

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

*Facultad de Ciencias Forestales*



**CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA  
DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE  
MEDIANA DENSIDAD ELABORADOS  
CON RESIDUOS DE MADERA DE  
MARUPA (Simarouba amara)  
PROVENIENTE DE LA PLANTACIÓN  
DE JENARO HERRERA Y BOSQUE  
NATURAL**

*Tesis para optar el Título de*

***INGENIERO FORESTAL***

**Marco Antonio Tello Cochachez**

Lima – Perú

2006

# ÍNDICE

	Página
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES.....	3
2.2 GENERALIDADES DE LA ESPECIE MÁRUPA.....	3
2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROPIEDAD DEL TABLERO.....	4
2.3.1 <i>La Especie y su Densidad</i> .....	4
2.3.2 <i>Geometría de las partículas</i> .....	6
2.3.3 <i>Características de los adhesivos</i> .....	8
2.3.4 <i>Encolado de las partículas</i> .....	9
2.3.5 <i>Prensado con temperatura</i> .....	10
2.4 PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS.....	12
2.4.1 <i>Resistencia a la flexión</i> .....	12
2.4.2 <i>Resistencia a la tracción</i> .....	13
2.4.3 <i>Estabilidad Dimensional</i> .....	13
2.5 EDAD.....	15
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	16
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	16
3.2.1 <i>Especie</i> .....	16
3.2.2 <i>Insumos</i> .....	17
3.2.3 <i>Equipos e instrumentos</i> .....	17
3.3 METODOLOGÍA.....	18
3.3.1 <i>Preparación del tablero</i> .....	19
3.3.2 <i>Evaluación de los tableros</i> .....	24
3.3.3 <i>Diseño estadístico</i> .....	26
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1 DEL TABLERO.....	29
4.1.1 <i>Geometría de las partículas</i> .....	29
4.1.2 <i>Densidad de los tableros</i> .....	30
4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS.....	32
4.2.1 <i>Resistencia a la flexión: Módulo de ruptura (MOR)</i> .....	32
4.2.2 <i>Resistencia a la tracción</i> .....	35
4.3 ESTABILIDAD DIMENSIONAL.....	37
4.3.1 <i>Hinchamiento</i> .....	37
4.3.2 <i>Absorción de agua</i> .....	41
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>52</b>

CÁLCULOS PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE INSUMOS Y MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS .....	52
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>53</b>
VALORES DE ESPESOR, LONGITUD Y COEFICIENTE DE ESBELTEZ DE LAS PARTÍCULAS PRODUCIDAS LUEGO DEL ASTILLADO Y TAMIZADO.....	53
<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>54</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS COEFICIENTES DE ESBELTEZ DE LAS PARTÍCULAS PERTENECIENTES A UNA PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL .....	54
<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>55</b>
RESULTADO OBTENIDO EN LAS PROBETAS EVALUADAS PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS (G/CM <sup>3</sup> ) ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA DE MARUPA DE 16 AÑOS, 27 AÑOS Y BOSQUE NATURAL.....	55
<b>ANEXO 5 .....</b>	<b>56</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON PARTÍCULAS DE MADERA DE MARUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL.....	56
<b>ANEXO 6 .....</b>	<b>57</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIONES PAREADAS DE DENSIDAD DE LOS TABLEROS POR NIVELES DE EDADES ESTUDIADOS .....	57
<b>ANEXO 7 .....</b>	<b>58</b>
RESULTADO OBTENIDO EN LAS PROBETAS EVALUADAS PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> ) EN LOS TABLEROS ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA DE MARUPA DE 16 AÑOS, 27 AÑOS Y BOSQUE NATURAL .....	58
<b>ANEXO 8 .....</b>	<b>59</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MOR) DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON PARTÍCULAS DE MÁRUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL .....	59
<b>ANEXO 9 .....</b>	<b>60</b>
RESULTADO OBTENIDO EN LAS PROBETAS EVALUADAS PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/CM <sup>2</sup> ) EN LOS TABLEROS ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA DE MARUPA DE 16 AÑOS, 27 AÑOS Y BOSQUE NATURAL .....	60
<b>ANEXO 10 .....</b>	<b>61</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN LOS TABLEROS FABRICADOS CON PARTÍCULAS DE MADERA DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL .....	61
<b>ANEXO 11 .....</b>	<b>62</b>
RESULTADO OBTENIDO EN LAS PROBETAS EVALUADAS PARA EL CÁLCULO DE HINCHAMIENTO (%) A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN EN AGUA DE LOS TABLEROS ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA DE MARUPA DE 16 AÑOS, 27 AÑOS Y BOSQUE NATURAL .....	62
<b>ANEXO 12 .....</b>	<b>64</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL HINCHAMIENTO (%) A LAS 2 Y 24 HORAS EN LOS TABLEROS FABRICADOS CON PARTÍCULAS DE MADERA DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL .....	64
<b>ANEXO 13 .....</b>	<b>65</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIONES PAREADAS DE HINCHAMIENTO A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN EN AGUA DE LOS TABLEROS POR NIVELES DE EDADES ESTUDIADOS .....	65
<b>ANEXO 14 .....</b>	<b>67</b>

RESULTADO OBTENIDO EN LAS PROBETAS EVALUADAS PARA EL CÁLCULO DE ABSORCIÓN DE AGUA (%) A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN EN AGUA EN LOS TABLEROS ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA DE MARUPA DE 16 AÑOS, 27 AÑOS Y BOSQUE NATURAL .....	67
<b>ANEXO 15 .....</b>	<b>69</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA DE ABSORCIÓN DE AGUA (%) A LAS 2 Y 24 HORAS EN LOS TABLEROS FABRICADOS CON PARTÍCULAS DE MADERA DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL .....	69
<b>ANEXO 16 .....</b>	<b>70</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIONES PAREADAS DE ABSORCIÓN DE AGUA A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN EN AGUA DE LOS TABLEROS POR NIVELES DE EDADES ESTUDIADOS .....	70

## *Lista de cuadros*

Página

<b>CUADRO 1</b>	FRECUENCIAS, PROMEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DEL COEFICIENTE DE ESBELTEZ DE LAS PARTÍCULAS DE MADERA DE LA EDAD DE 16 AÑOS, 27 AÑOS Y BOSQUE NATURAL EMPLEADAS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS. ....	29
<b>CUADRO 2</b>	PROMEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LAS PROBETAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD ( $G/CM^3$ ) DE LOS TABLEROS ELABORADOS CON PARTÍCULAS DE MÁRUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL. ....	30
<b>CUADRO 3</b>	PROMEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LAS PROBETAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ( $KG/CM^2$ ) DE LOS TABLEROS ELABORADOS CON PARTÍCULAS DE MÁRUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL. ....	33
<b>CUADRO 4</b>	PROMEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LAS PROBETAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ( $KG/CM^2$ ) DE LOS TABLEROS ELABORADOS CON PARTÍCULAS DE MÁRUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL. ....	35
<b>CUADRO 5</b>	PROMEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LAS PROBETAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE HINCHAMIENTO (%) A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN EN EL AGUA DE LOS TABLEROS ELABORADOS CON PARTÍCULAS DE MARUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL. ....	38
<b>CUADRO 6</b>	PROMEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LAS PROBETAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE ABSORCIÓN DE AGUA (%) A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN EN EL AGUA PARA LOS TABLEROS ELABORADOS CON PARTÍCULAS DE MÁRUPA PROVENIENTE DE PLANTACIÓN Y BOSQUE NATURAL. ....	41

## Lista de figuras

	Página
<b>FIGURA 1</b> RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE LA MADERA Y EL MÓDULO DE RUPTURA. ....	5
<b>FIGURA 2</b> EFECTO DE LA DENSIDAD DE LA MADERA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL TABLERO CON VIRUTAS Y FLAKES (50 X 50%).....	6
<b>FIGURA 3</b> EFECTO DE LA RELACIÓN DE ESBELTEZ SOBRE EL MÓDULO DE RUPTURA, PROPIEDADES DIMENSIONALES Y ABSORCIÓN DE AGUA DE TABLEROS DE DOUGLAS-FIR. ....	8
<b>FIGURA 4</b> GARLOPA GENERADORA DE LOS RESIDUOS DE MADERA UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS. ....	20
<b>FIGURA 5</b> CEPILLADORA GENERADORA DE LOS RESIDUOS DE MADERA UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS. ....	20
<b>FIGURA 6</b> MOLINO DE ASPAS UTILIZADAS PARA EL DIMENSIONADO DE LAS PARTÍCULAS A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE MADERA. ....	21
<b>FIGURA 7</b> MALLA Nº 1 EMPLEADA EN EL MOLINO DE ASPAS.....	21
<b>FIGURA 8</b> PRENSA DE PLATOS CALIENTES HORNA MACCHINE .....	23
<b>FIGURA 9</b> DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS EN LOS TABLEROS ELABORADOS PARA LOS ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS. ....	26
<b>FIGURA 10</b> FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	27
<b>FIGURA 11</b> FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO DE HINCHAMIENTO A LAS 2 HORAS DE INMERSIÓN EN AGUA. ....	28
<b>FIGURA 12</b> FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO DE HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS DE INMERSIÓN EN AGUA. ....	28
<b>FIGURA 13</b> RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS Y LAS EDADES DE LAS PARTÍCULAS DE MADERA. ....	31
<b>FIGURA 14</b> RELACIÓN ENTRE EL MÓDULO DE RUPTURA DE LOS TABLEROS Y LAS EDADES DE LAS PARTÍCULAS DE MADERA.....	34
<b>FIGURA 15</b> RELACIÓN ENTRE LA CARGA UNITARIA DE LOS TABLEROS Y LAS EDADES DE LAS PARTÍCULAS DE MADERA. ....	36
<b>FIGURA 16</b> RELACIÓN ENTRE EL HINCHAMIENTO (%) A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN DE LOS TABLEROS Y LAS EDADES DE LAS PARTÍCULAS DE MADERA. ....	39
<b>FIGURA 17</b> RELACIÓN ENTRE LA ABSORCIÓN DE AGUA (%) A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSIÓN DE LOS TABLEROS Y LAS EDADES DE LAS PARTÍCULAS DE MADERA. ....	43