

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



**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE TRABAJABILIDAD DE LA
MADERA DE NOGAL (*Juglans regia* L.) PROVENIENTE DE LA
COMUNIDAD DE CAÑA CRUZ, PROVINCIA MÉNDEZ, DEPARTAMENTO
DE TARIJA**

Por:

JUAN LUSBEL GUERRERO VEITES

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

TARIJA- BOLIVIA

Gestión 2021

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mi padre Florentino Guerrero y a mi madre Bacilia Veites O. por su apoyo incondicional y estar en los buenos y malos momentos siempre y por inculcarme lo mejor.

A mis hermanos por ser un ejemplo de superación constante para salir adelante.

A mi abuelo Modesto Aguilera por ser un ejemplo de vida y estar presente en los primeros pasos que di.

Gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Justificación.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La madera.....	4
2.1.1 Partes del tronco.....	4
2.1.1.1 Corteza.....	4
2.1.1.2 Cambium vascular.....	5
2.1.1.3 La médula.....	5
2.1.1.4 Anillos de crecimiento.....	5
2.1.1.5 Duramen y albura.....	5
2.1.2 Planos de corte de la madera.....	6
2.1.2.1 Corte transversal.....	6
2.1.2.2 Corte tangencial (madera plana).....	6
2.1.2.3 Corte radial (madera cuarteada).....	6
2.1.2.4 Corte oblicuo (falso cuarteado).....	6
2.2. Características de la especie en estudio.....	7
2.2.1. Cuadro descripción taxonómica del nogal (<i>juglans regia L.</i>).....	7
2.3. Descripción dendrológica e identificación.....	7
2.3.1. Generalidades de la especie.....	7
2.3.2. Morfología.....	7
2.3.3. La raíz.....	8

	Página
2.3.4. Las hojas.....	8
2.3.5. Las flores.....	8
2.3.6. Los frutos.....	8
2.3.7. La semilla.....	9
2.3.8 La madera.....	9
2.4 Factores que afectan el corte de la madera.....	9
2.4.1 Factores inherentes a la madera.....	9
2.4.1.1 Especie.....	9
2.4.1.2 Contenido de humedad.....	9
2.4.1.3 Temperatura de la madera.....	10
2.4.1.4 Coeficiente de fricción en corte.....	10
2.4.1.5 Orientación del grano.....	10
2.4.2 Factores inherentes a las condiciones de corte.....	10
2.4.2.1 Ancho de corte.....	10
2.4.2.2 Profundidad de corte.....	10
2.4.2.3 Velocidad de corte.....	10
2.4.2.4 Velocidad de alimentación.....	10
2.5 Trabajabilidad de la madera.....	11
2.5.1 Cepillado.....	11
2.5.1.2 Defectos de cepillado.....	12
2.5.2 Moldurado.....	13
2.5.3 Torneado.....	13
2.5.4 Lijado.....	14
2.5.5 Taladrado.....	15
2.6 Defectos más comunes del maquinado en la madera (trabajabilidad).....	15
2.6.1 Grano astillado.....	15
2.6.2 Grano apelmusado.....	15
2.6.3 Grano levantado.....	16
2.6.4 Grano rasgado.....	16
2.6.5 Rayones.....	16
2.7 Calificación de las pruebas de maquinado.....	16

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona de estudio.....	17
3.1.1 Ubicación.....	18
3.1.2 Accesibilidad.....	18
3.2 Características biofísicas.....	18

3.2.1 Fisiografía:	18
3.2.2 Suelos.	19
3.3 Características meteorológicas.....	19
3.3.1 Clima	19
3.4 Características bióticas (vegetación y fauna).....	20
3.5 Materiales.....	20
3.5.1 Materiales de gabinete.	20
3.5.2 Materiales y equipos de campo.	21
3.5.3 Maquinaria de carpintería.....	21
3.5.4 Material biológico.	21
3.6 Metodología.....	21
3.6.1 Normas empleadas.....	22
3.6.2 Selección de la zona.....	22
3.6.3 Selección de árboles.....	22
3.6.4 Selección de la troza.	22
3.6.5 Obtención de las probetas dentro de las trozas.....	23
3.6.7 Procedimiento para el control de contenido de humedad.....	24
3.7 Ensayo de cepillado.	25
3.7.1 Maquinaria y materiales	26
3.7.2 Accesorios.....	27
3.7.3 Ensayos con madera seca.....	27
3.7.4 Probetas.....	27
3.7.5 Procedimiento.....	28
3.7.6 Resultados de ensayos de cepillado	28
3.8 Ensayo de moldurado	29
3.8.1 Equipo y materiales	29
3.8.2 Probetas.....	29
3.8.3 Procedimiento.....	30
3.8.4 Calificación.....	30
3.9 Ensayo de torneado.....	31
3.9.1 Maquinaria y materiales.....	31
3.9.2 Probetas.....	32
3.9.3 Determinación de ángulo de corte para observación paralela al grano (fondo).....	32
3.9.4 Tipos de corte en ensayos de torneado	33
3.9.5 Ensayo de corte oblicuo	33
3.9.6 Calificación.....	34
3.10 Ensayo de lijado	34
3.10.1 Equipo y materiales	34
3.10.2 Probetas.....	35
3.10.3 Requisitos generales	35
3.10.4 Procedimientos.....	36
3.10.4.1 Ensayo de remoción con lija nº 60.....	36
3.10.4.2 Ensayo de lija nº 100	37

	Página
3.10.5 Calificación.....	37
3.10.5.1 Calificación de ensayo de remoción con lija nº 60.....	37
3.10.5.2 Calificación de lija nº 100.....	37
3.11 Ensayo de taladrado.....	38
3.11.1 Maquinaria y materiales.....	38
3.11.2 Probetas.....	38
3.11.3 Procedimiento.....	40
3.11.4 Calificación.....	40
3.12 Clasificación de los defectos en base a su extensión y severidad.....	41
3.12.1 Sistema de evaluación de probetas de maquinado.....	42
3.13 Calificación de probetas en función del porcentaje de piezas libres de defecto.....	43

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de ensayos de cepillado.....	44
4.1.2 Análisis de resultados del cepillado.....	44
4.1.3 Defectos secundarios.....	45
4.2 Resultados de ensayos de lijado.....	46
4.2.1 Defectos secundarios.....	47
4.3 Resultados de ensayo de moldurado.....	48
4.3.1 Análisis de resultados de moldurado.....	49
4.4 Resultados del ensayo de taladrado.....	49
4.4.1 Análisis de resultados de taladrado.....	50
4.4.2 Defectos secundarios.....	50
4.5 Resultados del ensayo de torneado.....	52
4.5.1 Análisis de resultados del torneado.....	52
4.6 Discusión.....	53

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	54
5.2 Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	57
Anexos.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 Partes del tronco	5
FIGURA 2 Planos de corte de la madera	7
FIGURA 3 Selección y derribe de árboles	22
FIGURA 4 Selección de la troza	23
FIGURA 5, FIGURA 6 Obtención de las probetas	24
FIGURA 7 Colocado a la estufa y control de CH	25
FIGURA 8 Colocado a la estufa y control de CH	25
FIGURA 9 FIGURA 10 Cepillado de la madera	26
FIGURA 11 Probetas de cepillado	27
FIGURA 12 Moldurado	29
FIGURA 13 Probetas de moldurado	30
FIGURA 14 Zonas de calificación de probetas de moldurado.....	31
FIGURA 15 Torno	31
FIGURA 16 Probetas torneadas	32
FIGURA 17 Determinación de ángulo.....	33
FIGURA 18 Lijadora portátil	35
FIGURA 19 Ensayo de taladrado.....	38
FIGURA 20 Broca para el ensayo.....	38
FIGURA 21 Probeta para ensayo de taladrado	39
FIGURA 22 Probetas ensayadas de taladrado.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
CUADRO 1 Descripción taxonómica	7
CUADRO 2 Calificación de las pruebas de maquinado.....	16
CUADRO 3 Cálculo del CH	25
CUADRO 4 Probetas de cepillado	27
CUADRO 5 Calificación.....	28
CUADRO 6 Probetas de moldurado	29
CUADRO 7 Probetas de torneado.....	32
CUADRO 8 Calificación.....	34
CUADRO 9 Probetas de taladrado.....	39
CUADRO 10 Clasificación de los defectos	41
CUADRO 11 Gravedad del defecto	41
CUADRO 12 Sistemas de evaluación de probetas de maquinado	42
CUADRO 13 Calificación en función del porcentaje	43
CUADRO 14 Resultados de ensayo de cepillado	44
CUADRO 15 Cepillado a 30°	45
CUADRO 16 Cepillado a 15°.....	46
CUADRO 17 Resultados de ensayos de lijado	46
CUADRO 18 Defectos secundarios	47
CUADRO 19 Resultados de ensayo de moldurado.....	48
CUADRO 20 Resultados de ensayo de taladrado	49
CUADRO 21 Calificación.....	50
CUADRO 22 Defectos secundarios	50
CUADRO 23 Resultados ensayo de torneado.....	52