

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



**ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE LA ESPECIE
PARAÍSO (*Melia azedarach* L.) PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE
CHIQUIACA NORTE MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS, TARIJA**

Por:

LINDER PEDRO ALVAREZ MONTES

Tesis de grado, presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Gestión 2021

TARIJA-BOLIVIA

V° B°

.....

M.Sc.Ing. Fidel Ibarra Martínez

PROFESOR GUÍA

.....

M.Sc.Ing. Juan Oscar Hiza Zuñiga

DECANO a.i.

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....

M.Sc.Ing. Sebastián Ramos Mejía.

VICEDECANO a.i.

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

APROBADO POR:

.....

M.Sc. Ing. Deimer Jesús Moreno Molina

TRIBUNAL

.....

M.Sc.Ing. José Adel Molina Ramos

TRIBUNAL

.....

M.Sc.Ing. Pedro Brozovich Farfán

TRIBUNAL

El tribunal calificador de la presente tesis no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente de responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

El presente trabajo lo dedico a DIOS por darme la fortaleza y sabiduría hasta concluir con mis estudios, a mis padres Cimar Álvarez y Delia Montes, por su apoyo incondicional y por apoyarme durante mi paso por la universidad.

A mi hermana Mabel Álvarez que fue mi guía de motivación para concluir mi carrera.

A mis abuelos Antonio Montes, Dionisia Labra, Policarpio Álvarez y Esmelda Garnica por el apoyo moral y a toda mi familia que supo creer en mí.

AGRADECIMIENTOS:

- ✓ A DIOS por guiarme e iluminarme y por permitirme culminar una etapa más en mi vida.
- ✓ A mi familia por el apoyo incondicional y por estar a mi lado en todo momento.
- ✓ A mi docente guía Ing. Fidel Ibarra, al ing. Pedro Brozobich, al Ing. Adel Molina y al Ing. Deimer Moreno por el apoyo brindado en la realización de mi trabajo de tesis.
- ✓ A los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal de la U.A.J.M.S. por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos.
- ✓ A mis amigos y compañeros por los lindos momentos de amistad y compañerismo.

ÍNDICE

Hoja de aprobación	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
INTRODUCCION.....	1
JUSTIFICACION.....	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivo Específicos.....	3

CAPITULO I

1MARCO TEORICO.....	4
1.1DESCRPCION DE LA ESPECIE DE ESTUDIO.....	4
1.1.1Apariencia.....	4
1.1.2Hojas.....	4
1.1.3Flores.....	5
1.1.4Frutos.....	6
1.1.5Propagación.....	6
1.1.6Taxonomia.....	7
1.2LA MADERA.....	7
1.2.1Partes del tronco.....	7
1.2.1.12Corteza.....	8
1.2.1.2Cambium.....	8

1.2.1.3Albura (Xilema).....	8
1.2.1.4Duramen.....	8
1.2.1.5Medula.....	9
1.2.2Planos de corte de la madera.....	9
1.3 COMPORTAMIENTO DE LA MADERA.....	10
1.4 CONTENIDO DE HUEDAD DE LA MADERA.....	11
1.5 SECADO DE LA MADERA.....	11
1.5.1 Tipos de secado de la madera.....	11
1.5.1.1 Secado natural o al aire libre.....	11
1.5.1.1.1 Apilado de la madera.....	12
1.5.1.2 Secado artificial.....	14
1.5.1.3 Secado en cámara.....	14
1.5.2 Circulación del aire.....	14
1.5.3 Importancia del secado de maderas.....	14
1.5.4 Factores climáticos que influyen en el secado al aire.....	15
1.5.5 Defectos que pueden surgir en el secado.....	16
1.5.5.1 Defectos producidos por el aire demasiado húmedo.....	16
1.5.5.2 Defectos producidos por el aire demasiado seco.....	16
1.6 TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.....	19
1.6.1 Características de la madera que influyen en su trabajabilidad.....	20
1.6.2 Características de las herramientas de corte.....	22
1.6.2.1 Acero con alto contenido de cromo.....	22
1.6.2.2 Acero rápido al molibdeno.....	22

1.6.2.3 Acero super rápido al cobalto.....	22
1.6.2.4 Hart Metal.....	22
1.7 OPERACIONES DE MAQUINADO.....	23
1.7.1 Cepillado.....	23
1.7.1.1 Maquinaria.....	23
1.7.2 Moldurado.....	26
1.7.2.1 La freseadora vertical o TUPI.....	26
1.7.3 Torneado.....	27
1.7.3.1 Maquinaria.....	28
1.7.3.1.1 Cabezal.....	28
1.7.3.1.2 Bancada.....	28
1.7.3.1.3 Eje Principal.....	29
1.7.3.1.4 Contra Cabezal o Contrapunto.....	29
1.7.3.2 Herramientas para el torneado.....	29
1.7.3.2.1 El formol.....	29
1.7.3.2.2 La gubia.....	30
1.7.3.2.3 Gubias planas.....	30
1.7.3.2.4 Gubias curvas o con forma de U.....	30
1.7.3.2.5 Gubias punta de lanza o en vértice.....	30
1.7.4 Lijado.....	31
1.7.4.1 Lijadora de banda.....	32
1.7.4.2 Características de la herramienta.....	32
1.7.4.2.1 Material abrasivo.....	32

1.7.4.2.2 Soporte.....	33
1.7.4.2.3 Textil.....	33
1.7.4.2.4 Aglomerante.....	33
1.7.4.2.5 Calidad final de preparación de la superficie.....	33
1.7.5 Taladrado.....	34
1.7.6 Defectos comunes en el maquinado de la madera.....	35
1.7.6.1 Grano arrancado o astillado.....	35
1.7.6.2 Grano veloso o algodónado.....	35
1.7.6.3 Grano levantado.....	36
1.7.6.4 Grano rugoso.....	36
1.7.7 Calificación de las probetas de maquinado.....	37

CAPITULO II

1 DESCRIPCION DEL AREA DE EXTRACCION DE LA MUESTRA.....	38
2.1.1Ubicación.....	38
2.1.2 accesibilidad.....	39
2.1.3 Uso de la tierra.....	39
2.1.4 Características biofísicas.....	39
2.1.4.1 Clima.....	39
2.1.4.2 Vegetación.....	40
2.1.4.3Suelo.....	40
2.1.4 Relieve.....	41

2.1.4.5 Fisiografía.....	41
4.1.4.6 Hidrografía.....	41
2.2 MATERIALES.....	42
2.2.1 Materiales de campo.....	42
2.2.2 Materiales de gabinete.....	42
2.2.3 Materiales de Carpintería.....	42
2.2.4 Materiales de laboratorio.....	43
2.2.5 Material Biológico.....	43
2.3 METODOLOGIA.....	43
2.3.1 Normas a emplear.....	43
2.3.2 Selección y colección de las muestras.....	44
2.3.2.1 Selección de la zona.....	44
2.3.2.2 elección de los arboles.....	44
2.3.2.3 Selección de la troza.....	45
2.3.2.4 Extracción de las trozas.....	46
2.3.2.5 Obtención de las tablas.....	46
2.3.2.6 Obtención de las probetas dentro de las trozas.....	47
2.3.2.7 Codificación de las probetas.....	48
2.3.2.8 Parafinado de probetas.....	49
2.3.2.9Metodo de apilado.....	49
2.3.2.9.1 Apilado de la madera.....	49
2.3.2.9.2 Cubierta o techo.....	50
2.3.2.9.3 Orientación de la pila.....	51

2.3.2.9.4 Procedencia para el control del secado.....	51
2.3.2.9.4.1 Humedad de la madera.....	51
2.3.2.9.4.3 Determinación del contenido de humedad.....	54
2.3.2.9.5 Evaluación de defectos.....	54
2.4 ENSAYOS.....	54
2.4.1 Ensayo de cepillado.....	55
2.4.1.1 Probetas.....	55
2.4.2 Ensayo de lijado.....	56
2.4.2.1 Equipos y materiales para el ensayo de lijado.....	56
2.4.2.2 Probetas.....	57
2.4.2.3 Procedimiento para el ensayo del lijado.....	58
2.4.3 Ensayo de torneado.....	59
2.4.3.1 Equipos y materiales para el ensayo del torneado.....	59
2.4.3.1.1 Materiales.....	60
2.4.3.1.2 Herramientas.....	60
2.4.3.2 Probetas.....	61
2.4.3.3 Determinación del Angulo de corte para observación paralela al grano.....	61
2.4.4 Ensayo del taladrado.....	62
2.4.4.1 Elemento cortante para el ensayo del taladrado.....	62
2.4.4.2 Equipo para el ensayo de taladrado.....	63
2.4.4.3 Probetas.....	63
2.4.4.4 Procedimiento.....	64
2.4.4.5 Calificación.....	64

2.4.5 Ensayo de moldurado.....	64
2.4.5.1 Equipo y materiales para el ensayo de moldurado.....	64
2.4.5.2 Probetas.....	65
2.4.5.3 Procedimiento.....	66
2.4.5.4 Calificación.....	66
2.4.6 Calificación de los defectos en base a su extensión y severidad.....	67
2.4.7 Sistema de evaluación de probetas de maquinado.....	69
2.4.8 Calificación de probetas en función del porcentaje de piezas libres de defectos.....	69

CAPITULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
3.1 Resultados del contenido de humedad inicial.....	70
3.2 Resultado del secado.....	71
3.3 Evaluación de defectos.....	72
3.4 ENSAYO DE CEPILLADO.....	73
3.4.1 Análisis del resultado de cepillado.....	73
3.4.2 Reporte de defectos secundarios del cepillado.....	74
3.5 ENSAYO DE LIJADO.....	76
3.5.1 Análisis del resultado de lijado.....	76
3.6 ENSAYO DE TORNEADO.....	77
3.6.1 Analisis del resultado de torneado.....	78
3.7 ENSAYO DE TALADRADO.....	78
3.7.1 Análisis del resultado de taladrado.....	79
3.8 ENSAYO DE MOLDURADO.....	80

3.8.1 Análisis de resultado del moldurado.....	81
3.8.2 Análisis del resultado del moldurado(corte doble).....	82
3.9 Discusión.....	83

CAPITULO IV

4CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
4.1 Conclusiones.....	85
4.2 Recomendaciones.....	86
BICLIOGRAFIA.....	91
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE MAPA

MAPA N°1 Localización de la zona de obtención de la muestra.....	31
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1 : Apariencia del paraíso.....	4
FIGURA N°2 : Hojas de la especie paraíso.....	5
FIGURA N°3 : Flores del paraíso	5
FIGURA N°4 :Frutos del paraíso	6
FIGURA N°5: Propagación mediante semilla.....	6
FIGURA N°6: Muestra representativa del paraíso.....	8
FIGURA N°7: Composición del tronco	9
FIGURA N°8. Estructura de la madera.....	10
FIGURA N°9 : Apilado horizontal de la madera.....	13
FIGURA N°10: Apilado de la madera en triángulo.....	13
FIGURA N°11: Apilado de la madera en caballete o X.....	14
FIGURA N°12 : Grietas en una madera en estado seco.....	17
FIGURA N°13: Fendas en un tablón de madera.....	17
FIGURA N°14: Deformaciones que se presentan en el secado de la madera.....	18
FIGURA N°15: Torcedura de la madera.....	18
FIGURA N°16: Abarquillado de la madera.....	19
FIGURA N°17: Combado de la madera.....	19
FIGURA N°18: Encorvadura de la madera.....	20
FIGURA N° 19: Cepilladora.....	25
FIGURA N°20: Nomenclatura usada en cuchillas de cepilladora.....	26
FIGURA N°21: Esquema de modificación del ángulo de corte por medio del bisel.	

.....	26
FIGURA N°22: Fresadora O Tupi.....	28
FIGURA N° 23: Torno.....	30
FIGURA N°24: Herramientas para el torneado.....	32
FIGURA N°25: Lijadora de banda.....	33
FIGURA N°26: Taladro de banco.....	36
FIGURA N°27: Grano arrancad.....	36
FIGURA N° 28: Grano velloso.....	37
FIGURA N°29 : Selección de la muestra.....	48
FIGURA N°30: Selección de la troza.....	49
FIGURA N°31: Obtención de las tablas.....	49
FIGURA N°32: Codificación de la probetas.....	52
FIGURA N°33: Parafinado de las probetas.....	53
FIGURA N°34: Apilado de la madera.....	53
FIGURA N°35: Cubierta.....	53
FIGURA N°36: Orientación de la pila.....	54
FIGURA N°37: Peso y Colocado de las probetas a la estufa.....	56
FIGURA N°38: Control del contenido de humedad.....	56
FIGURA N°39: Ensayo de cepillado.....	58
FIGURA N°40: Probetas de cepillado.....	59
FIGURA N°41: Ensayo de lijado.....	60
FIGURA N°42: Probetas del lijado.....	61
FIGURA N°43: Observación y calificación de la lija y la probeta.....	62
FIGURA N°44: Ensayo del torneado.....	63

FIGURA N°45 : Gurbias para el torneado.....	63
FIGURA N°46 : Probetas del torneado	64
FIGURA N° 47: Tipos de Corte en Ensayos de Torneado.....	65
FIGURA N° 48: Broca para Ensayo de Taladrado.....	65
FIGURA N°49 Ensayo del taladrado.....	66
FIGURA N°50: Probetas de taladrado	67
FIGURA N° 51: Ensayo de moldurado.....	68
FIGURA N°52: Probetas de moldurado.....	68
FIGURA N°53: Ensayo de Moldurado en Cuchilla Sobresalida.....	69
FIGURA N°54: Zonas de calificación de probetas de moldurado.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°1: Taxonomía del paraíso (<i>Melia azederch</i> L).....	7
CUADRO N°2: Evaluación y clasificación de las probetas de ensayo.....	39
CUADRO N° 3: Normas técnicas.....	46
CUADRO N°4: Datos de ubicación de los árboles.....	48
CUADRO N°5: Dimensiones y numero de las probetas por ensayo.....	50
CUADRO N°6: Referencias codificación de las probetas	51
CUADRO N°7: Rango, calidad, grado.....	70
CUADRO N°8: Extensión y severidad de los defectos.....	71
CUADRO N°9: Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto.	71
CUADRO N°10: Extensión y severidad de los defectos.....	72
CUADRO N° 11: Sistema de evaluación de probetas de maquinado.....	72
CUADRO N°12: Peso de las muestras para el calculo del contenido de humedad.	74
CUADRO N°13 : Control del peso y contenido de humedad	75
CUADRO N° 14.- Resultados del ensayo de cepillado.....	77
CUADRO N° 15.- Reporte de defectos secundarios del cepillado a 15°.....	78
CUADRO N° 16.- Reporte de defectos secundarios del cepillado a 30°.....	79
CUADRO N° 17.- Resultado del ensayo de lijado.....	80
CUADRO N° 18.- Resultado del ensayo de torneado.....	80
CUADRO N° 19.- Resultado del ensayo de taladrado.....	81
CUADRO N° 20.- Resultados del ensayo de moldurado (corte simple)	82
CUADRO N° 21.- Resultado del ensayo de moldurado (corte doble)	84
CUADRO N° 22. Resumen de los resultados de trabajabilidad aproximado al 18% de C.H.....	86

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N°1	Selección de la muestra del objeto de estudio.....	104
FOTOGRAFÍA N°2	Apeo del árbol.....	104
FOTOGRAFÍA N°3	Selección de la troza	104
FOTOGRAFÍA N°4	Extracción de la troza.....	104
FOTOGRAFÍA N°5	Corte de la troza en el aserradero	105
FOTOGRAFÍA N°6	Obtención de la probetas dentro de la troza.....	105
FOTOGRAFÍA N°7	Peso de las muestras.....	105
FOTOGRAFÍA N°8	Secado de las muestras en la estufa.....	105
FOTOGRAFÍA N°9	Calentamiento de cera.....	106
FOTOGRAFÍA N°10	Parafinado de las probetas.....	106
FOTOGRAFÍA N°11	Apilado de la madera.....	106
FOTOGRAFÍA N°12	Apilado encastillado en sentido horizontal.....	106
FOTOGRAFÍA N°13	Pesado de las probeta.....	107
FOTOGRAFÍA N°14	Pesado de las probetas.....	107
FOTOGRAFÍA N°15	Máquina cepilladora groseadora.....	108
FOTOGRAFÍA N°16	Cepillado de las probetas.....	108
FOTOGRAFÍA N°17	Calificación de las probetas.....	108
FOTOGRAFÍA N°18	Lija N°100 y N° 60.....	108
FOTOGRAFÍA N°29	Lijado de las probetas.....	109
FOTOGRAFÍA N°20	Calificación de las probetas.....	109
FOTOGRAFÍA N°21	Máquina torneadora.....	109
FOTOGRAFÍA N°22	Torneado de las probetas.....	109

FOTOGRAFÍA N°23 Probetas torneadas con diferente diseño.....	110
FOTOGRAFÍA N°24 Máquina de taladrado.....	110
FOTOGRAFÍA N°25 Taladrado de las probeta.....	110
FOTOGRAFÍA N°26 Calificación de la probeta mediante lupa.....	110
FOTOGRAFÍA N°27 Máquina tupi.....	111
FOTOGRAFÍA N°28 Moldurado de probetas.....	111
FOTOGRAFIA N°29 Corte simple y corte doble de probetas	111

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 : Planillas de registro para el secado y los diferentes ensayos de trabajabilidad

ANEXO 2 : Resultados del secado

ANEXO 3 : Fotografías