

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



**“DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO POR INMERSIÓN  
PROLONGADA EN MADERA ROLLIZA DE LA ESPECIE EUCALIPTO  
(*Eucalyptus grandis* Walter Hill)”**

**Por:**

**VICTOR HUGO VELARDE LLANOS**

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

**Abril del 2014**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
**Ing. Dionicio Cruz Díaz**  
**DOCENTE GUIA**

.....  
**M. Sc. Ing. Línder Espinoza M.**  
**DECANO FACULTAD**  
**DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**  
**Y FORESTALES**

.....  
**M. Sc. Ing. Henry Valdez H.**  
**VICEDECANO FACULTAD**  
**DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**  
**Y FORESTALES**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Ariel Castillo Gareca**

.....  
**Ing. Pedro Brozovich Farfán**

.....  
**Ing. José Adel Molina Ramírez**

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).

## **DEDICATORIAS**

Este trabajo es dedicado a mis padres Teresa Llanos, Paulino Velarde y hermanos por el sacrificio, esfuerzo, y apoyo inmenso a lo largo del camino, que hizo posible mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Ing. Dionicio Cruz, por su orientación, que permitió la elaboración del presente estudio.

Al Ing. Ariel Castillo por su dedicación, amistad y colaboración en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

**Página**

INTRODUCCIÓN	1
1. JUSTIFICACIÓN	2
1.1 HIPÓTESIS	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PARTES DEL ÁRBOL	4
2.2 PARTES DE UN TRONCO	4
2.3 LA MADERA	5
2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS	5
2.4.1 MADERAS DURAS	5
2.4.2 MADERAS BLANDAS	6
2.5 EL ESTADO DEL AGUA EN LA MADERA	6
2.5.1 AGUA LIBRE	6
2.5.2 AGUA DE SATURACIÓN O HIGROSCÓPICA	6
2.5.3 AGUA DE CONSTITUCIÓN	7
2.6 DURABILIDAD DE LA MADERA	7
2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA MADERA	8
2.7.1 PROBLEMAS DE MANCHADO	9
2.7.2 GRIETAS Y RAJADURAS	9
2.7.3 PRINCIPALES CAUSAS DE DEGRADACIÓN DE LA MADERA	10

	<b>Página</b>
2.7.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA	10
2.8 MADERA DE EUCALIPTO	11
2.8.1 CELULOSA	11
2.8.2 LAS POLIOSAS O HEMICELULOSAS	11
2.8.3 LIGNINA	12
2.8.4 EXTRAÍBLES	12
2.8.5 AGENTES DESTRUCTORES BIOTICOS	13
2.8.6 HONGOS	13
2.8.7 HONGOS CROMOGENOS	14
2.8.8 MOHOS	14
2.9 INSECTOS XILÓFAGOS MÁS COMUNES	15
2.9.1 ORDEN COLEÓPTEROS	15
2.9.2 ORDEN ISÓPTEROS	17
2.9.3 PUDRICIÓN	19
2.9.3.1 PUDRICIÓN BLANCA	19
2.9.3.2 PUDRICIÓN MARRÓN O PARDA	19
2.10 EFECTOS DEL ATAQUE DEL HONGO DE PUDRICIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MADERA	20
2.11 CLASIFICACIÓN DE LOS PRESERVANTES	20
2.11.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE PROTECCIÓN	20
2.11.1.1 CREOSOTAS	21
2.11.1.2 PRODUCTOS ORGÁNICOS	22
2.11.1.3 PRODUCTOS INORGANICOS	23
2.11.1.4 SALES MÚLTIPLES	24
2.12 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS	27
2.12.1 INMERSIÓN PROLONGADA	28
2.12.2 ABSORCIÓN LÍQUIDA	28
2.12.3 ABSORCIÓN SÓLIDA	28
2.12.4 PENETRACIÓN LATERAL MEDIA	28

	<b>Página</b>
2.12.5 RETENCIÓN	29
2.12.5.1 RETENCIÓN SÓLIDA	29
2.12.5.2 RETENCIÓN LÍQUIDA	29
2.13 EUCALIPTO GRANDIS	30
2.13.1 DESCRIPCIÓN DEL EUCALYPTUS GRANDIS	30
2.13.2 TAXONOMÍA	30
2.13.3 DESCRIPCIÓN	31
2.13.4 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT	31
2.13.5 USOS	32

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	33
3.1 UBICACIÓN	33
3.2 ACCESIBILIDAD	34
3.3 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS	34
3.3.1 HIDROLOGÍA	34
3.3.2 GEOMORFOLOGÍA	34
3.3.3 FISIOGRAFÍA	35
3.3.4 SUELO	35
3.3.5 CLIMA	35
3.3.6 VEGETACIÓN	35
3.3.7 USO ACTUAL DE LA TIERRA	42
3.4 MATERIALES	43
3.4.1 MATERIALES DE CAMPO	43
3.4.2 MATERIAL DE ASERRDERO	43
3.4.3 MATERIAL DE LABORATORIO	43
3.4.4 MATERIAL DE GABINETE	44
3.5 MÉTODO	44

	<b>Página</b>
3.5.1 SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRA	44
3.5.2 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN	45
3.5.3 SELECCIÓN DE LA ZONA	45
3.5.4 SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES	45
3.5.5 SELECCIÓN DE LA TROZA	45
3.5.6 OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS	46
3.5.7 SELECCIÓN, CODIFICACIÓN Y SECADO DE LAS PROBETAS	46
3.5.7.1 FASE DE PRE CAMPO	47
3.5.7.2 FASE DE CAMPO	48
3.5.7.2.1 PREPARADO DE LA SOLUCION	48
3.5.7.3 FASE DE GABINETE	48
3.5.7.3.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y TOMA DE DATOS	48
3.5.7.4 FÓRMULAS A EMPLEAR PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DE GABINETE	48
3.5.7.4.1 ABSORCIÓN LÍQUIDA	48
3.5.7.4.2 ABSORCIÓN SÓLIDA	49
3.5.7.4.3 PENETRACIÓN LATERAL MEDIA	49
3.5.7.4.4 RETENCIÓN LÍQUIDA	50
3.5.3.4.5 RETENCIÓN SÓLIDA	50

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1 INMERSIÓN PROLONGADA	52
4.2 VALOR PROMEDIO TOTAL DE TODOS LOS VALORAS INDIVIDUALES	61
4.3 ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA	62
4.4 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	63
4.5 CÁLCULO DEL INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL VALOR	63

PROMEDIO

**Página**

4.6 DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DEL INTERVALO DE CONFIANZA 64

## **CÁPITULO V**

65

CONCLUSIONES

67

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

## **ANEXOS**

FIGURA N° 1 TIPOS DE PENETRACIÓN 8

CUADRO N°1 CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS SEGÚN SU DURABILIDAD NATURAL EN EL CONTACTO DIRECTO CON EL SUELO.

CUADRO N° 2 AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA

CUADRO N° 3 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN SÓLIDA

CUADRO N° 4 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN LÍQUIDA

CUADRO N° 5 CLASIFICACIÓN DE LA PENETRACIÓN

CUADRO N° 6 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TRATABILIDAD

CUADRO N° 7 CÁLCULOS OBTENIDOS DE 20 PROBETAS TRATADAS CON SAL CCA A 4,24 Y 72 HORAS DE TRATAMIENTO ILUSTRACIÓN DE LA FASE DE LABORATORIO

FOTO N° 1 RECIPIENTE DONDE SE REALIZÓ LAS PRUEBAS

FOTO N° 2 SOLUCIÓN CON LAS PROBETAS

FOTO N° 3 PESADO DE LAS PROBETAS EN LA BALANZA ACS-30 C CON 0,5 GR. DE PRECISIÓN.

FOTO N° 4 HORNO ELÉCTRICO

FOTO N° 5 PROBETAS SACADAS

FOTO N° 6 OBTENCIÓN DE GALLETAS

FOTO N° 7 GALLETA OBTENIDA EN INMERSIÓN