

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



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MADERA
LAMINADA ENCOLADA DE LA ESPECIE TIMBOY
(*Enterolobium contortisiliquum* Vell. morong) DE LA COMUNIDAD DE ZAPATERA
NORTE - TARIJA - BOLIVIA**

Por:

SAUL OSVALDO GUTIERREZ GUTIERREZ

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

**Diciembre de 2018
TARIJA – BOLIVIA**

VºBº

.....
M.Sc. Ing. José Adel Molina Ramos.
DOCENTE GUÍA

.....
M.Sc. Ing. Freddy Castro Salinas
**DECANO a.i. DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

.....
M.Sc. Ing. Luis Arandia Mendivil
**VICEDECANO a.i. DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

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

.....
Ing. Deimer Jesus Moreno Molina

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

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).

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres Juan Carlos Gutierrez y Gladys Gutierrez por su inagotable amor, cariño, esfuerzo y sacrificio brindado durante este tiempo, a mis queridos Hermanos Carla y David Gutierrez .

A mi querida y siempre recordada Abuelita Germana Aspiazu que siempre llevo en el Corazón y mis recuerdos aunque ya no esté físicamente conmigo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por darme sabiduría para cumplir con este objetivo.

A mi querida Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Docentes por brindarme de su tiempo y ayuda necesaria en mi formación académica y orientación en el desarrollo del presente trabajo, en especial a los ingenieros Ariel Castillo G. , Deimer Moreno M. y Pedro Brozovich F. por formar parte de mi tribunal evaluador.

A mi asesor de Tesis Ing. José Adel Molina R. Por la predisposición, amistad y colaboración en el presente Trabajo.

Pon todo lo que hagas en manos de
Dios y tus planes tendrán éxito.

Proverbios 16: 3

ÍNDICE		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	JUSTIFICACIÓN	2
1.2	HIPÓTESIS	2
1.3	OBJETIVOS	2
1.3.1	Objetivo General	2
1.3.2	Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II		
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	LA MADERA	4
2.1.1	Partes del árbol	4
2.1.2	La Estructura de la Madera	4
2.1.3	Características Externas de la Madera	6
2.1.4	Clasificación de la Madera	7
2.2	LA MADERA LAMINADA ENCOLADA (MLE)	8
2.2.1	Inicios de la Madera Laminada Encolada (MLE)	9
2.2.2	Ventajas y Desventajas de la Madera Laminada Encolada	10
2.2.3	Unión por adhesivos	11
2.2.4	La Resina de Poliéster	13
2.3	PROPIEDADES MECÁNICAS	14
2.3.1	Factores que inciden sobre las Propiedades Mecánicas	15
2.3.2	Flexión Estática	17
2.3.3	Compresión Paralela al Grano	18
2.3.4	Compresión Perpendicular al Grano	19

2.3.5	Dureza	19
2.3.6	Cizallamiento	20
2.4	DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	20
2.4.1	Identificación	20
2.4.2	Taxonomía	21
2.4.3	Descripción del Árbol	21
2.4.4	Características Organolépticas de la Madera	24
2.4.5	Descripción Anatómica	24
2.4.6	Ecología	25
CAPÍTULO III		
3	MATERIALES Y METODOS	26
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	26
3.1.1	Ubicación	26
3.1.2	Ubicación Geográfica	26
3.1.3	Accesibilidad	26
3.1.4	Extensión Territorial	26
3.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NATURALES	28
3.2.1	Altitud	28
3.2.2	Topografía	28
3.3	CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS	28
3.3.1	Clima	28
3.3.2	Suelo	28
3.3.3	Recursos Vegetales (Flora)	29
3.3.4	Recursos Animales (Fauna)	29

3.3.5 Recursos Hídricos	29
3.4 ASPECTOS SOCIOCULTURALES	30
3.4.1 Educación	30
3.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	30
3.5.1 Accesos y Usos de Suelos	30
3.5.2 Producción Agrícola	31
3.5.3 Producción Forestal	31
3.5.4 Principales Riesgos Ambientales	32
3.5.5 Riesgos en Suelo	32
3.5.6 Riesgo en Agua	32
3.6 MATERIALES	33
3.6.1 Material biológico	33
3.6.2 Material de Campo	33
3.6.3 Material de Aserradero	34
3.6.4 Material para Encolado de Probetas	34
3.6.5 Material de Laboratorio	34
3.6.6 Material de Gabinete	35
3.7 METODOLOGÍA	35
3.7.1 Selección y Recolección de Muestras	36
3.7.2 Definición de la Población	36
3.7.3 Selección de la Zona	36
3.7.4 Selección de Arboles	37
3.7.5 Selección de la Troza	37
3.7.6 Selección de la Vigueta dentro de la Troza	37

3.7.7	Tratamiento Profiláctico	37
3.7.8	Obtención de las Probetas dentro de las Viguetas	37
3.7.9	Elaboración de las Probetas de Madera Laminada Encolada	38
3.7.10	Codificación de las Probetas	40
3.8	DESCRIPCIÓN DEL PEGAMENTO (1)	41
3.8.1	Carpicola Pegamento Vinílico para Carpintería (Monopol)	41
3.8.2	Usos	42
3.8.3	Ventajas	42
3.8.4	Preparación de la Superficie	42
3.8.5	Modo de Empleo	42
3.9	DESCRIPCIÓN DEL PEGAMENTO (2)	43
3.9.1	Cola Vinílica A20 (Fortex)	43
3.9.2	Presentación del producto	44
3.9.3	Aplicaciones y Recomendaciones	44
3.10	REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS	44
3.10.1	Flexión Estática (COPANT 455)	44
3.10.2	Determinación de Compresión Paralela al Grano (COPANT 464)	48
3.10.3	Determinación Compresión Perpendicular al Grano (COPANT 466)	51
3.10.4	Método de Determinación de Dureza (COPANT 465)	52
3.10.5	Determinación de Cizallamiento (COPANT 463)	54
3.10.6	Contenido de Humedad (COPANT 460)	55
CAPÍTULO IV		
4	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS RESULTADOS	56
4.1	Valor Promedio (\bar{x}) de los Valores Individuales por Árbol	56

4.2	Valor Promedio Total (\bar{x}) de todos los Valores Individuales	57
4.3	Estimación de la Varianza	57
4.4	Determinación del Coeficiente de Variación	59
4.5	Cálculo del Intervalo de la Confianza para el Valor Promedio Total	60
4.6	Determinación del Valor Relativo del Intervalo de Confianza ($\pm p$)	61

CAPÍTULO V

5	RESULTADOS	68
5.1	Propiedades Mecánicas	68
5.2	Discusión	71

CAPÍTULO VI

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1	Conclusiones	73
6.2	Recomendaciones	76
7	BIBLIOGRAFÍA	7
7.1	WEBGRAFÍA	1

ÍNDICE DE CUADROS	Página
Cuadro Nro. 1 Coordenadas De Los Árboles	36
Cuadro Nro.2 Cantidad de Probetas	38
Cuadro Nro.3 Resultados Ensayo de Flexión Estática	62
Cuadro Nro.4.Resultados Ensayo Compresión Paralela	63
Cuadro Nro.5.. Resultados Ensayo de Compresión Perpendicular	64
Cuadro Nro.6 Resultados Ensayo de Dureza	65
Cuadro Nro.7 Resultados Ensayo de Cizallamiento	66
Cuadro Nro.8 Resultado Total de los Ensayos Realizados	67
Cuadro Nro.9 Comparación de Resultados de los Ensayos de Probetas Encoladas y Probetas de Madera Maciza de Timboy	72

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura Nro.1 Laminado vertical	8
Figura Nro.2 Laminado horizontal	8
Figura Nro.3 Envase de Presentación del. Producto Carpicola Monopol	41
Figura Nro.4 Envase de Presentación del.Producto Cola Vinílica A20 (Fortex)	43
Figura Nro.5.Esquema del Ensayo de Flexión Estática	47
Figura Nro. 6Esquema del Ensayo de Compresión Paralela al Grano	50
Figura Nro. 7Esquema del Ensayo de Compresión Perpendicular al Grano	51
Figura Nro. 8Esquema del Ensayo Dureza.	53
Figura Nro. 9 Esquema del Ensayo de Cizallamiento	54
Figura Nro. 10 Planillas De Ensayos Flexión Estática	83
Figura Nro. 11 Planilla Ensayo De Compresión Paralela	84
Figura Nro. 12 Planilla Ensayo De Compresión Perpendicular	85
Figura Nro. 13 Planilla Ensayo De Dureza	86
Figura Nro. 14 Clave Para la Clasificación de Madera	87
Figura Nro. 15 Fallas Presentes En Los Ensayos De Flexión	89
Figura Nro. 16 Fallas Presentes en Los Ensayos De Compresión Paralela.	90

ÍNDICE DE GRAFICAS

Página

Grafica 1. Flexión Estática Seco Al Aire (Pegamento1)

46

Grafica 2. Compresión Paralela Seco Al Aire (Pegamento 1)

49

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	Página
Fotografía Nro. 1 Prensado De Probetas	39
Fotografía Nro. 2 Codificación De Probeta De Compresión Paralela	40
Fotografía Nro. 3 Pesaje De Probeta A1 Cp-7en La Balanza Electrónica	91
Fotografía Nro. 4 Toma De Datos Durante El Ensayo	91
Fotografía Nro. 5 Falla De Tracción De Grano Entre Cruzado Durante El Ensayo De Flexión Estática	92
Fotografía Nro. 6 Falla De Aplastamiento En Probeta A2cp-8 - Probeta A1cp-2	92
Fotografía Nro. 7 Prensa Amsler Aplicando Fuerza Durante El Ensayo De Cpn	93
Fotografía Nro. 8 Prensa Amsler Aplicando Fuerza Durante el Ensayo de Dureza	9
3	
Fotografía Nro. 9 y 10 Medición del Contenido de Humedad Con Xilohigrometro	9
4	
Fotografía Nro. 11 Láminas De Madera En Proceso De Secado Al Aire Libre	9
4	
Fotografía Nro. 12 Corte De Laminas De Madera De Timboy	94
Fotografía Nro. 13 Pesaje De Galletas Antes De Introducir A La Estufa	95
Fotografía Nro. 14	95

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS

RESULTADOS

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

