

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL



“DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO AL AIRE LIBRE MEDIANTE EL ENCASTILLADO HORIZONTAL DE LA ESPECIE TIMBOY (*Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong) PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE LOMA ALTA-CARAPARÍ”.

POR: Anselma Castillo Fernández

Tesis 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

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

DEDICATORIA:

A mi madre (Q.E.P.D) con todo mi cariño en su memoria, a mi padre por su apoyo incondicional, a mi querida hermana por sus enseñanzas y apoyo, a mis hermanos por el cariño que me brindan y a todas mis amigas que siempre estuvieron dándome palabras de aliento.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos infinitos:

A Dios por darme fuerzas todos los días para no rendirme, por enseñarme todos los días que todo puede ser posible con esfuerzo y sacrificio, por iluminar mi camino siempre y darme sabiduría para lograr mi propósito.

A mi hermana por ser como una madre en todo el tiempo de estudio, por apoyarme siempre incondicionalmente, por sus consejos y enseñanzas para no rendirme nunca, mi mayor gratitud ante ella. Y a mi padre por su comprensión y cariño.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Juan Misael Saracho por sus enseñanzas y apoyo académico en mi etapa de formación.

A mi profesor guía Ing. Javier Ariel Castillo Gareca por su colaboración y apoyo en esta última etapa de mi formación.

A mis amigas por estar siempre apoyándome y dándome aliento para seguir adelante y a todos mis compañeros por los buenos momentos compartidos.

ÍNDICE

Resumen	i
	Página
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	1
JUSTIFICACION.....	2
HIPOTESIS.....	3
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
CAPITULO I	
1. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
1.1. RECURSOS FORESTALES.....	4
1.2. SECADO DE LA MADERA.....	5
1.2.1. Secado natural.....	6
1.2.2. Velocidad del secado y factores que lo determinan.....	6
1.2.3. Humedad en la madera.....	7
1.2.4. Agua libre.....	7
1.2.5. Agua ligada o de constitución.....	7
1.2.6. Punto de saturación de las fibras PSF.....	7
1.2.7. Humedad de equilibrio HE.....	7
1.2.8. Gradiente de secado.....	7
1.2.9. Difusión del agua en la madera.....	8
1.2.10. Tensiones de secado dentro de la madera.....	8
1.2.11. Contenido de humedad de la madera (CH %)......	9
1.3. DEFECTOS DE LA MADERA EN EL SECADO.....	9
1.3.1. Agrietamiento.....	9
1.3.1.1. Grietas Superficiales.....	9
1.3.1.2. Grietas Internas.....	10
1.3.1.3. Prevención del Agrietamiento.....	10
1.3.2. Rajaduras.....	10
1.3.3. Colapso.....	11
1.3.3.1. Remoción del Colapso.....	11
1.3.4. Torceduras.....	12
1.3.4.1. Prevención y Remoción de las Torceduras.....	13

1.3.5. Manchas Químicas.....	13
1.3.6. Ventajas del secado al aire.....	13
1.3.7. Desventajas del secado al aire.....	14
1.4. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	14
1.5. DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA.....	15
1.5.1. Árbol.....	15
1.5.2. Flor.....	16
1.5.3. Fruto.....	16
1.5.4. Semillas.....	17
1.5.5. Usos.....	17
1.5.6. Distribución Geográfica.....	17

CAPITULO II

2. MATERIALES Y METODOS.....	19
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	19
2.1.1. Localización.....	20
2.1.2. Accesibilidad.....	20
2.1.3. Geomorfología.....	21
2.1.4. Fisiografía.....	21
2.1.5. Suelo.....	21
2.2. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.....	21
2.2.1. Clima.....	21
2.2.2. Hidrología.....	22
2.3. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS.....	22
2.3.1. Vegetación.....	22
2.3.2. Fauna silvestre.....	23
2.3.3. Tierras de Uso Forestal.....	23
2.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	23
2.4.1. Sistemas de Producción Agrícola.....	23
2.4.2. Uso actual de la tierra.....	24
2.4.3. Uso y ocupación de los suelos.....	24
2.5. MATERIALES.....	24
2.5.1. Fase de gabinete.....	24
2.5.2. Fase de campo.....	25
2.5.3. Material biológico.....	25
2.5.4. Fase de aserradero.....	25
2.5.5. Fase de laboratorio.....	25
2.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	26
2.6.1. Definición de la Población.....	27
2.6.2. Selección de la Zona.....	27
2.6.3. Selección de árboles.....	28
2.6.4. Selección de las Trozas.....	28
2.6.5. Obtención de las tablas.....	28
2.6.6. Obtención de probetas.....	28
2.6.7. Método de apilado.....	29
2.6.8. Apilado de la madera.....	29
2.6.9. Cubierta o techo.....	30

2.6.10. Orientación del encastillado.....	30
2.7. PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE SECADO.....	31
2.7.1. Secado en estufa de las galletas para el cálculo del CH inicial de las probetas de secado.....	31
2.7.2. Registro de datos del secado al aire.....	33
2.7.3. Determinación de contenido de humedad.....	33
2.8. EVALUACIÓN DE DEFECTOS.....	33
2.9. DISTRIBUCIÓN DE LA HUMEDAD EN LA MADERA.....	35
CAPITULO III	
3. RESULTADOS.....	36
3.1. CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL.....	36
3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
3.3. CONTROL DE DEFECTOS.....	48
3.4. DISTRIBUCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL ESPESOR DE LA MADERA.....	51
CAPITULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1. CONCLUSIONES.....	54
4.2. RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS	59

ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro N°1 Apilado de la madera.....	6
Cuadro N° 2 Descripción taxonómica del Timboy.....	15
Cuadro N° 3 Ubicación de los arboles a cortar.....	20
Cuadro N° 4 Vegetación presentes en la zona de extracción de los arboles...	22
Cuadro N° 5 Normas Para Determinar Los Ensayos.....	26
Cuadro N°6 Forma de medición de los defectos.....	33
Cuadro N° 7 Clasificación visual para los defecto de la madera.....	34
Cuadro N° 8 Cálculo del contenido de humedad inicial de los arboles.....	36
Cuadro N° 9 Análisis estadístico de las probetas para el contenido de humedad inicial de las probetas de secado.....	39
Cuadro N° 10 Pesos de control en gramos.....	40
Cuadro N° 11 Contenido de humedad de control para el secado al aire libre....	41
Cuadro N° 12 Análisis estadístico del contenido de humedad para las probetas orientadas de forma radial.....	44
Cuadro N° 13 Análisis estadístico del contenido de humedad para las probetas orientadas de forma tangencial.....	45
Cuadro N° 14 Temperatura máxima y humedad relativa en el tiempo de secado..	47
Cuadro N°15 Datos climáticos de la estación del Aeropuerto.....	48
Cuadro N° 16 Defectos producidos en el secado.....	49
Cuadro N° 17 Distribución de la humedad (%) en el espesor de la madera secada al aire libre.....	51

INDICE DE MAPAS

	Pagina
MAPA DE UBICACIÓN.....	19
UBICACIÓN DEL LUGAR DE SECADO DE LAS PROBETAS.....	31

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
FIGURA N° 1 Encastillado horizontal.....	2
FIGURAN°2 Comportamiento promedio de la curva teórica de secado al aire libre según el cuadro n°9.....	43
FIGURA N° 3 Comportamiento de la curva de secado de las probetas orientadas en dirección radial.....	45
FIGURA N°4 Comportamiento de la curva de secado de las probetas orientadas en dirección tangencial.....	46
FIGURA N°5 Distribución de la humedad en el espesor de la madera secada al aire libre.....	53

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pagina
Fotografía N° 1: Árbol de Timboy.....	16
Fotografía N°2: Inflorescencia del Timboy.....	16
Fotografía N°2: Inflorescencia del Timboy.....	16
Fotografía N° 3: Fruto del Timboy.....	17
Fotografía N° 4: El encastillado horizontal.....	27
Fotografía N° 5: Espaciado de las tablas.....	30
Fotografía N° 6 Utilización del equipo de medición.....	35
Fotografía N° 7 Distribución de la humedad a $\frac{1}{4}$	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Derribe de los árboles y el troceo para la obtención de las probetas de secado.

Anexo 2: Cálculo del contenido de humedad inicial de los arboles

Anexo 3: Canteo de las trozas.

Anexo 4: La fase del aserradero.

Anexo 5: Medición de la humedad inicial de las probetas de secado.

Anexo 6: Instalación del encastillado horizontal.

Anexo 7: Medición de la distribución del agua en la madera.

Anexo 8: Medición de los defectos de la madera.