

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL



“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE TIMBOY (*Enterolobium contortisiliquum*) (Vell.) Morong. PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE ZAPATERA NORTE, PROVINCIA GRAN CHACO DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA”

Por:

Jose Eduardo Perez Avila

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

Gestión 2018

Tarija – Bolivia

V° B°

.....
MSc. Ing. Sebastián Ramos Mejía
PROFESOR GUÍA

.....
MSc. Ing. Freddy Castro Salinas
DECANO a. i.
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
MSc. Ing. Luis Arandia Mendivil
VICEDECANO a. i.
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Javier Ariel Castillo Gareca.

.....
MSc. Ing. Pedro Brosovich Farfán.

.....
MSc. Ing. Deimer Jesús Moreno Molina.

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidarizan con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad del autor.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios, por permitirme culminar una meta más en mi vida.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos en mi formación profesional.

Un agradecimiento especial a mis Docentes Ing. Deimer Moreno, Ing. Pedro Brozovich, Ing. Ariel Castillo y a mi profesor guía el Ing. Sebastián Ramos, quienes mediante sus conocimientos me supieron guiar y contribuir al desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis familiares, amigos y compañeros gracias por el apoyo incondicional y por las experiencias compartidas.

Gracias a todos

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a Dios por darme la fortaleza hasta concluir con mis estudios, a mis padres Milton Perez Carvajal (+) y Luncinda Avila López por su apoyo incondicional, que con su ejemplo y humildad me enseñaron a enfrentar el camino de la vida, a mis hermanos Anibal, Yaneth y Efrain quienes de una u otra manera me motivaron para culminar mis estudios, a mis suegros Ubaldino Choque y Marcia Aparicio por el apoyo y la motivación a seguir abriendome caminos para que cada día sea mejor y en especial el presente trabajo se lo dedico a mi estimada esposa e hija Carmen Choque y Briana Perez por ser el motivo de ser cada día una mejor persona y por el apoyo desmedido que me brindaron en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE

HOJA DE APROBACIÓN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCION

	pág.
Antecedentes	1
Justificación	2
Hipótesis	3
Objetivos	3
▪ Objetivo general.....	3
▪ Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO I

1- REVISION BIBLIOGRÁFICA

1.1.Madera	4
1.1.1. Definición de estructura de la madera.....	4
1.1.2. Descripción anatómica de la madera	4
1.1.3. Defectos de la madera.....	5
▪ Anomalías en el crecimiento o desarrollo	5
a) Fibras retorcidas o reviradas.....	5
b) Nudos	5
c) Madera intrincada, enredada, contra veta, peluda o rabiosa.....	5

d) Excrecencias	5
e) Madera floja	5
f) Madera curvada.....	6
g) Falsa albura o lunación	6
h) Acebolladura	6
i) Corazón descentrado	6
1.2. Descripción de la especie en estudio.....	6
1.2.1.Descripción taxonómica	7
1.2.2.Descripción dendrológica.....	7
1.3. Transformación de la madera	10
1.3.1.Transformación primaria	10
1.3.2.Aserrado	10
1.3.3.Maquinas del proceso de aserrío	11
• La sierra sinfín	11
1.3.4.Evaluación del aserrado	11
• Fácil.....	11
• Moderado.....	11
• Difícil o muy difícil.....	11
1.3.5. Planos de corte de la madera	12
• Corte transversal	12
• Corte tangencial.....	12
• Corte radial	12
1.3.6. Secado de la madera	13
1.3.6.1. Fases de la eliminación del agua de la madera	13
1.3.6.2. Formas de secado de la madera	13
1.3.6.2.1. Secado al natural o al aire libre	13
• Apilado en triangulo horizontal	13
• Apilado en talanqueras o caballetes.....	14
• Apilado horizontal con separadores	14

• Apilado en cuadrado horizontal al aire libre	15
1.3.6.2.2. Secado en cámara	15
1.3.6.3. Defectos de la madera atribuibles al secado	16
a) Alabeos.....	16
b) Torceduras.....	16
c) Abarquillados.....	16
d) Combado.....	17
e) Encorvadura.....	17
1.3.6.4. Clasificación de madera seca	18
▪ Maderas del «grupo a».....	18
▪ Maderas del «grupo b».....	18
▪ Maderas del «grupo c»	18
1.4. Trabajabilidad de la madera.....	19
1.4.1. Características de maquinado	19
1.4.2. Características inherentes de la madera que influyen en su trabajabilidad	20
▪ Grano	20
▪ Densidad	20
▪ Elasticidad	20
▪ Contenido de humedad	20
▪ Nudos	20
▪ Dirección del hilo	20
▪ Textura.....	21
▪ Porosidad	21
▪ Contenido de extractivos.....	21
▪ Numero de anillos de crecimiento por centímetro.....	21
▪ Temperatura	21
1.4.3. Características de la composición de las herramientas de corte	21
▪ Acero con alto contenido de cromo (HLS)	21
▪ Acero rápido al molibdeno (SSE).....	22

	pág.
▪ Acero súper rápido al cobalto (HSSco).....	22
▪ Hart metal (HM).....	22
1.4.3.1. Ensayos de trabajabilidad	22
1.4.3.1.1. Cepillado	22
▪ Maquinaria.....	23
1.4.3.1.2. Lijado	24
1.4.3.1.3. Moldurado	24
▪ Maquinaria tupi.....	25
1.4.3.1.4. Taladrado.....	25
▪ Maquinaria escoplo – taladrado.....	26
1.4.3.1.5. Torneado	26
▪ Maquinaria el torno.....	27
▪ Herramientas para el torneado	27
a) El formón.....	27
b) La gubia	27
- Gubias planas.....	28
- Gubias curvas o con forma de U	28
- Gubias punta de lanza o en vértice	28
1.4.3.2. Defectos comunes en el maquinado de madera	28
▪ Grano arrancado o astillado.....	28
▪ Grano velloso.....	28
▪ Grano levantado	29
▪ Grano rugoso.....	29
1.4.3.3. Calificación de las pruebas de maquinado	30

CAPÍTULO II

2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.Aspectos espaciales.....	32
2.1.1.Ubicación geográfica	32

	pág.
2.2. Aspectos biofísicos	32
2.2.1. Clima	32
2.2.2. Suelo	33
2.2.3. Flora	34
2.2.4. Fauna	35
2.2.5. Recursos hídricos	36
2.2.6. Recursos hidrocarburíferos	36
2.3. Aspectos socioculturales	36
2.4. Aspectos económicos productivos.....	37
2.4.1. Accesos y usos de suelos	37
2.4.2. Producción.....	37
2.4.3. Producción forestal.....	38

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales.....	39
3.1.1. Materiales de gabinete.....	39
3.1.2. Material de equipo de campo.....	39
3.1.3. Maquinaria de carpintería.....	39
3.1.4. Material biológico	40
3.2. Metodología	40
3.3. Aplicación de las normas COPANT	40
3.3.1. Selección y colección de la muestra.....	40
3.3.1.1. Selección de la zona.....	40
3.3.1.2. Selección de árboles.....	42
3.3.1.3. Selección de la troza	42
3.3.1.4. Extracción de las trozas	43
3.3.1.5. Tratamiento profiláctico.....	43
3.3.1.6. Obtención de las probetas dentro de las trozas	44

	pág.
3.3.1.7. Selección de probetas e identificación de defectos	45
3.3.1.8. Codificación de las probetas.....	46
3.4. Desarrollo de ensayos.....	47
3.4.1. Ensayo de cepillado	47
3.4.1.1. Elemento cortante para ensayo de cepillado	47
3.4.1.2. Equipos para el ensayo de cepillado.....	48
3.4.1.3. Procedimiento para el cepillado.....	48
3.4.2. Ensayo de lijado	49
3.4.2.1. Equipos para el ensayo de lijado	49
3.4.2.2. Procedimiento para el lijado	49
3.4.2.3. Obtención de los resultados de lijado.....	50
3.4.3. Ensayo de taladrado	51
3.4.3.1. Elemento cortante para el ensayo de taladrado	51
3.4.3.2. Equipo para el ensayo de taladrado	51
3.4.3.3. Procedimiento para el taladrado	52
3.4.3.4. Obtención de los resultados de ensayos de taladrado.....	52
3.4.4. Ensayo de moldurado	52
3.4.4.1. Elemento de corte para ensayo de moldurado	52
3.4.4.2. Equipos para el ensayo de moldurado	52
3.4.4.3. Procedimiento para el moldurado	53
3.4.5. Ensayo de torneado	53
3.4.5.1. Elemento cortante para ensayo de torneado	53
3.4.5.2. Equipos para el ensayo de torneado.....	54
3.4.5.3. Procedimiento para el torneado.....	54
3.5. Métodos	55
3.5.1. Evaluación de probetas	55
3.6. Rango, calidad, grado	57

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

	Pág.
4.1. Cepillado	58
4.1.1. Procedimiento para la obtención de datos del cepillado	58
4.1.2. Análisis de resultados del cepillado.....	73
4.2. Lijado	74
4.2.1. Procedimiento para la obtención de datos del lijado.....	74
4.2.2. Análisis del resultado del lijado.....	89
4.3. Taladrado.....	90
4.3.1. Procedimiento para la obtención de datos del Taladrado	90
4.3.2. Análisis de resultados del taladrado	91
4.4. Torneado	91
4.4.1. Procedimiento para la obtención de datos del Torneado.....	91
4.4.2. Análisis de resultados del Torneado	94
4.5. Moldurado	94
4.5.1. Análisis de resultados de Moldurado.....	99

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	100
5.2. Recomendaciones	101

Bibliografía

Anexos

INDICE DE IMÁGENES

	pág.
Imagen N° 1 Descripción anatómica.....	4
Imagen N° 2 Árbol Timboy	7
Imagen N° 3 Corteza del Árbol Timboy.....	8
Imagen N° 4 Hojas del Árbol Timboy	8
Imagen N° 5 Flor del Árbol Timboy.....	9
Imagen N° 6 Fruto del Árbol Timboy	9
Imagen N° 7 Distribución del Árbol Timboy.....	10
Imagen N° 8 Maquinaria de aserrado	11
Imagen N° 9 Planos de corte de la madera	12
Imagen N° 10 Apilado en triangulo horizontal.....	14
Imagen N° 11 Apilado en talanqueras o caballetes	14
Imagen N° 12 Apilado horizontal con separadores.....	15
Imagen N° 13 Apilado en cuadrado horizontal al aire libre	15
Imagen N° 14 Torcedura de la madera	16
Imagen N° 15 Abarquillado de la madera	17
Imagen N° 16 Combado de la madera.....	17
Imagen N° 17 Encorbadura de la madera.....	17
Imagen N° 18 Maquina de cepillado.....	23
Imagen N° 19 Maquina de lijado	24

Imagen N° 20	Maquina de moldurado - Tupi.....	25
Imagen N° 21	Maquina de Taladrado	26
Imagen N° 22	Maquina de Torneado	27
Imagen N° 23	Zona de estudio.....	31
Imagen N° 24	Imagen Satelital de extracción de la muestra	41
Imagen N° 25	Selección de la muestra.....	42
Imagen N° 26	Apeo y numeración de las trozas	43
Imagen N° 27	Traslado de las trozas al aserradero	43
Imagen N° 28	Obtención de tablones.....	44
Imagen N° 29	Secado de probetas.....	45
Imagen N° 30	Medición de humedad.....	45
Imagen N° 31	Nomenclatura establecida para las probetas.....	47
Imagen N° 32	Angulo de corte de cepillado	48
Imagen N° 33	Ensayo de cepillado.....	48
Imagen N° 34	Ensayo de lijado	49
Imagen N° 35	Brocha para ensayo de taladrado	51
Imagen N° 36	Ensayo de taladrado	51
Imagen N° 37	Ensayo de moldurado	53
Imagen N° 38	Ensayo de torneado.....	54
Imagen N° 39	Tipos de corte en ensayos de torneado	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1	Descripción taxonómica.....	7
Cuadro N° 2	Calificación de probetas de maquinado.....	30
Cuadro N° 3	Especies vegetales.....	34
Cuadro N° 4	Especies animales.....	35
Cuadro N° 5	Selección de la muestra.....	41
Cuadro N° 6	Dimensiones y números de probetas por ensayos.....	44
Cuadro N° 7	Selección de probetas e identificación de defecto.....	46
Cuadro N° 8	Clasificación de los defectos con base en su extensión y severidad	55
Cuadro N° 9	Sistema de evaluación de probetas de maquinado.....	56
Cuadro N° 10	Clasificación de probetas en función del porcentaje de piezas libre de defectos.....	57
Cuadro N° 11	Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto	57
Cuadro N° 12	Rango, calidad, grado.....	57
Cuadro N° 13	Tabla de base de datos cepillado a 30°	59
Cuadro N° 14	Velocidad de alimentación 12 m/min tangencial.....	60
Cuadro N° 15	Velocidad de alimentación 12 m/min tangencial.....	61
Cuadro N° 16	Velocidad de alimentación 12 m/min radial.....	62

Cuadro N° 17	Velocidad de alimentación 12 m/min radial.....	63
Cuadro N° 18	Velocidad de alimentación 12 m/min oblicuo.....	64
Cuadro N° 19	Velocidad de alimentación 12 m/min oblicuo.....	65
Cuadro N° 20	Tabla de base de datos cepillado a 15°	66
Cuadro N° 21	Velocidad de alimentación 12 m/min tangencial.....	67
Cuadro N° 22	Velocidad de alimentación 12 m/min tangencial.....	68
Cuadro N° 23	Velocidad de alimentación 12 m/min radial.....	69
Cuadro N° 24	Velocidad de alimentación 12 m/min radial.....	70
Cuadro N° 25	Velocidad de alimentación 12 m/min oblicuo.....	71
Cuadro N° 26	Velocidad de alimentación 12 m/min oblicuo.....	72
Cuadro N° 27	Resultados de ensayo de cepillado.....	73
Cuadro N° 28	Tabla de base de datos rayado.....	75
Cuadro N° 29	Rayado tangencial.....	76
Cuadro N° 30	Rayado tangencial.....	77
Cuadro N° 31	Rayado radial	78
Cuadro N° 32	Rayado radial	79
Cuadro N° 33	Rayado oblicuo.....	80
Cuadro N° 34	Rayado oblicuo.....	81
Cuadro N° 35	Tabla de base de datos vellosidad.....	82
Cuadro N° 36	Vellosidad tangencial.....	83
Cuadro N° 37	Vellosidad tangencial.....	84
Cuadro N° 38	Vellosidad radial	85

Cuadro N° 39	Vellosidad radial	86
Cuadro N° 40	Vellosidad oblicuo	87
Cuadro N° 41	Vellosidad oblicuo	88
Cuadro N° 42	Resultado del ensayo de lijado	89
Cuadro N° 43	Base de datos del taladrado	90
Cuadro N° 44	Resultado del ensayo de taladrado	91
Cuadro N° 45	Base de datos ensayo de torneado	92
Cuadro N° 46	Grano arrancado.....	92
Cuadro N° 47	Grano velloso.....	93
Cuadro N° 48	Resultado del ensayo de torneado	93
Cuadro N° 49	Tangencial grano astillado	94
Cuadro N° 50	Tangencial grano arrancado.....	95
Cuadro N° 51	Tangencial grano velloso	95
Cuadro N° 52	Radial grano astillado.....	96
Cuadro N° 53	Radial grano arrancado	96
Cuadro N° 54	Radial grano velloso	97
Cuadro N° 55	Oblicuo grano astillado	97
Cuadro N° 56	Oblicuo grano arrancado	98
Cuadro N° 57	Oblicuo grano velloso	98
Cuadro N° 58	Resultado del ensayo de Moldurado	99

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Estación meteorológica.....	33
--	----