasa.

El objetivo de adicionar un proceso de transformación en un material como la leña o las astillas de madera, recae en las ventajas y características que se generarían, además del valor comercial que podría alcanzar, siempre y cuando se desarrolle dentro de un marco de sostenibilidad y viabilidad tanto económica como ambiental.

Teniendo que, si bien la leña resulta ser más barata que el *pellet*, las diferencias terminan compensándose debido a que el *pellet* se comporta como un combustible líquido y limpio, con las ventajas de un mayor poder calorífico (4 600 Kcal contra 3 000 Kcal) menor volumen y mejor manipulación, menor

requerimiento de mano de obra y trozado y menor costo de transporte en relación a la leña (INTI, 2012).

Teniendo que las astillas son una forma de aprovechamiento de la leña, en las áreas de cogeneración, por parte de algunos sectores de producción energética nacional. Es importante resaltar que este material presenta la ventaja en cuanto a la reducción de la relación volumen/peso, pero es de considerar que su capacidad calórica es menor, como se mencionó anteriormente.

Las plantaciones son una fuente de biomasa a lo largo del ciclo productivo, aunque especialmente cuando se llevan a cabo las intervenciones que conforman el manejo silvícola. Del volumen extraído en cada intervención se obtendrá una cantidad significativa de material de uso casi exclusivo para la generación de energía debido a sus características, principalmente en las primeras intervenciones silvícolas.

Por lo anterior, empleando el dato obtenido en la tabla LXXIV, se plantea el aprovechamiento de la leña más allá de uso para la generación de energía en su forma más simple como es el caso de las astillas o chips de madera, en un recurso con valor agregado como lo son los *pellets*.

Teniendo como base los datos generados en las áreas de muestreos evaluados, en las cuales se contempla los datos pertinentes al momento de una primera intervención. Tomando en cuenta la información establecida en la tabla XXXIV, en la cual se describe la planeación de volúmenes y áreas disponibles según las fases en la que se desarrollen los próximos raleos.

Partiendo que se esperaría para una primera intervención un área disponible de 342 Ha, con un volumen de raleo de 7 m³/Ha, lo que resultaría en un volumen base de 2394 m³.

Además de las consideraciones anteriores, según lo establecido en la tabla LXXIV, se esperaría que, del volumen total extraído para una primera intervención, se tuviera que el 68 % fuera para uso en biomasa. Lo que resultaría en un volumen 1627,92 m³ respecto de los 2394 m³ planteado inicialmente.

Con el fin de ajustar el volumen planteado, se multiplicó el volumen obtenido de 1627,92 m³ por un coeficiente de apilado de 0,66, obteniendo que el volumen estimado es de 1074,43 m³.

Para obtener el peso esperado se multiplicó el volumen 1074,43 m³ por la densidad de la especie, la cual es de 580 kg/ m³, como secuencia se tendría un peso de 623 167,78 kg.

Tabla LXXVI. **Resumen de la estimación de peso para conversión de leña a *pellets***

Descripción	Estimadores	Dimensión
Volumen inicial	7,00	m ³ /Ha
Factor rendimiento	0,68	-
Volumen leña	4,76	m ³ /Ha
Coeficiente apilado	0,66	-
Volumen 2°	3,14	m ³ /Ha
Área	342,00	Ha
Volumen 3°	1 074,43	m ³
Densidad teca	580,00	kg/m ³
Peso	623 167,78	kg

Fuente: elaboración propia.

Tomando en consideración lo establecido anteriormente, se evalúa la capacidad productiva, en cuanto a los requerimientos técnicos para el establecimiento de una planta de producción de *pellets* de madera.

Se estima que la cantidad de materia prima necesaria para una producción mínima de 83,22 Kg/día, es de alrededor de 270,45 Kg/día, considerando un 60 % de humedad, según el periodo de planeación del programa forestal, basado en lo estimado para las próximas intervenciones silvícolas que se desarrollen a las plantaciones y a las cuales se les practique el primer raleo.

Tabla LXXVII. **Capacidad establecida para producción de *pellets***

meses/año	12,00
días/mes	26,00
horas/día	8,00
Tiempo de planeación	7 488,00
Producción Kg/hora	83,22

Fuente: elaboración propia.

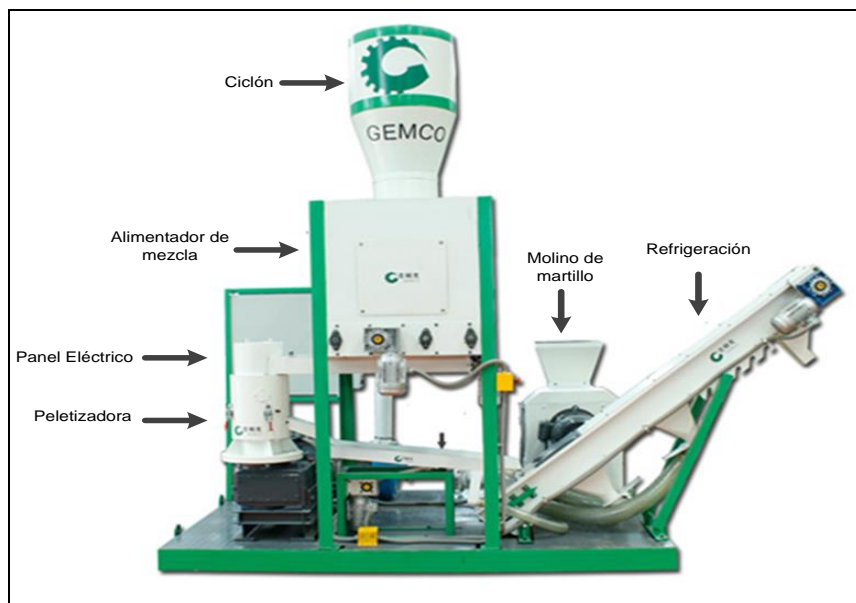
De lo anterior se considera un autoconsumo del 30 % lo que representa una producción de 108,18 Kg, frente a los 83,22 Kg planificados.

3.3.1. Descripción del equipo propuesto para la producción de *pellets*

Para llevar a cabo la producción de *pellets* se considera una planta peletizadora de pequeña escala, con una capacidad de producción de entre 200-300 kg/h, la cual cubre la capacidad estimada anteriormente.

La planta mantiene el principio básico de producción de *pellets*, descrito en el figura 34, su equipo consta de un pulverizador, un separador de ciclón, un silo alimentador, una peletizadora, una criba vibratoria, un colector de polvo tipo bolsa, un marco de cimentación y un armario eléctrico.

Figura 34. **Planta propuesta para la producción de *pellet***



Fuente: GEMCO ENERGY, 2013.

Las especificaciones técnicas de la planta se resumen a continuación:

- Modelo: MPL 300
- Capacidad: 200–300 kg/h
- Diámetro de *pellet*: 6–12 mm
- Potencia: 42,25 Kw
- Dimensiones: 3 500 x 1 960 x 3 500 mm

Las características de los componentes de la planta, según la sección y función que corresponden se describen en la tabla LXXVIII.

Tabla LXXVIII. **Características de los dispositivos de la planta peletizadora**

No.	Dispositivo	Característica
I. Sistema de triturado		
1	Molino de martillo	Consta de cuchillas ajustables y es adecuado para tritura madera, el tamaño del material triturado puede alcanzar 3-5 mm
2	Unidad de transporte	Traslada la materia triturada al depósito para su mezcla y almacenamiento. Conecta con un filtro vibratorio y un transporte de cangilones mediante tubos blandos para enfriar los <i>pellets</i> , y acumular polvo
II. Mezcla, almacenamiento y transporte de materiales		
3	Tanque de almacenamiento y mezcla	De 1 m ³ de volumen, carcasa de acero, cuenta con portillas para su supervisión y cuatro mezcladores de paletas, el nivel superior de material es de 800 mm desde la parte inferior.
4	Transportador sin fin	El puerto de salida de la materia mezclada, se utiliza para introducir la materia mezclada en la peletizadora.
III. Sección de peletizado		
5	Peletizadora	Produce 0,4 toneladas de <i>pellets</i> por hora, el sistema añadido de aguas se conecta y vale para ajustar el grado de humedad del material mezclado. Los <i>pellets</i> son de entre 6 y 8 mm de diámetro.
6	Depósito de agua	El depósito tiene capacidad para 100 L de agua, la bomba tiene capacidad de 5 L por minuto, mientras que la presión de descarga del agua es de 8,5 Kg.
IV. Sección de tamizado y transporte de <i>pellets</i>		
7	Tamiz vibratorio	3,5 x 3,5 mm de red con una potencia de 0,37 KW. Una tubería blanda de 45 mm de diámetro se conecta para recoger el polvo.
8	Transportador de rasquetas	Se acciona por cadena y el tamaño de la rasqueta es de 145 mm. Presenta cinco articulaciones de posicionamiento al final del transportador, dos tuberías blandas de diámetro de 100 mm se conectan para enfriar los <i>pellets</i> .

Fuente: GEMCO ENERGY, 2013.

3.3.2. Inversión y costos para la producción de *pellets*

Con la determinación de la maquinaria requerida para llevar a cabo la producción de *pellets*, se estableció la inversión que involucra el desarrollo de la

actividad. Además del costo que de la producción, partiendo de las consideraciones siguientes: maquinaria, el montaje de la misma, el terreno para su ubicación, la obra civil, materiales, mano obra, entre otros.

Tabla LXXIX. **Inversión prevista para la producción de *pellets***

Inversión	
Maquinaria (planta)	201 017,6
Montaje y puesta en marcha	20 101,76
Subtotal maquinaria	221 119,36
Otros	
Terreno	25 000,00
Obra civil	65 000,00
Subtotal otros	90 000,00
Total inversión	311 119,36
Imprevistos 10 %	31 111,94
Total	342 231,30

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la capacidad establecida, se determina el recurso necesario, en cuanto a suministros, que permitan el funcionamiento, tanto de las operaciones como de la maquinaria.

Tabla LXXX. **Costos para producción de *pellets***

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Período	Subtotal/día
Mano de obra	2	9,37	8	149,94
Energía eléctrica	45,25	1,76	8	637,12
Sacos	44	0,25	-	11
			Total	798,06

Fuente: elaboración propia.

Partiendo de lo anterior descrito, se deduce que el costo de producción por kilogramos de *pellet* que se produzca es de Q 0,3990, teniendo en cuenta una producción diaria de 2 000 kg.

3.3.3. Discusión y análisis de la propuesta

Con la obtención del costo de producción por kilogramo de *pellet*, y considerando la información recabada, se da la siguiente interpretación, respecto a la producción de *pellets* versus su uso convencional en forma de chips, ambas como fuentes para la generación de energía.p

En lo que respecta a la producción de *pellets*, si se contempla que por cada kilogramo se obtendría alrededor de 4,6 kilowatios hora, y mientras que con el uso de astillas se obtendría alrededor de 3,6 kilowatios hora, lo cual representa que con los *pellets* se logra un aumento en más del 25 % de la capacidad calórica, teniendo un costo de Q 0,087 por kilowatios hora. Y si se compara con un hidrocarburo muy empleado en la industria, como lo es el bunker, se puede esperar que el costo por kilowatios hora sea de alrededor Q 0,53. Según datos del Ministerio de Energía y Minas del país, se tiene que el precio de la energía proveído por la red nacional ha presentado un crecimiento en los últimos diez años, manteniendo un promedio de Q 1,76 por kilowatios hora.

Por lo anterior, en términos generales, la producción de *pellets* representa un mejor rendimiento de energía comparado con los derivados del petróleo y las otras fuentes de biomasa, teniendo repercusiones al mejorar la relación precio/energía. Considerando que los productos derivados del petróleo presentan una inestabilidad en los precios, y más aún una tendencia al alza en

los últimos años, lo cual repercute en aumentos considerables en el precio de la energía.

4. FASE DE DOCENCIA. PROPUESTA DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO FORESTAL DE LA EMPRESA AGROPECUARIA SANTA ELISA

4.1. Diagnóstico para la identificación de necesidades de capacitación

Las empresas buscan ser productivas y competitivas a través de la capacitación que proporcionan a su personal para que adquiera los conocimientos, competencias y habilidades necesarios para desempeñarse satisfactoriamente en su puesto de trabajo.

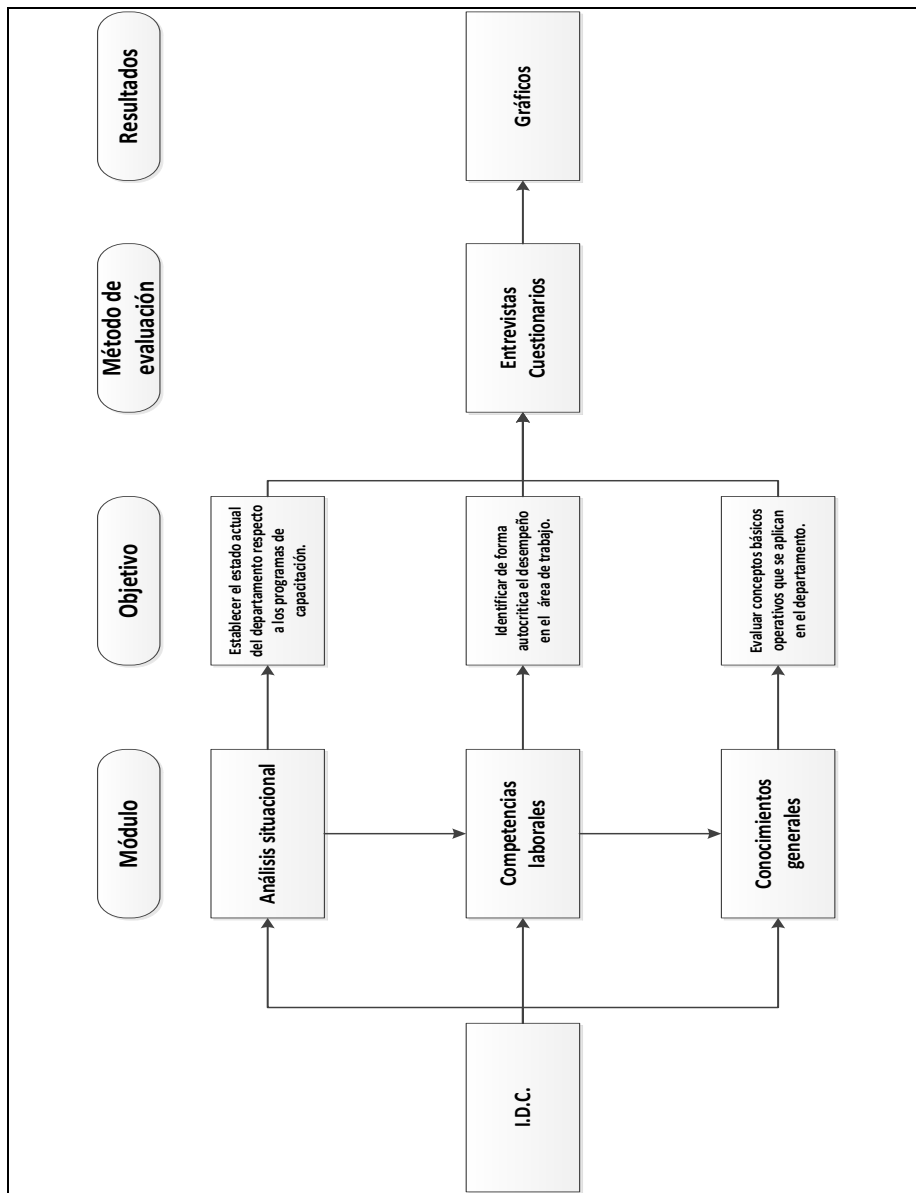
Un plan de capacitaciones es el instrumento que sirve para explicitar los propósitos formales e informales de la capacitación y las condiciones administrativas en las que se desarrollará. Este debe responder a las necesidades de los trabajadores y a las demandas organizacionales. Para la identificación de las necesidades de capacitación (IDC) se estableció una evaluación, la cual se dividió en tres módulos, que consistieron en:

- Análisis situacional
- Análisis competencias laborales
- Análisis conocimiento generales

El establecimiento de estas áreas de evaluación tiene como objetivo identificar de forma integral las aptitudes y actitudes del personal operativo-administrativo involucrado en el proceso que se lleva a cabo en el departamento

forestal de la empresa, y con ello lograr establecer un programa de capacitación de acuerdo a los resultados obtenidos.



Figura 35. **Procedimiento para la identificación de necesidades de capacitación**



Fuente: elaboración propia.

Con el establecimiento del procedimiento para la identificación de necesidades de capacitación, se procedió a elaborar una boleta para llevar a cabo el diagnóstico y con ello evaluar cada uno de los módulos considerados.

Tabla LXXXI. **Identificación de necesidades de capacitación**

  <p>DOCUMENTO ADMINISTRATIVO</p>	DEPARTAMENTO FORESTAL DF-SG-V1			
	Diagnóstico de Identificación de Necesidades de capacitación			
Estado de situación: Actual	Fecha:			
Elaborado por:	Revisado por:			

Introducción: el siguiente cuestionario es parte del análisis operativo que se estará realizando al personal del Departamento Forestal. Tiene como objetivo obtener información directa con el propósito de identificar la temática de capacitación al personal y con ello implementar el programa.

MÓDULO I: INFORMACIÓN GENERAL

Sexo: M ____ F ____ Edad: _____ Puesto que desempeña: _____
 Tiempo de laborar en la empresa: _____ Puesto anterior al actual: _____

MÓDULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL

Instrucción: lea con cuidado cada una de las preguntas y responda, marcando con una "X" sobre el cuadro.

¿Al momento de su ingreso recibió inducción respecto a su puesto de trabajo?

Sí No

¿En el último año ha recibido alguna charla, adiestramiento o capacitación respecto al puesto que desempeña?

Sí No

¿Ha presentando algún problema en el puesto que desempeña?

Sí No

Describalo _____

¿Qué tan frecuente ha sido? _____

Continuación de la tabla LXXXI.

¿Los conocimientos que posee le dan seguridad de lo que realiza?

Sí No

¿Considera usted la necesidad de capacitación en su área de trabajo?

Sí No

MÓDULO II: COMPETENCIAS

Instrucción: seleccione dentro la escala el valor que se asemeje al desempeño dentro del área de trabajo.

ESCALA

1. Falta de dominio
2. Puedo mejorar
3. Estoy apto en esta área

Parámetro	1	2	3
Trabajo en equipo			
Iniciativa y proactividad			
Mejoramiento de la gestión			
Comunicación			
Control de sus actividades			
Coordinación			
Planificación, organización			
Orientación a resultados			
Evaluación de la gestión			

MÓDULO III: CONOCIMIENTO GENERAL

Instrucción: Conteste estas preguntas subrayando la respuesta correcta.

- Es una técnica que consiste en eliminar los arboles torcidos, bifucardos, suprimidos.
 - a. Corte
 - b. Alce
 - c. Raleo
 - d. Aplicación
- Es organizar, mandar, coordinar y controlar.
 - a. Jugar
 - b. Observar
 - c. Manipular
 - d. Administrar

Continuación de la tabla LXXXI.

- Consiste en dirigir a un grupo de personas para alcanzar una meta.
 - a. Líder
 - b. Ingeniero
 - c. Supervisor
 - d. Comandante

- Es el método de eliminar las ramas del árbol con el fin de obtener madera de mejor calidad y con ello evitar la formación de nudos.
 - a. Raleo
 - b. Poda
 - c. Desramar
 - d. deshojar

Fuente: elaboración propia.

4.2. Resultados obtenidos del diagnóstico

Para el módulo de análisis situacional, de acuerdo a las preguntas establecidas en el formato de evaluación, se logró establecer que las personas conocen las funciones de su puesto de trabajo, los resultados expresan que en el último año han recibido alguna capacitación.

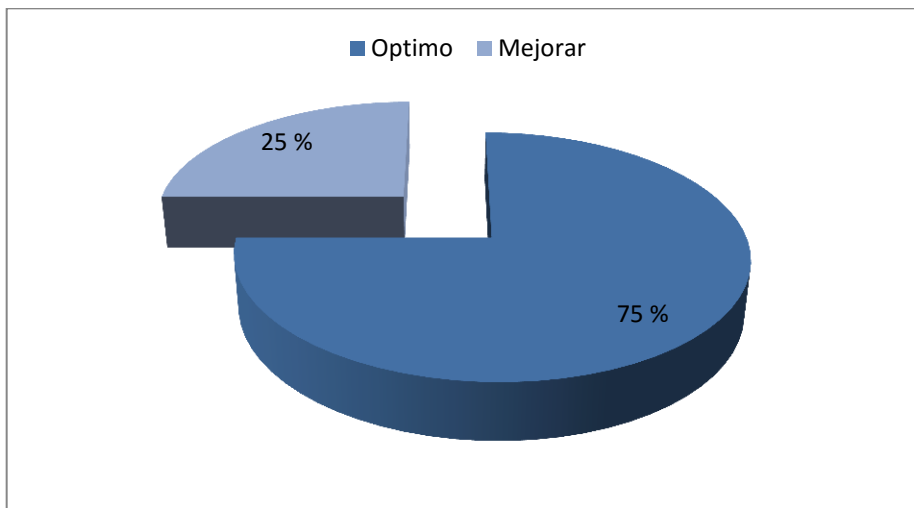
Con base en la evaluación realizada, se logra establecer para cada una de los módulos que se establecieron, el total evaluado del personal operativo-administrativo considera tener las actitudes necesarias de acuerdo a las competencias que se describieron.

En el caso del módulo de conocimientos generales de los evaluados, el 75 % obtuvo una nota satisfactoria de acuerdo a los puntos considerados en la

evaluación, el restante 25 % obtuvo un resultado por debajo de la nota mínima establecida.

Lo que se puede traducir en dos puntos: que el 75 % se encuentra en un rango óptimo y el restante 25 % debe mejorar, esto con base a los resultados de los tres módulos evaluados.

Figura 36. **Distribución de aceptación de las notas con base en los resultados obtenidos en la evaluación**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Plan de capacitación

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación realizada para la identificación de las necesidades de capacitación dentro del personal operativo-administrativo del Departamento Forestal, se estableció el plan de capacitaciones, con una programación trimestral.

De acuerdo a lo identificado, los temas se seccionaron según la temática y objetivos a alcanzar con el plan de capacitaciones, siguiendo una programación trimestral, dentro del periodo de un año (apéndice 08). Considerando una evaluación al finalizar el ciclo, la cual permita una retroalimentación, de la situación actual *versus* la finalización del plan de capacitaciones.

Tabla LXXXII. **Plan de capacitación propuesto**

Tema	Objetivos	Descripción	Período y fecha
Manejo integral de plantaciones forestales	Ampliar los conocimientos teóricos y prácticos respecto al establecimiento y desarrollo de plantaciones forestales.	Generar los conocimientos necesarios que permitan aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales a través de la identificación, intervención y aplicación de las técnicas de manejo silvícola.	1er. trimestre 01/02/14-05/02/14 2do. trimestre 01/04/14-05/04/14 3er. trimestre 01/07/14-05/07/14
Seguridad industrial en el apeo, transporte y transformación de la madera	Establecer los parámetros mínimos de seguridad en cada una de las aéreas de trabajo que se deben llevar a cabo a través de las distintas fases del proceso productivo forestal industrial.	Desarrollar a través de metodologías de evaluación, el nivel de riesgos y peligros, en cada de las fases productivas y así garantizar la seguridad del personal operativo.	1er. trimestre 01/02/14-05/02/14 2do. trimestre 01/04/14-05/04/14 3er. trimestre 01/07/14-05/07/14
Evaluación del crecimiento de las plantaciones forestales	Identificar los aspectos dasométricos, dendrométricos para evaluar el desarrollo de las plantaciones.	Describir las metodologías que permiten generar la información necesaria, y así considerar las intervenciones silvícolas necesarias para el manejo adecuado de las plantaciones acorde a la información que se genere.	2do. trimestre 01/04/14-05/02/14 4to. trimestre 01/10/14-05/10/14
Liderazgo, motivación y comunicación	Generar las herramientas que permitan que los involucrados logren desarrollar capacidades para la gestión del recurso humano a su cargo.	Contemplar las metodologías que permiten el buen desarrollo de las actividades colectivas dentro de un grupo de trabajo	2do. trimestre 01/04/14-05/02/14 4to. trimestre 01/10/14-05/10/14
Gestión de la administración y planeación	Brindar conocimientos básicos para la buena gestión de los recursos.	Establecer las herramientas administrativas a través de metodologías básicas del PHVA.	4to. trimestre 01/10/14-05/02/14
Relaciones humanas	Permitir las relaciones interpersonales entre los grupos de trabajo.	Impartir todos aquellos principios que permiten establecer una buena relación generando así un clima laboral estable.	2do. trimestre 01/04/14-05/02/14 4to. trimestre 01/10/14-05/10/14
Valoración comercial de plantaciones forestales	Generar los aspectos técnicos que permitan la valoración económica de las plantaciones.	Proveer una herramienta practica y con criterios que permita orientar y tomar decisiones en el momento de compra/venta de madera.	4to. trimestre 01/10/14-05/02/14

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Las plantaciones de teca en la Empresa Agropecuaria Santa Elisa presentan un tasa promedio de crecimiento de 11,64 m³/ha-año, un porcentaje de duramen de alrededor del 36 %, y un coeficiente de forma de 0,54.
2. La madera de teca, principalmente la proveniente de plantaciones en fases de raleo, presenta oportunidades en los segmentos de mercado de las manufacturas y los muebles, teniendo como mercado potencial los muebles de exterior y los *decks*.
3. La opción más adecuada para el procesamiento de las trozas de diámetros menores se encuentra en el sistema de cortes múltiples con el reaserrado de piezas.
4. No existe restricción legal alguna para el aprovechamiento e industrialización de los recursos forestales según las leyes y reglamentos que rigen la actividad forestal en Guatemala, posterior al haber realizado los trámites y registros ante las instituciones correspondientes.
5. Para ejecutar el proyecto se requieren Q 3 403 913,68 para la inversión en activos fijos y diferidos y Q 438 687,82 para capital de trabajo que cubran los gastos de los primeros 30 días de operación de la empresa.

6. El aprovechamiento de la trozas de diámetro menores de teca para madera aserrada, presenta una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) del 15 % y un valor actual neto (VAN) de Q 73 365,96, por lo que puede determinarse que es financieramente rentable.

7. Los *pellets* parecen ser una alternativa para mejorar la capacidad calórica de los residuos forestales; actualmente empleados en forma de astillas, debido a que presentan un aumento del 25 % del poder calórico respecto a su uso en forma de astillas y un costo por kilowatios hora de Q 0,087 muy similar al costo de las astillas.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con las mediciones de crecimiento establecidas en las plantaciones con la especie teca, a través de las parcelas permanentes de muestreo (PPM's), con el fin de establecer modelos de crecimiento que permitan efectuar proyecciones futuras de volúmenes.
2. Evaluar de manera independiente los mercados potenciales en los que puede participar la madera de teca proveniente de plantaciones, específicamente la generada en los raleos; para así lograr determinar, el segmento que mejor se ajuste al proyecto.
3. Considerar los sistemas tradicionales para el proceso de aserrío de trozas con diámetros menores, solo en el caso de tener volúmenes de pequeña escala o relativamente bajos, debido a que estos demandan una baja velocidad de avance.
4. Mantener las actualizaciones correspondientes, frente a los cambios que generen las instituciones regentes del sector forestal guatemalteco en las leyes, reglamentos y normativos; para no incidir en multas o sanciones al proyecto.
5. Analizar en el estudio de factibilidad los costos de las inversiones, principalmente en los equipos de producción, debido a la magnitud que representan.

6. Evaluar, a detalle, los costos de producción, ya que estos representan alrededor del 80 % de los costos totales para cada uno de los años considerados dentro del periodo de evaluación.
7. Continuar con el estudio de factibilidad del proyecto, dado que el estudio previo, concluye que el proyecto es rentable con valor actual neto positivo y tasa interna de rendimiento mayor al costo del capital.
8. Analizar, de manera independiente, la producción de *pellets* a través de un estudio de prefactibilidad y posteriormente el de factibilidad, para determinar la rentabilidad de su producción.
9. Realizar una evaluación al finalizar el plan de capacitaciones, y posteriormente establecer evaluaciones periódicas por intervalos de cada seis meses, para garantizar su efectividad y continuidad.
10. Se debe establecer un plan de capacitaciones, ya que el 25 % del personal evaluado debe mejorar sus competencias laborales, según el diagnóstico realizado a través de la IDC.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 2006. 392 p.
2. BETANCUR SALGADO, Carlos A.; HERRERA B., Jhon Fredy; MEJÍA MESA, Luis Carlos. *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado de la teca (Tectona grandis L.f.) De puerto Libertador (Córdoba)*. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Colombia. 2000, No.1, vol. 53. 1210 p.
3. CASTRO, Fernando; RAIGOSA, Jaime. *Crecimiento y propiedades físicas de la madera de teca (Tectona grandis L. F.) de 17 años en San Joaquín de Abangares*. [en línea]. <www.mag.go.cr/rev_agr/v24n02_007.pdf>. [Consulta: marzo de 2013].
4. CHIAVENATO, Idalberto. *Introducción a la teoría general de la administración*. 7a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2006. 559 p.
5. *Crecimiento y propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (Tectona Grandis) de 17 años de edad en San Joaquín de Abangares, Costa Rica*. Agronomía Costarricense. 2000, No. 2, vol. 24. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 1977. 324 p.

6. DE LA CRUZ S., jr. 1982. *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a 1982 nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal. 24 p.
7. *Distribución en planta*. Centros europeos de empresas innovadoras de la comunidad valenciana. 2008, N° 19. España: Centros Europeos de Empresas Innovadoras. 110 p.
8. *Efecto del espaciamiento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo del fuste*. Madera y bosques. 2003, No. 2, vol. 9. México: Instituto de Ecología, A.C, 1995. 314 p.
9. ENCINAS, Osvaldo; CONTRERAS, Wilver. *El uso de la teca (Tectona grandis L.f.) preservada con sales CCA en las tecnologías constructivas alternativas del pueblo venezolano*. Revista Forestal Venezolana. Venezuela, 1998. 210 p.
10. ESPINOZA, Guillermo. *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Centro de Estudios para el Desarrollo de Chile. 2001. Chile: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 310 p.
11. *Evaluación económica de proyectos de inversión*. FIRA. 2011, N° 253, vol. XXVI, 8a época. México: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, Boletín de Educación Financiera, 1993 136 p.
12. FÚQUENSE RETAMOSO, Carlos. *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2007. 111 p.

13. GALLARDO, Juan. *Preparación y evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill, 1998. 250 p.
14. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
15. GÓMEZ, Paula; MOYA, Roger. *Comportamiento y costos de secado al aire y preservación por inmersión-difusión de madera de *Tectona grandis* L.f. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand de plantaciones de rápido crecimiento en el norte de Costa Rica*. Revista Forestal Mesoamericana KURÚ. Costa Rica, 2008. 78 p.
16. Guatemala. Ley Forestal 101/96; del 31 de octubre, Organismo Legislativo, Congreso de La Republica de Guatemala. Diario Oficial, 2 de diciembre de 1996. 36 p.
17. *Guía metodológica de proyectos de inversión a nivel de factibilidad*. CIAGROS. 2007. Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 120 p.
18. *Manejo de plantaciones de la teca para productos sólidos*. Sociedad Internacional de Forestales Tropicales. 2009, Informe especial. Bethesda, Maryland, Estados Unidos, 1993. 86 p.
19. MOYA ROQUE, Royer. *Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico*. [en línea]. <<http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/370>>. [Consulta: abril de 2013].

20. MOYA ROQUE, Royer, et all. *Tecnología de la madera de plantaciones forestales*. [en línea]. <<http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/383>>. [Consulta: abril de 2013].
21. MURALLES REYES, Samuel Manolo. *Caracterización química de la madera de la especie teca (Tectona Grandis)*. Trabajo de graduación de Ing. Química., Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2008. 142 p.
22. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. 9a ed. Colombia: Alfa Omega, 2000. 880 p.
23. OTAROLA ACEVEDO, Erasmo. *Productividad y cuantificación económica de los productos provenientes de raleos en plantaciones forestales de eucalyptus, pinus, cupressus en Turrialba Costa Rica*. Tesis de maestría. Escuela de Postgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 1996. 122 p.
24. *Producción de acacia, eucalipto y teca*. Fundación de Desarrollo Agropecuario, INC. 1996. Santo Domingo, República Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario, Serie Recursos Naturales, 1987. 310 p.
25. RIVERO, Jaime; MOYA, Roger. *Propiedades físico-mecánicas de la madera de tectona grandis Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba, Bolivia*. Revista Forestal Mesoamericana KURÚ. Costa Rica. 2006. 98 p.

26. SAPAG CHAIN, Nassir; SAPAG CHAIN, Reinaldo. *Preparación y evaluación de proyectos*. 4a ed. México: MCGraw-Hill Interamericana, 2003. 439 p.
27. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 8a ed. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 178 p.
28. VAIDES LÓPEZ, Edwin Estuardo. *Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*tectona grandis* L.f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala*. Tesis de maestría. Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 2004. 95 p.
29. VALERO, Styles W.; REYES C., Elio C.; GARAY J., Darío A. *Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la especie tectona grandis, de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la unidad experimental de la reserva forestal tipocor, Estado Barinas*. Revista Forestal Venezolana. Venezuela, 2005. 110 p.
30. VILLATORO, BRAULIO. et al. *Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar. 2006, 14 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Plantación de *tectona Grandis Linn. F.***



Fuente: plantación Santa Elisa.

Apéndice 2. **Parámetros de clasificación y calidad empleados en muestreo**

Aspecto	Tipo	Descripción
Forma	1	Recto
	2	Semisinuoso
	3	Sinuoso
Daños	A	Daño mecánico
	B	Ataque de insectos, hongo etc.
	C	Presencia nudos

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Resultados de muestreo en las unidades experimentales (PPM's), en una plantación de 9 años**

Año	Altura (m)	Diámetro (cm)	Área basal (m²/Ha)	Volumen (m³/Ha)	I.M.A. Volumen	I.M.A. Altura	I.M.A. Diámetro
1,62	5,13	5,58	2,59	6,17	3,81	3,17	3,45
3,2	8,4	9,82	7,32	29,02	9,07	2,62	3,07
4,22	10,22	12,45	11,45	54,4	12,89	2,42	2,95
5,24	11,84	13,83	13,69	74,85	14,28	2,26	2,64
6,24	13,5	15,77	14,05	86,6	13,88	2,16	2,53
9,67	17,55	19,67	18,83	154,07	15,93	1,81	2,03

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Resultado de muestreo realizado a PPM's en una plantación de tectona *Grandis L. F.* 9 años de edad**

Parámetro	Valor
Promedio	154,07
Desviación standard	21,87
Coeficiente de variación (%)	14,20
Error standard de la media muestral (Sx)	8,26
Error muestreo absoluto (EMA)	20,23
Error de muestreo relativo (Em%)	13,13
L.C.I.	133,83
L.C.S.	174,30

Fuente: elaboración propia.

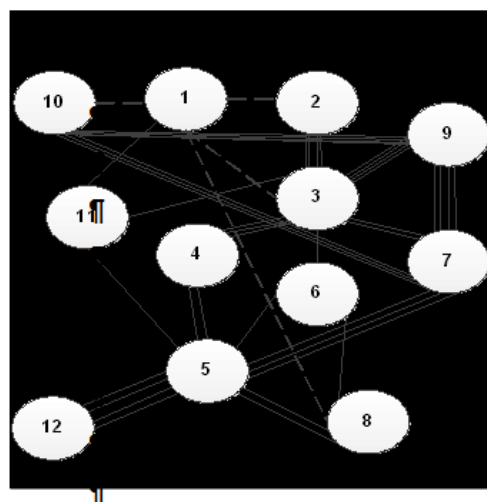
Apéndice 5. **Distribución de las áreas por fase de raleo**

Unidad	Área (Ha)		
	1er. raleo	2do. raleo	3er. raleo
VZ210	-	46,8	41,99
SP351	-	-	80,14
LF369	-	138,24	56,68
GN510	131,26	-	-
SM412	210,41	-	-
TOTAL	341,67	185,04	178,81

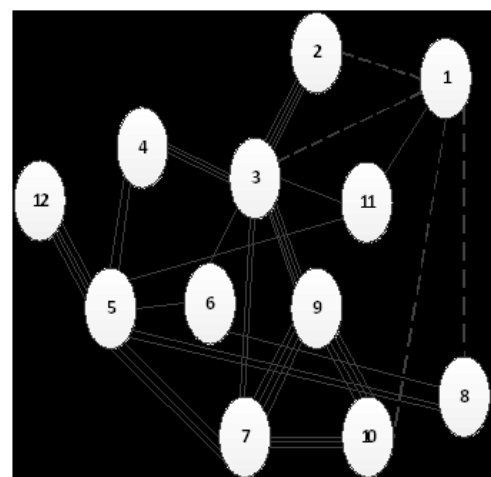
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Iteraciones realizadas para la obtención del diagrama de hilos**

A.



B.



Fuente: elaboración propia.

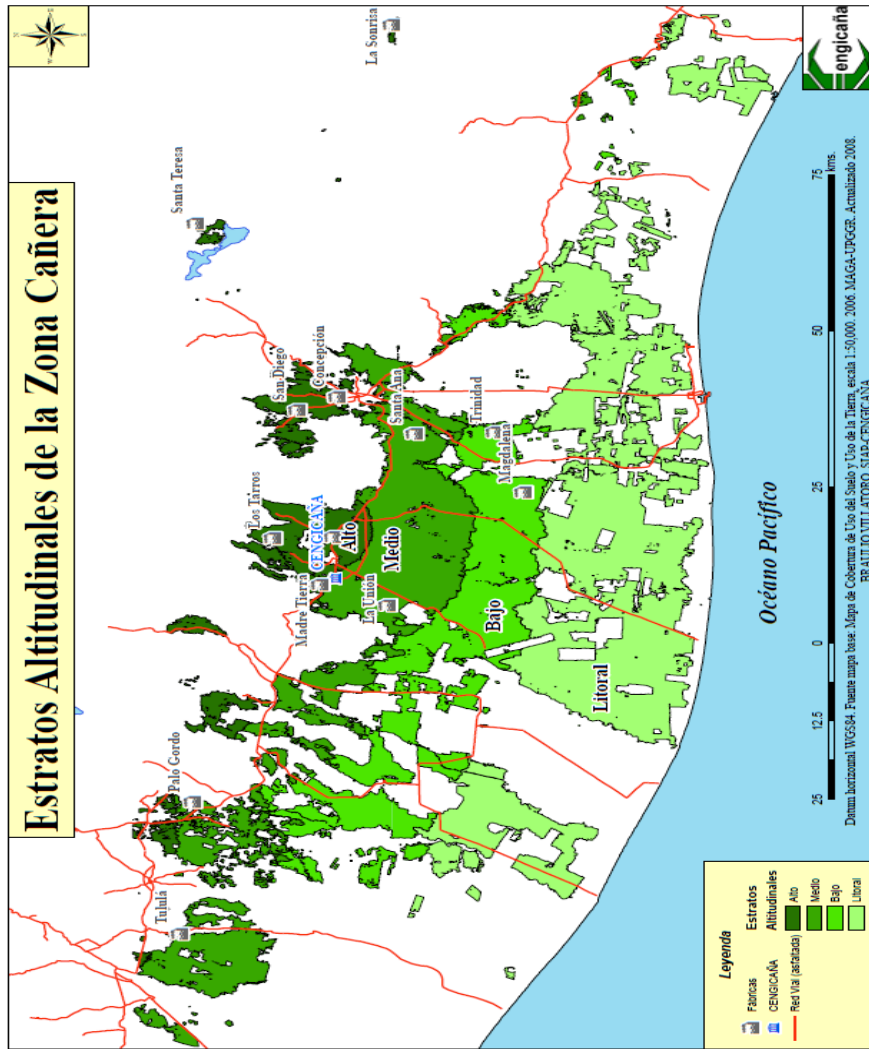
Apéndice 7. Clasificación de proximidad entre departamentos

AREAS/DEPARTAMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Oficinas Administrativas	-	X(1)	X(5)	U	U	U	U	X(5)	U	X(5)	O(3)	U
2 Patio de trozas		-	A(1)	U	U	U	U	U	U	U	U	U
3 Área de proceso de aserrado			-	E(4)	U	O(1)	I(1)	U	A(1)	U	O(3)	U
4 Sala de afilado				-	I(1)	U	U	U	U	U	U	U
5 Área proceso de segunda transformación					-	O(1)	E(1)	I(1)	U	U	O(3)	A(1)
6 bodega de materiales						-	U	O(1)	U	U	U	U
7 Bodega madera aserrada y secada							-	U	A(1)	E(1)	U	U
8 Área de acabados								-	U	U	U	U
9 Área de secado									-	A(1)	U	U
10 Área de preservación										-	U	U
11 Servicios generales											-	U
12 Producto terminado												-

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Estratos altitudinales de la zona cañera



Fuente: CENGICAÑA, 2008.

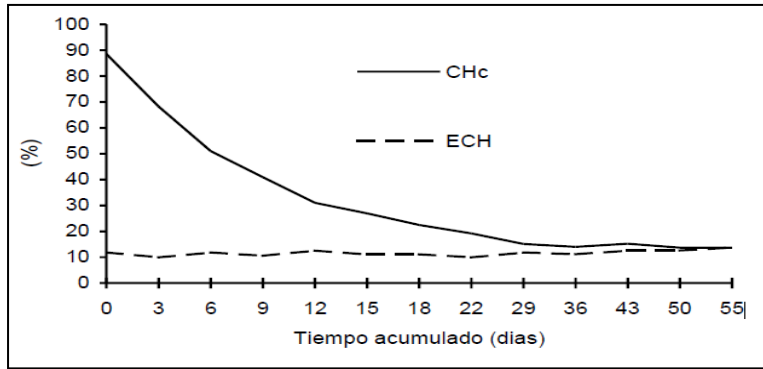
Anexo 2. **Estación meteorológica bouganvilia**

Año	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
2002	27,27	76,12	576,10
2003	27,29	69,76	1719,10
2004	27,61	68,83	257,80
2005	27,42	72,34	1468,60
2006	27,39	73,53	1643,40
2007	26,59	75,57	1507,60
2008	26,93	76,11	1950,50
2009	26,82	76,24	1371,80
2010	26,61	77,89	2460,60
2011	26,25	79,91	2014,40
2012	26,49	78,02	1740,60
Promedio:	26,97	74,94	1519,14
Mínimo:	26,25	68,83	257,80
Máximo:	27,61	79,91	2460,60

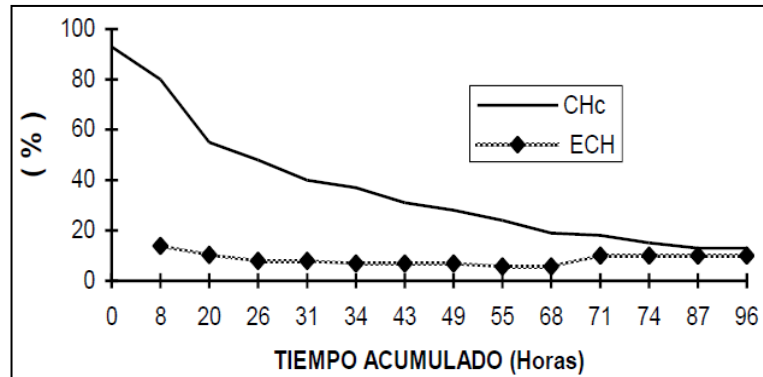
Fuente: Sistema de Información Meteorológica, CENGICAÑA.

Anexo 3. Comportamiento de secado en la especie teca

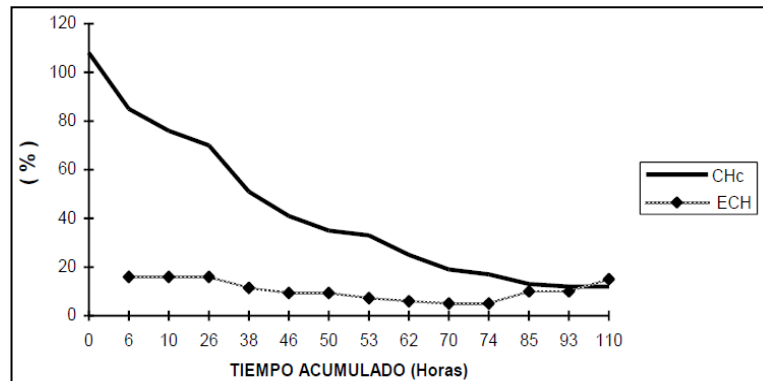
a. Secado al aire libre



b. Velocidad de secado con programa severo

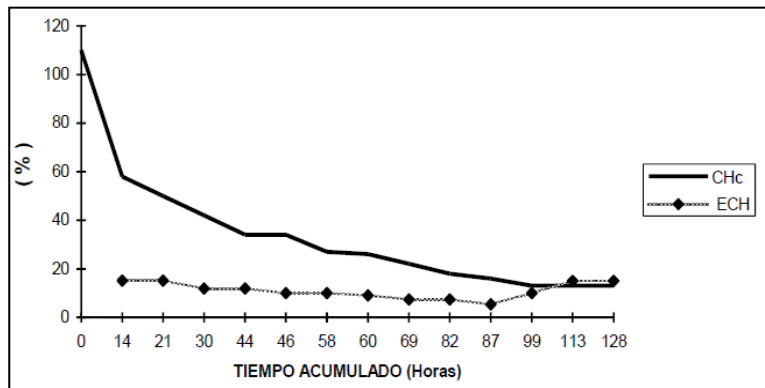


c. Velocidad de secado con programa moderado.



Continuación del anexo 3.

d. Velocidad de secado con programa suave



Fuente: Salgado *et al*, 2000.

Anexo 4. Boleta de registro para industrias forestales en el INAB

Instituto Nacional de Bosques

Form. RNF - IF

REGISTRO DE INDUSTRIAS FORESTALES

INSCRIPCIÓN
ACTUALIZACIÓN
Año
Comité F

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente; c) Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; d) Fotocopia del carné del NIT; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

INDICACIONES: Debe llenar **COMPLETAMENTE** el formulario. La industria debe iniciar operaciones para ser inscrita. Calidad de la información es responsabilidad del sector forestal. No se aceptan formularios incompletos.

A DATOS GENERALES

1. Nombre comercial (completo) _____ (tal como está en la patente)

2. Registro Mercantil No. _____ / _____ / _____ NIT de la empresa _____

3. Objeto de la empresa _____ (tal como está en la patente)

4. Nombre del Propietario de la empresa _____

5. Nombre del Representante legal _____

6. Ubicación de la planta _____ Municipio _____

Departamento _____ Teléfono _____ P.O. _____

7. OTRO REGISTRO FORESTAL. DEPOSITO No. _____ EXPORTADOR No. _____ OTRO _____

Dirección para notificaciones _____

B ESTADÍSTICA

8. Tipo de industria por su naturaleza: RUCUNANCA MSA CAMPESINA

9. MADERA DURA utilizada en el proceso de producción. Indique el tipo de producto y la cantidad en metros cúbicos mensuales.

TIPO DE PRODUCTO	metros cúbicos COMESTIBLES	metros cúbicos LACTICIFEROS	TIPO DE PRODUCTO	metros cúbicos COMESTIBLES	metros cúbicos LACTIFEROS
resaca en el río/charco					
resaca serrada					

10. Tipo de industria por la naturaleza de transformación de materia prima y producción mensual en metros cúbicos.

PRODUCTO	metros cúbicos	PRODUCTO	metros cúbicos	PRODUCTO	metros cúbicos
resaca y papel		resaca/corte/madera		leño	
madera terciada		resaca/corte/resaca		otro producto	
chapa		madera			
carpetas/placa oscura		madera			
trampas		madera de fibra			
carina		resaca/corte, etc			
resaca		resaca para serrado			
madera de partición		resaca		resaca p.p.	

11. No. horas de trabajo al día _____ No. días trabajados año _____ No. Personal Administrativo _____ No. Personal Operativo _____ otros _____

12. Descripción del equipo/máquina y equipo. En los espacios de la columna de descripción el equipo se debe describir con que se está utilizando.

MÁQUINA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MÁQUINA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MÁQUINA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MÁQUINA Y/O EQUIPO	CANTIDAD
otro equipo		motocultores		carretillas			
placa de corte		sierras					
desmenuadoras		trapeadoras					
sierras		sierras					

13. Nombre del representante de la empresa _____
 Calidad con que actúa _____

14. Firma _____ Fecha ____/____/____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Fuente: INAB 2013.

Anexo 5. **Boleta de registro para depósitos de productos forestales y centros de acopio**



Instituto Nacional de Bosques

7ª Avenida
6-80 Zona 13
Ciudad de
Guatemala, C.A.
e-mail:
mf@inab.gob.gt

Form. RNF - DP

REGISTRO PARA DEPOSITOS DE PRODUCTOS FORESTALES Y CENTROS DE ACOPIO

INSCRIPCION
 ACTUALIZACION No. desregistro _____ Comalativo DP _____

NACION USA Y OTRAS CORRESPONDIA SERVICIO PARA PRODUCTO NACIONAL

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente, c) Cuando sea procedente fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; d) Fotocopia del carné del NIT; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

OBSERVACION: Cuando se trate de centros de acopio, se deberá corroborar si existe la casa matriz ya sea industria o depósito, para lo cual se deberá presentar la constancia de inscripción.

A. DATOS GENERALES

1. Nombre comercial _____ Número de NIT _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE DE COMERCIO)

2. Nombre del Representante
 Propietario _____ Legal _____

3. Lugar para recibir notificaciones _____

4. Registro Mercantil No. _____ Récibo _____ Libro _____

5. Dirección de la planta _____ Tel _____
 Alcaldía _____ Municipio _____ Depto- _____ Región _____

6. Otro registro forestal: Industria Forestal _____ Registro No. _____ Otro _____

B. ESTADÍSTICA

7. Personal administrativo _____ Puestos operativos _____ otros _____

8. Volumen promedio mensual de transacción por producto:

Producto	Volumen (m ³)	Producto	Volumen (m ³)
Madera en tronca			
Madera en bloque			
Madera aserrada			
Carbón			
Lepa			
Lepa rajada			
Lepa molida			

(Los productos que indique con dato aparecerán en el objeto de la constancia)

9. Servicios que presta: _____

10. Firma del Propietario/Rep. legal _____ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Fuente: INAB 2013.