

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ASERRIO EN MADERA DE CORTAS
DIMENSIONES EN EL PACÍFICO SECO, COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

Magister Scientiae

por

RODOLFO QUIROS HERRERA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

1990

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

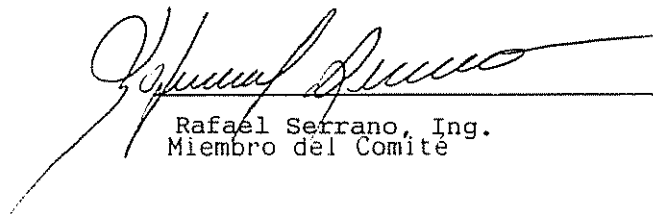
COMITE ASESOR:



Thomas McKenzie, M. Sc.
Profesor Consejero



Carlos Reiche, M. Sc.
Miembro del Comité



Rafael Serrano, Ing.
Miembro del Comité

Miembro del Comité

Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Rodolfo Quirós Herrera
Candidato

RESUMEN

QUIROS H., R. 1990. Optimización del proceso de aserrio en madera de cortas dimensiones en el Pacífico Seco, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C. R., CATIE. 131 p.

Palabras claves: Aserrio, Aprovechamiento, Programación lineal, madera de cortas dimensiones, Costa Rica.

Este estudio analiza el problema del bajo factor de recuperación de madera aserrada en trozas de pequeñas dimensiones, producidas en raleos y corta final en plantaciones. Se siguió, en general, los pasos que conforman un estudio de factibilidad para un proyecto productivo.

El trabajo se concentró en la zona de Hojancha, Guanacaste, y prestó especial interés a la especie *Gmelina arborea*. Para estimar la producción de madera rolliza se elaboró un modelo de crecimiento y una función de conicidad, a partir de datos procedentes de un análisis fustal, ambos instrumentos aplicables a la zona en estudio.

Se comparó el factor de recuperación de madera aserrada (FRM) y productividad de cuatro variantes de aserradero: estacionario de banda, estacionario circular, móvil de banda y móvil circular. A través de un modelo de programación lineal se eligió el más eficiente tanto física como financieramente.

Se concluye que el aserradero móvil circular es el que mejor se ajusta para procesar de manera rentable trozas de pequeño diámetro.

SUMMARY

QUIROS H., R. 1990. Small dimension logs process optimization in the dry pacific, C.R. M.Sc. thesis, Turrialba, C. R., CATIE. 131 p.

Key words: Sawmill, Aserrio, wood harvest, lineal programming, small dimension logs, Costa Rica

This study analyzes the problem of the low sawnwood recuperation factor in small dimensions logs coming from thinnings and final cuts of plantations. In general, the steps that conform a feasibility study for a productive project were followed.

The work draws attention to the Hojancha zone in Guanacaste and pays special attention to the species *Gmelina arborea*. To estimate the round wood production a growth model was elaborated and combined with a taper function. All the data come from a stem analysis; applicable to the study zone.

The sawnwood recuperation factor and the productivity of a stationary band, a stationary circular, and circular and band sawmills were compared. The system with the most physical and financial efficiency was selected through the use of a lineal programming model.

It is concluded that the mobile circular sawmill is the system that is better for processing small diameter *gmelina* logs.

BIOGRAFIA

El autor nació en Puriscal, Costa Rica, el 11 de agosto de 1962. Cursó estudios primarios en la Escuela Cerbatana y educación secundaria en el Liceo Académico de Puriscal. En 1980 ingresó a la Universidad Nacional, Heredia. En la Escuela de Ciencias Ambientales obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Forestales en 1984 y el de Ingeniero Forestal, grado académico de Licenciado, en 1988. Ese mismo año ingresó al programa de estudios de posgrado del CATIE, en la especialidad de Economía y Manejo Forestal.

Profesionalmente se ha desempeñado en la empresa privada y con la Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece las sugerencias y colaboración prestada por los miembros del comité asesor. A Rafael Serrano, don Carlos Reiche y don Thomás Mackenzie un sincero reconocimiento.

La investigación pudo efectuarse gracias al apoyo ofrecido por el personal del CENTRO AGRICOLA CANTONAL DE HOJANCHA, de la FINCA FORESTAL del CATIE, del Departamento de INGENIERIA EN MADERAS DEL ITCR y por el Departamento de industrias de la Dirección General Forestal. Se resalta la ayuda proporcionada por el forestal ausente Allen Fernández.

A Yemel Mayo Ortega y María Luisa Falck, excelentes amigos, gracias.

CONTENIDO

i - Introducción	vii
ii - Objetivos	viii
iii - Problema en estudio	viii
iv - Hipótesis	ix
v - Metodología	x
CAPITULO I - DIAGNOSTICO GENERAL DE LA INDUSTRIA DE ASERRIO	01
1.1 - Tamaño	02
1.2 - Tipo de equipo	04
1.3 - Tasa de utilización	05
1.4 - Importancia para el estudio	08
1.5 - Aserrío en la zona del estudio	08
1.6 - Conclusiones	12
CAPITULO II - CRECIMIENTO PRODUCCION Y COSTOS DEL CULTIVO DE MELINA EN HOJANCHA	13
2.1 - Estimación del crecimiento de la melina	13
2.1.1 - Modelo de crecimiento	14
2.1.2 - Ecuación de forma	17
2.2 - Producción de madera según calidades de sitio	18
2.3 - El proceso productivo forestal	19
2.3.1 - Fase de cultivo	19
2.3.2 - Fase de aprovechamiento	19
2.3.2.1 - Marcaje del aprovechamiento	20
2.3.2.2 - Operación tocón	21
2.3.2.3 - Arrastre con bueyes	24
2.3.2.4 - Carga y transporte	25
2.4 - Costos de la madera y su precio	25
2.5 - Conclusiones y recomendaciones	28
CAPITULO III - ESTUDIO DE MERCADO	30
3.1 - Analisis de la demanda	30
3.1.1 - Características del producto	32
3.1.1.1 - Construcción en general	32
3.1.1.2 - Mueblerías y ebanisterías	34
3.1.1.3 - Juguetes, artesanías y recuerdos	35
3.1.1.4 - Empaque y embalaje	35
3.1.2 - Agentes demandantes de madera aserrada	35
3.1.2.1 - Constructores de viviendas y edificaciones	36
3.1.2.2 - Ebanisterías y fábricas de muebles	36
3.1.2.3 - Artesanos y fabricantes de juguetes	36
3.1.2.4 - Exportadores de productos perecederos	37
3.1.3 - Estimación de la demanda	37
3.2 - Análisis de la oferta	34
3.2.1 - Suministro de materia prima	34

3.2.2 - Capacidad de procesamiento del aserradero	....	40
3.3 - Comercialización de madera aserrada de melina	.....	42
3.3.1 - Estrategia para comercialización	.....	42
3.3.2 - Posibles canales de comercialización	.....	42
3.3.3 - Precios y márgenes de comercialización	.....	43
3.4 - Conclusiones y recomendaciones	.....	44
CAPITULO IV - CONFIGURACION ORIGINAL ASERRADERO CACH	.....	48
4.1 - Diseño original del aserradero	.....	48
4.1.1 - Ubicación	.....	48
4.1.2 - Componentes del plantel	.....	50
4.1.2.1 - Patio de trozas	.....	50
4.1.2.2 - Patio de secado	.....	50
4.1.2.3 - Superficie de edificaciones	.....	51
4.1.2.4 - Maquinaria y equipo	.....	51
4.1.2 - Flujo del proceso de aserrío	.....	55
4.1.3.1 - Manipuleo en patio de trozas	.....	55
4.1.3.2 - Aserrado y alistonado	.....	56
4.1.3.3 - Secado	.....	57
4.1.3.4 - Despacho	.....	57
4.2 - Estudio financiero previsto	.....	58
4.2.1 - Ingresos	.....	58
4.2.2 - Costos	.....	59
4.2.3 - Indicadores de rentabilidad de la inversión	...	60
4.3 - Análisis de punto de equilibrio	.....	62
4.4 - Conclusiones y recomendaciones	.....	64
CAPITULO V - ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO	.....	65
5.1 - Estudio de tiempos-movimientos y rendimientos	.....	65
5.2 - Resultados	.....	67
5.2.1 - Estudio de tiempos	.....	67
5.2.2 - Rendimientos en el aserrío primario	.....	69
5.2.3 - Producción horaria	.....	70
5.3 - Optimización por programación lineal	.....	72
5.3.1 - Función objetivo	.....	73
5.3.2 - Restricciones	.....	74
5.3.2.1 - Requerimientos de producción	.....	74
5.3.2.2 - Aprovisionamiento de materia prima	.....	74
5.3.2.3 - Razón volumen aserrado / volumen rollizo	.....	75
5.3.2.4 - Tasa de producción	.....	75
5.3.3 - Solución óptima	.....	77
5.4 - Constatación de las hipótesis de trabajo	.....	79
5.5 - Conclusiones y recomendaciones	.....	81
VI BIBLIOGRAFIA	.....	83
VII ANEXOS	.....	85

LISTA DE CUADROS

1.1 - Número de aserraderos estacionarios, consumo medio de materia prima por aserradero y rendimiento troza/tabla según tipo de aserradero, por provincia.	03
1.2 - Datos generales de los aserraderos estacionarios de banda en Guanacaste	09
1.3 - Especies maderables más comunes en los aserraderos de Guanacaste, según frecuencia de uso de trozas rollizas en patio de aserrio	10
2.1 - Parámetros dasométricos de los sitios y árboles considerados en el análisis fustal	14
2.2 - Sistema de ecuaciones para estimar el crecimiento de melina en Hojancha	17
2.3 - Rendimiento esperado de madera rolliza para aserrio de 1 Ha de melina según tres índices de sitio (18,23 y 28), en Hojancha	18
2.4 - Parámetros dasométricos básicos del rodal de melina raleado	20
2.5 - Distribución diamétrica de árboles de melina cubicados al pie de tocón, del raleo hecho a una plantación de 10.5 años en Hojancha	22
2.6 - Elementos de tiempo, distancia, velocidad y carga promedios por ciclo. Arrastre de madera de melina con bueyes en Hojancha	25
2.7 - Costo por metro cúbico aprovechado de madera útil para aserrio. Plantación de melina IS 23 en Hojancha	28
3.1 - Comparación entre propiedades físicas y mecánicas de la melina respecto a maderas de uso común en la zona del estudio	32
3.2 - Cualidades y usos posibles para madera aserrada de melina	33
3.3 - Razón técnica, composición porcentual de productos de aserrio y volumen anual demandado	34
3.4 - Suministro de materia prima	39
3.5 - Proyección del volumen de madera rolliza de melina disponible para abastecer el aserradero del CACH durante los próximos 10 años	41
3.6 - Márgenes de comercialización para madera aserrada de melina en el Pacífico Seco	43
4.1 - Principales características físicas del aserradero estacionario de banda CACH	49
4.2 - Flujo de caja Aserradero Centro Agrícola Cantonal de Hojancha	61
5.1 - Factor de recuperación de madera aserrada	69
5.2 - Productividad en aserrio primario de cuatro tipos de aserradero según clase diamétrica	71
5.3 - Costo global de aserrio ($\$/m^3a$) por clase de troza, según tipo de aserradero	74
5.4 - Proporción de una semana requerida para aserrar 1 m^3r . por tipo de troza, según aserradero	76
5.5 - Matriz para programación lineal aserradero CACH	76
5.6 - Parámetros de la solución óptima de los aserraderos circular móvil (DBF) y estacionario de banda (CACH)	77
5.7 - Beneficio neto anual previsto. Aserradero CACH	79

LISTA DE FIGURAS

i - Problemas asociados al proceso de aserrió	xi
ii - Metodología del estudio	xi
1.1 - Rendimiento teórico según grosor de corte	07
2.1 - Tendencias del desarrollo en altura total y DAP	15
2.2 - Curva de índice de sitio 23, para melina en Hojancha	16
2.3 - Relación pulgadas madereras ticas / metros cúbicos rollizos	23
2.4 - Distribución relativa del tiempo de derribo	23
3.1 - Mapa de estrategia para promover la comercialización de productos de melina	44
3.2 - Canales de comercialización para los principales productos de melina	45
4.1 - Distribución de planta Aserradero CACH	52
4.2 - Elementos componentes Aserradero CACH	53
4.3 - Punto de equilibrio para el Aserradero CACH	63
5.1 - Distribución relativa tiempos de carga, volteo y aserrió	68
5.2 - Factor de recuperación madera aserrada	70
5.3 - Producción horaria del aserrió primario	71

LISTA DE ANEXOS

1.1 - Aserradero móvil circular y móvil de banda	86
1.2 - Procedimiento teórico para estimar el rendimiento en aserrió	88
2.1 - Resultados del análisis fustal	90
2.2 - Tabla de rendimiento (TABREN23) índice de sitio 23	99
2.3 - Ecuación de forma	101
2.4 - Rendimiento esperado de madera rolliza para aserrió	102
2.5 - Estudio de tiempos y movimientos en el raleo de una plantación de melina	103
2.6 - Costos del cultivo de melina y actividades básicas de aprovechamiento	106
3.1 - Cálculo de la razón técnica; volumen aserrado por unidad de producto final	110
3.2 - Superficie plantada con melina en lugares aledaños a Hojancha	112
4.1 - Inversión total y detalle de los elementos de costo Aserradero CACH	114
4.2 - Detalle del cálculo de ingresos y costos variables Aserradero CACH	115
..	
5.1 - Resultados estudio de tiempos-movimientos, rendimiento y productividad de las cuatro variantes de aserradero en estudio	116
5.2 - Detalle de los rubros componentes del costo total de aserrió	125
5.3 - Determinación de la razón volumen de producto / volumen rollizo	128
5.4 - Solución óptima y análisis de sensibilidad del modelo de programación lineal para los aserraderos de banda estacionario "CACH" y circular móvil "DGF" ..	129