

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



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE
TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE QUEÑUA (*Polylepis
tomentella Wedd*). PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE
RAMADAS, MUNICIPIO DE YUNCHARÁ - TARIJA**

POR:

DILMAR MUR TARIFA

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

2023

V° B°

.....
M. Sc. Ing. Sebastián Ramos Mejía.
PROFESOR GUÍA

.....
M.Sc. Ing. Milton Javier Caba Olguin
**DECANO FACULTAD
DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

.....
M.Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López
**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

**APROBADA POR:
TRIBUNALES**

.....
M.Sc Ing. José Adel Molina Ramos.
TRIBUNAL

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

.....
M.Sc Ing. Pedro Brozovich Farfán
TRIBUNAL

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del (la) autor (a).

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. Adel Molina, 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 Vladimir Mur Márquez y Filomena Tarifa Olarte por su apoyo incondicional, que con su ejemplo y humildad me enseñaron a enfrentar el camino de la vida, a mis hermanos quienes de una u otra manera me motivaron para culminar mis estudios, en especial el presente trabajo se lo dedico a mi estimada esposa Vanesa Alvarado por ser el motivo de ser cada día una mejor persona y por el apoyo desmedido que me brindó en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. HIPÓTESIS.	4
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1. Objetivo General.	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	
2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE.....	6
2.1.1. Descripción taxonómica de la especie Queñua (<i>Polylepis tomentella Wedd</i>)	6
2.1.2. Hojas:	7
2.1.3. Flores:.....	7
2.1.4. Frutos:	8
2.1. USOS.....	8
2.2. DISTRIBUCIÓN.....	8

2.3.1. Grupo I: Bosques de (<i>Polylepis</i>) de las punas xerofíticas	9
2.3.2. Grupo II: Bosques de (<i>Polylepis</i>) de las punas subhúmedo-húmedas	9
2.3.3. Grupo III: Bosques de (<i>Polylepis</i>) boliviano-Tucumanos	9
2.3.4. Grupo IV: Bosques de (<i>Polylepis</i>) de los Yungas.....	10
2.3. ECOLOGÍA DE LA ESPECIE.....	12
2.3.1 Distribución altitudinal.....	12
2.3.2. Funciones ecológicas.....	12
3. MADERA.....	12
3.1. PARED CELULAR	13
3.1.1. Estructura de la pared celular.	15
3.1.2. Tejido vegetal.....	16
3.1.3. Principales componentes de la madera.....	19
3.1.3. Estructura anatómica de la madera.	20
3.1.4. Definición de madera.	24
3.1.5. Madera temprana y madera tardía.	24
3.1.6. Poder calorífico de la madera	25
3.1.7. Propiedades acústicas	25
3.1.8. Propiedades eléctricas	26

3.1.9. Propiedades mecánicas.....	26
3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL TRONCO.....	27
3.2.1 Corteza.	27
3.2.3 Tipo de corteza.....	28
3.2.3 Corteza de Queñua (<i>polylepis tometella Wedd.</i>)	29
3.2.4. Cambium vascular.....	29
3.2.5. La médula.....	29
3.2.6. Anillos de crecimiento.	29
3.2.7 Albura y Duramen.....	31
3.3. PLANOS DE CORTE DE LA MADERA.....	32
2.4. DEFECTOS DE LA MADERA.....	33
2.5. TRABAJABILIDAD.....	35
2.5.1. Cepillado.....	35
2.5.2. Maquinaria.....	35
2.6. MAQUINARIA: TUPÍ.....	37
2.6.1. Torneado.....	38
2.6.2. Herramientas para el torneado	39
2.6.3. Maquinaria.....	40
2.7. TALADRADO.....	41

2.8. DEFECTOS EN EL MAQUINADO DE MADERA.....	42
2.8.1. Grano arrancado	42
2.8.2. Grano vellosos o alodonado.....	42
2.8.3. Grano levantado o astillado.....	43
2.8.4. Grano rugoso.....	44
2.8.5. Grano comprimido	45
2.8.5. Calificación de las pruebas de maquinado	45
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.	46
3.1.1. Localización.	47
3.1.2. Accesibilidad.....	47
3.1.3. Usos de la tierra.....	47
3.2. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.....	47
3.2.1. Clima.	47
3.2.2. Temperaturas máximas	48
3.2.3. Cantidad de precipitación.....	50
3.2.4. Suelo.....	51
3.2.5 Vegetación.....	51

3.2.6. Relieve.....	53
3.2.7. Fauna.....	53
4. MATERIALES.....	54
4.1.1. Materiales de gabinete.....	54
4.1.2. Material a Biológico.....	54
4.1.3. Materiales de campo	54
4.1.4. Maquinaria de carpintería.....	55
4.1.5. Materiales y equipo de gabinete.....	55
4.1. METODOLOGÍA.....	56
4.1.1. Método de investigación	56
4.1.2. Técnicas y Normas empleadas.....	56
4.1.3. Selección y colección de muestras.....	57
4.1.4. Selección de zona.....	58
4.1.6. Selección de los árboles	58
4.1.7. Identificación de la especie.....	59
4.1.8. Selección de las trozas	59
4.1.8. Obtención de las probetas en las trozas.....	61
4.1.9. Codificación de las probetas	63
3.3. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS	64

4.3.1. Ensayo de cepillado.....	64
3.3.2. Ensayo de torneado.	68
3.3.3. Ensayo de lijado.	69
3.3.4. Ensayo de moldurado.	71
3.4. Grados de calidad para la calificación de los ensayos.	73
3.4.1. Ecuación (PADT-REFORT., 1974)	74
3.4.2. Rango de calificación según la calidad para los ensayos.	74
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
5.1. RESULTADOS.....	75
5.1.1 CEPILLADO.....	75
5.1.1.1. Procedimiento para la obtención de datos del cepillado.	75
5.1.1.2. Análisis de resultado de cepillado.....	93
5.2. LIJADO.....	93
5.2.1. Procedimiento para la obtención de datos del lijado.....	93
5.2.2. Análisis del resultado del Lijado.....	111
5.3. TALADRADO.....	111
5.3.1. Procedimiento para la obtención de datos del taladrado.	111
5.3.2. Análisis de ensayo de taladrado	113

5.4. TORNEADO.....	113
5.4.1. Analisis de resultados de torneado.....	117
5.5. MOLDURADO.....	117
5.5.1. Análisis de resultado del moldurado.....	128
5.6 DISCUSIONES.....	128
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
6.1. CONCLUSIONES:.....	130
6.2. RECOMENDACIONES.....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	133
ANEXOS.....	138

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Detalle Hojas, Flores, Frutos inmaduros y Frutos Maduros de Queñua (plylepis tomentella Wedd)	7
Ilustración 2 Mapa de Distribución de los Bosques de Polylepis ssp. en Bolivia.	11
Ilustración 3 Membrana Plasmática	15
Ilustración 4 formula empírica celulosa	19
Ilustración 5 Albura y Duramen.....	21
Ilustración 6 Torta-Anillo de Crecimiento	22
Ilustración 7 tipos de grano	23
Ilustración 8 Madera de Compresión y Reacción	24
Ilustración 9 compresión paralela y perpendicular	26
Ilustración 10 Sección Transversal de una Rodaja de Juste.....	27
Ilustración 11 Anillos de Crecimiento	30
Ilustración 12 Descripción Anatómica.....	31
Ilustración 13 Planos de corte de la Madera-Radial, Tangencial y Transversal	32
Ilustración 14 Cepilladora o Garlopa y sus Partes	36
Ilustración 15 Nomenclatura usada en Cuchillas de Cepilladora.....	36
Ilustración 16 Esquema de modificación del ángulo de corte por medio de bisel	37
Ilustración 17 Fresadora o tupí.....	38
Ilustración 18 Torno.....	40
Ilustración 19 Taladro de Banco	41
Ilustración 20 Grano Arrancado.....	42
Ilustración 21 Grano Velloso	43
Ilustración 22 Grano Astillado	43
Ilustración 23 Grano rugoso.....	44
Ilustración 24 Distribución de nivel de fuste del árbol	60
Ilustración 23 Obtención de tablonés	61

Ilustración 24 Obtención de las probetas en las trozas	61
Ilustración 27 Secado de probetas	62
Ilustración 28 cepillado a favor y contra grano.....	64
Ilustración 29 Ensayo de Cepillado	65
Ilustración 30 Probeta para ensayo de taladrado.....	66
Ilustración 31 Broca para ensayo de taladrado	67
Ilustración 32 Moldurado a favor y contra grano.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Base de datos cepillado a 30°.....	76
Tabla 2 Velocidad de alimentación 12 m/min a favor grano tangencial.	78
Tabla 3 Velocidad de alimentación 12 m/min a contra grano tangencial.	79
Tabla 4 Velocidad de alimentación de 12m/min a favor del grano radial.	80
Tabla 5 Velocidad de alimentación de 12m/min a contra grano radial.....	81
Tabla 6 Velocidad de alimentación 12 m/min a favor del grano oblicuo.	82
Tabla 7 Velocidad de alimentación 12 m/min a contra grano oblicuo.	83
Tabla 8 Base de datos cepillado a 15°.....	84
Tabla 9 Velocidad de alimentación 12 m/min a favor del grano tangencial.....	86
Tabla 10 Velocidad de alimentación 12 m/min a contra grano tangencial.....	87
Tabla 11 Velocidad de alimentación 12 m/min a favor de grano radial.	88
Tabla 12 Velocidad de alimentación 12 m/min a contra grano radial.....	89
Tabla 13 Velocidad de alimentación 12 m/min a favor del grano oblicuo.	90
Tabla 14 Velocidad de alimentación 12 m/min a contra grano oblicuo.....	91
Tabla 15 Resultado del ensayo de cepillado	92
Tabla 16 Base de datos del rayado	94
Tabla 17 Rayado tangencial	96
Tabla 18 Rayado tangencial	97
Tabla 19 Rayado radial	98
Tabla 20 Rayado radial	99
Tabla 21 Rayado oblicuo	100
Tabla 22 Rayado oblicuo	101
Tabla 23 Base de datos de vellosidad	102
Tabla 24 Vellosidad tangencial.....	104
Tabla 25 Vellosidad tangencial.....	105
Tabla 26 Vellosidad radial.....	106

Tabla 27 Vellosidad radial	107
Tabla 28 Vellosidad oblicuo	108
Tabla 29 Vellosidad oblicuo	109
Tabla 30 Resultado del ensayo de lijado.....	110
Tabla 31 Base de datos de taladrado	112
Tabla 32 Resultados de taladrado	113
Tabla 33 Base de datos de torneado	114
Tabla 34 Grano arrancado.....	114
Tabla 35 Grano vellosa	115
Tabla 36 Resultado de ensayo de torneado	116
Tabla 37 Tangencial grano astillado	117
Tabla 38 Tangencial grano arrancado.....	118
Tabla 39 Tangencial grano vellosa	119
Tabla 40 Radial grano astillado.....	120
Tabla 41 Radial grano arrancado	121
Tabla 42 Radial grano vellosa	122
Tabla 43 Oblicuo grano arrancado	123
Tabla 44 Oblicuo grano vellosa	124
Tabla 45 Resultados de ensayo de moldurado	126
Tabla 46 Resultados de ensayo de moldurado	127

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Evaluación y Clasificación de las probetas de ensayo	45
Cuadro 2 Arbustos	52
Cuadro 3 pastos	52
Cuadro 4 Arboles	53
Cuadro 5 Principales especies de animales en el Municipio de Yunchará Comunidad Ramadas año 2007	53
Cuadro 6 Normas COPANT	57
Cuadro 7 Selección de Arboles	59
Cuadro 8 Dimensiones y números de probetas para los ensayos de Trabajabilidad...	62
Cuadro 9 Selección de las probetas e identificación de defectos	63
Cuadro 10 Clasificación de los defectos	65
Cuadro 11 Clasificación de defectos en taladrado	68
Cuadro 12 Clasificación de rango en grano arrancado	69
Cuadro 13 Clasificación de ensayo Remoción con lija N.º 60	70
Cuadro 14 análisis de la información	73

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 Temperatura Anual.....	48
Diagrama 2 temperaturas máximas.....	49
Diagrama 3 frecuencia heladas día.....	49
Diagrama 4 Cantidad de Precipitación.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Proceso de obtención de probetas.

ANEXO 2 Proceso de trabajabilidad de la madera.

ANEXO 3 Taxonomía de la especie (Queñua)

ANEXO 4 Ubicación general de las tres parcelas