

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ESPECIE
ALGARROBILLA (*Caesalpinia paraguariensis*, Burkart) PROCEDENTE DE
LA COMUNIDAD DE CAMPO LARGO, MUNICIPIO CARAPARÍ”**

Por:

MARCIA SANDIVEL SEGOVIA GUTIERREZ

Tesis presentada a consideración de la "**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal.

Marzo 2020

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A mis padres Roberto Segovia y Vicenta Gutiérrez, ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia, empeño y sobre todo, la fe que pusieron en mí, y todo ello de una manera desinteresada y llena de amor.

A mi esposo Daniel Martínez, por su amor incondicional, apoyo, confianza, y en especial por su paciencia en la elaboración de mi tesis, en la cual recibí su total apoyo a pesar de todo.

A mis dos más grandes tesoros mis hijos “Dael y Zoe”, quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

Y a toda mi familia, por sus palabras de aliento día tras día en todo momento.

ÍNDICE

Hoja de aprobación.	
Hoja de advertencia.	
Dedicatoria.	
Agradecimientos.	
Resumen	

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. HIPÒTESIS	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4

CAPÍTULO II

REVISIÒN BIBLIOGRÀFICA

2.1. La madera	5
2.2. Partes del Àrbol	5
2.3. Partes de un Tronco	6
2.4. Características Externas de la Madera	7
2.5. Clasificación de la madera	8
2.6. La madera como materia prima	8
2.7. Formación y estructura de la madera	9

2.8. Microscopía de la madera	9
a) Coníferas.....	10
b) Latifoliadas.....	11
2.9. Anisotropía de la madera	11
2.10. Higroscopicidad de la madera	12
2.11. Propiedades Mecánicas	13
2.12. Flexión Estática	14
2.13. Compresión Paralela al Grano	14
2.14. Compresión Perpendicular al Grano	15
2.15. Dureza	16
2.16. Factores que afectan las propiedades mecánicas de la madera laminada	16
2.17. DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL	17
2.17.1. Taxonomía de la Algarrobilla (<i>Caesalpinia paraguariensis</i>, <i>Burkart</i>)	18
2.17.2. Descripción Botánica de la especie	19
2.17.3. Características de la Madera de Algarrobilla (<i>Caesalpinia paraguariensis</i>, <i>Burkart</i>)	21
2.17.4. Descripción macroscópica	21
2.17.5. FENOLOGÍA	22
2.17.6. USOS POSIBLES	23

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	24
3.1.1. Localización de procedencia del material vegetal	24
3.1.2. Ubicación	24
3.1.3. Accesibilidad	26

3.1.4. Descripción de características biofísicas del lugar.....	26
3.1.5. Geología.....	26
3.1.6. Geomorfología.....	27
3.1.7. Fisiografía	27
3.1.8. Suelo	27
3.2. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.....	28
3.2.1. Clima	28
3.2.2. Hidrología	28
3.3. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS	28
3.3.1. Vegetación.....	28
3.3.2. Estrato arbustivo	30
3.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	32
3.4.1. Uso actual de la tierra.....	32
3.5. MATERIALES	32
3.5.1. Material de gabinete	32
3.5.2. Material Vegetal.....	32
3.5.3. Material de campo	33
3.5.4. Material Biológico.....	33
3.5.5. Material de Aserradero	33
3.5.6. Fase de Laboratorio	33
3.6. METODOLOGÍA.....	34
3.6.1. Determinación de las propiedades mecánicas.....	35
3.6.2. Selección y colección de muestras	35
3.6.3. Definición de la población.....	35
3.6.4. Selección de la zona.....	36
3.6.5. Selección de árboles	36
3.6.6. Ubicación del árbol	36
3.6.7. Selección de las trozas.....	38
3.6.8. Selección de viguetas dentro de la troza.....	38
3.6.9. Tratamientos profilácticos.....	38
3.6.10. Obtención de las probetas dentro de las viguetas	38

3.6.11. Codificación de las probetas	40
3.7. Desarrollo de los ensayos de propiedades mecánicas	40
3.7.1. Flexión estática.....	41
3.7.2. Compresión paralela al grano	43
3.7.3. Compresión perpendicular al grano	45
3.7.4. Dureza	48
3.7.5. Cizallamiento	49
3.7.6. Contenido de humedad	52

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

a. Análisis Estadístico.....	53
i. Valor promedio total de todos los valores individuales	53
ii. Estimación de varianza.....	54
iii. Determinación del coeficiente de variación.....	55
iv. Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio.....	56
v. Determinación del valor relativo del intervalo de confianza.....	57
vi. Contenido de Humedad	57
4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	59
4.1. Propiedades mecánicas	59
4.1.1. Flexión estática.....	60
4.1.2. Compresión Paralela al Grano	63
4.1.3. Compresión perpendicular al grano	66
4.1.4. Dureza	68
4.1.5. Cizallamiento	70
4.2. PROMEDIOS TOTALES DE LOS RESULTADOS DE CADA ENSAYO.....	73
a) Flexión estática.....	73
b) Compresión paralela al grano	73

c) Compresión perpendicular al grano	73
d) Dureza	74
e) Cizallamiento.....	73
f) Contenido de humedad.....	74

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	82
5.2. RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: El Árbol y sus componentes (Vignote, 1995).	6
FIGURA 2: Componentes del tronco (Vignote, 1995)	7
FIGURA 3: Direcciones Ortogonales de la madera (Vignote, 1995).....	12
FIGURA 4: Mapa de Ubicación de la Zona de Extracción de los Árboles	25
FIGURA 5: Mapa de Ubicación de los Árboles.....	37
FIGURA 6: Esquema del Ensayo de Cizallamiento (Cruz 2006)	50

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Árbol de Algarrobilla	17
Imagen 2: Hojas	19
Imagen 3: Corteza.....	20
Imagen 4: Ensayo flexión estática	41
Imagen 5: Compresión y Cizallamiento paralela al grano	43
Imagen 6: Falla de Compresión y Cizallamiento paralela al grano	44
Imagen 7: Probetas de Compresión perpendicular al grano	46
Imagen 8: Probetas ensayadas de C. Perpendicular al grano	47
Imagen 9: Ensayo de Dureza en uno de los extremos.....	48
Imagen 10: Ensayo de Cizallamiento.....	51
Imagen 11: Determinación del contenido de humedad.....	52

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1: Algarrobilla (Caesalpinia paraguariensis, Burkart).....	97
Foto 2: Ensayo de Flexión Estática	98
Foto 3: Fallas y pesaje de probetas.....	98
Foto 4: Probetas para el ensayo de Compresión perpendicular al grano	99
Foto 5: Compresión paralela al grano	100
Foto 6: Ensayo de Dureza.....	101
Foto 7: Probetas de Cizallamiento	102

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Taxonomía de la especie Algarrobilla	18
Tabla 2: Fenología del árbol.....	22
Tabla 3: Estrato Arbóreo	29
Tabla 4: Estrato Arbustivo	31
Tabla 5: Estrato Herbáceo	31
Tabla 6: Normas COPANT MADERAS 1974, para realizar los ensayos	34
Tabla 7: Dimensiones y cantidad de probetas para los ensayos.....	39
Tabla 8: Datos para el análisis estadístico.....	53
Tabla 9: Fórmulas para determinar la varianza	54
Tabla 10: Ejemplo de cálculos estadísticos de Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	57
Tabla 11: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.....	75
Tabla 12: Flexión estática	76
Tabla 13: Compresión paralela al grano	77
Tabla 14: Compresión perpendicular al grano	78
Tabla 15: Dureza.....	79
Tabla 16: Cizallamiento	80
Tabla 17: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ABREVIATURAS.....	88
ANEXO 2: PLANILLA DE SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS ...	90
ANEXO 3: CLAVE PARA LA CLASIFICACIÓN DE MADERAS	91
ANEXO 4: REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LAS MADERAS SEGÚN SUS USOS	93

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Flexión estática "Probeta 2B"	60
Gráfica 2: C. Paralela al grano "Probeta 1A"	63
Gráfica 3: C. Perpendicular al grano "Probeta 1A"	66