

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



---

---

**"Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) y su variación en los diferentes niveles del fuste proveniente del Distrito de Irazola"**

---

---

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Presentado por:

**RENINGER PEZO LÓPEZ**

**PUCALLPA - PERÚ**

**2014**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y  
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL



---

---

“Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Matisia cordata*  
Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) y su variación en los diferentes niveles  
del fuste proveniente del Distrito de Irazola”

---

---

Tesis para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

Presentado por:

RENINGER PEZO LÓPEZ

PUCALLPA – PERÚ

2014



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES



## COMISION DE GRADOS Y TITULOS

### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

N° 278-2014-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa siendo la 1:50 p.m. del día 13 de noviembre del 2014, se reunieron en la Butaca N° 2 de la Universidad Nacional de Ucayali, los miembros del Jurado Calificador integrado:

Ing. MSc. Manuel Iván Salvador Cárdenas	-	Presidente
Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto	-	Miembro
Ing. Clovis Ramírez Ramírez	-	Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis titulada: **“COMPORTAMIENTO A LA TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) Y SU VARIACION EN LOS DIFERENTES NIVELES DEL FUSTE PROVENIENTE DEL DISTRITO DE IRAZOLA”**, sustentada por el Bachiller Reninger Pezo López.

Terminada la exposición se procedió a la rueda de preguntas por los Miembros del Jurado Evaluador, siendo absueltas satisfactoriamente por el tesista, llegando a la siguiente conclusión:

La tesis fue aprobada por **MAYORÍA**, quedando el tesista para optar el Título de **Ingeniero Forestal**,

Dejamos constancia que el Ing. Clovis Ramirez Ramirez, tercer miembro del jurado no asistió por razones de salud.

Siendo las 3:20 p.m. se dió por concluido el acto académico.

.....  
Ing. MSc. Manuel Iván Salvador Cárdenas  
Presidente

.....  
Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto  
Miembro

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la bendición de tener una hermosa familia y estar conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mi madre Sonia Ivonne López Tapullima que en paz descansa, a quien le agradezco su amor, su cariño y el haberme inculcado la meta de llegar a ser un profesional de éxito.

A mi papa Jean Pezo López quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo instante en mi inteligencia y capacidad.

A la memoria de mi abuelo Eli Pezo Flores que en paz descansa quien a través de sus sabias enseñanzas me inculco valores y siempre me apoyo a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTO

- ✓ Al Ing. M.Sc. David Gerardo Lluncor Mendoza, asesor del presente trabajo por su invaluable y desinteresado apoyo incondicional en la elaboración y culminación de la tesis.
- ✓ Al Ing. Clovis Ramírez Ramírez por sus conocimientos brindados y el apoyo en el análisis técnico del proyecto.
- ✓ Al Ing. Edson Alfonso Maca Sangama encargado del laboratorio de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali, por haberme brindado un adecuado ambiente de trabajo, durante la ejecución de los ensayos respectivos.
- ✓ Agradezco a todo los docentes del Departamento de Industrias Forestales de la UNU, por los conocimientos teóricos y prácticos que me brindaron en las aulas
- ✓ Mi reconocimiento a todas las personas que de una u otra manera han contribuido al desarrollo y culminación del presente trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Índice de contenido .....	v
Índice de cuadros .....	ix
Índice de gráficos .....	xiv
Índice de figuras .....	xvii
Índice de anexos .....	xviii
Resumen .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Formulación del problema .....	3
1.2. Justificación .....	4
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. La especie .....	5
2.2. Consideraciones sobre trabajabilidad de la madera .....	7
2.3. Estudios de trabajabilidad en las especies .....	8
2.4. Influencia de la estructura anatómica en la trabajabilidad .....	14
2.5. Defectos producidos .....	16
2.6. Definición de términos básicos .....	18
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA</b>	
3.1. Método de investigación .....	20
3.2. Población y muestra .....	20
3.2.1. Población .....	20
3.2.2. Muestra .....	20

3.3. Instrumentos de recolección de datos.....	21
3.3.1. Materiales .....	21
3.3.2. Equipos .....	21
3.3.3. Maquinarias .....	22
3.4. Procedimiento de recolección de datos .....	22
3.4.1. Selección de árboles .....	22
3.4.2. Talado del árbol .....	22
3.4.3. Trozado del fuste .....	22
3.4.4. Colección de muestras botánicas e identificación .....	23
3.4.5. Marcado y aserrío de trozas .....	23
3.4.6. Preparación de las probetas .....	24
3.4.7. Secado de la madera .....	25
3.4.8. Descripción anatómica de la madera .....	25
3.4.9. Ejecución de los ensayos .....	25

#### **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUCION**

4.1. Ensayo del cepillado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	32
4.1.1. Grados de calidad de la madera .....	32
4.1.2. Prueba de independenciam de los grados de calidad por nivel de fuste, plano y sentido de corte producidos en el cepillado .....	36
4.1.3. Calificación según grados de calidad .....	38
4.1.4. Prueba de independenciam de la calificación del cepillado por nivel de fuste, plano y sentido de corte .....	43
4.2. Ensayo del lijado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	45
4.2.1. Grados de calidad de la madera .....	45

4.2.2. Calificación de la madera según grados de calidad en el lijado .....	49
4.3. Ensayo del moldurado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	53
4.3.1. Grados de calidad por defectos de la madera .....	53
4.3.2. Prueba de independencia de los grados de calidad para el defecto de grano arrancado, vellosidad y grano astillado generados en el moldurado .....	58
4.3.3. Calificación según grados de calidad .....	61
4.3.4. Prueba de independencia de la calificación del moldurado por nivel de fuste, plano y sentido de corte .....	65
4.4. Ensayo del taladrado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	68
4.4.1. Grados de calidad de la madera .....	68
4.4.2. Prueba de independencia de los grados de calidad para el defecto ruptura del grano generado en el taladrado .....	73
4.4.3. Calificación según grados de calidad en el taladrado .....	74
4.4.4. Prueba de independencia de la calificación del defecto ruptura del grano generado en el taladrado .....	80
4.5. Ensayo del torneado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	83
4.5.1. Grados de calidad de la madera .....	83
4.5.2. Prueba de independencia de los grados de calidad para los defectos encontrado en el torneado (grano arrancado, astillado, rugosidad) .....	88
4.5.3. Calificación según los grados de calidad encontrados en el torneado .....	91

4.5.4. Prueba de independencia de la calificación de los defectos encontrados en el torneado (grano astillado, grano arrancado, rugosidad) .....	95
--	----

**CAPITULO V: CONCLUSIONES**

5.1. En cepillado .....	98
5.2. En moldurado .....	98
5.3. En lijado .....	99
5.4. En taladrado .....	100
5.5. En torneado .....	101
<b>CAPITULO VI: RECOMENDACIONES</b> .....	103
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	104
<b>ANEXOS</b> .....	108

## ÍNDICE DE CUADROS

	<i>Página</i>
Cuadro 1: Ubicación de los árboles (muestra) .....	21
Cuadro 2: Factores de conversión de defectos de cepillado según su severidad ..	26
Cuadro 3: Calificación de los ensayos de trabajabilidad .....	26
Cuadro 4: Rango de calificación según la calidad para los ensayos de trabajabilidad .....	27
Cuadro 5: Factores de conversión de defectos para moldurado y torneado según la severidad .....	28
Cuadro 6: Factores de conversión de lijado según la severidad .....	28
Cuadro 7: Factores de conversión de defectos de taladrado según la severidad .....	29
Cuadro 8: Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	32
Cuadro 9: Distribución porcentual de los grados de calidad en el cepillado por nivel de fuste .....	33
Cuadro 10: Distribución porcentual de los grados de calidad en el cepillado por planos de corte .....	35
Cuadro 11: Distribución porcentual de los grados de calidad en el cepillado por sentido de corte .....	36
Cuadro 12: Resumen de la prueba de independencia de las variables del cepillado con cada uno de los grados de calidad .....	36
Cuadro 13: Resumen general de la prueba de independencia de las variables del cepillado con el grado de calidad I, II y III .....	37
Cuadro 14: Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) .....	38
Cuadro 15: Calificación general al cepillado de la madera .....	39
Cuadro 16: Calificación de las probetas por nivel de fuste .....	40

Cuadro 17:	Calificación de las probetas por planos de corte .....	41
Cuadro 18:	Calificación de las probetas por sentido de corte .....	42
Cuadro 19:	Resumen de la prueba de independencia de las variables del cepillado con cada uno de las calidades .....	43
Cuadro 20:	Prueba de independencia de las variables del cepillado (nivel de fuste, plano de corte, sentido de corte) vs calidad del defecto encontrado .....	43
Cuadro 21:	Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland .....	45
Cuadro 22:	Distribución porcentual de los grados de calidad del lijado por nivel de fuste .....	46
Cuadro 23:	Distribución porcentual de los grados de calidad en el lijado por planos de corte .....	47
Cuadro 24:	Distribución porcentual de los grados de calidad del lijado por sentido de corte .....	48
Cuadro 25:	Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland .....	49
Cuadro 26:	Calificación de las probetas por niveles de fuste .....	50
Cuadro 27:	Calificación de las probetas por planos de corte .....	51
Cuadro 28:	Calificación de las probetas por sentido de corte .....	52
Cuadro 29:	Resumen general de los grados de calidad por defectos de la superficie de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland en moldurado .....	53
Cuadro 30:	Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por nivel de fuste .....	55

<b>Cuadro 31:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por plano de corte .....</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 32:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por sentido de corte .....</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 33:</b>	<b>Resumen de la prueba de independencia de las variables del moldurado (nivel, plano, sentido) vs grados de calidad en cada defecto encontrado .....</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro 34:</b>	<b>Prueba de independencia de las variables del moldurado (nivel, plano, sentido) vs grados de calidad en cada defecto encontrado .....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro 35:</b>	<b>Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE) .....</b>	<b>61</b>
<b>Cuadro 36:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados por nivel de fuste .....</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro 37:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados por plano de corte .....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 38:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados por sentido de corte .....</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 39:</b>	<b>Resumen de prueba de independencia de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE) .....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 40:</b>	<b>Prueba de independencia de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE) .....</b>	<b>66</b>

<b>Cuadro 41:</b>	<b>Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE) para el ensayo de taladrado .....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 42:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado a 890 y 1580 rpm .....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 43:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por niveles de fuste .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 44:</b>	<b>Distribución porcentual del grado de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por planos de corte .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 45:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad de la ruptura del grano del taladrado en la entrada, salida y fondo de las probetas ...</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 46:</b>	<b>Resumen de la prueba de independencia de las variables del taladrado (nivel de fuste, plano de corte) vs grados de calidad en el defecto encontrado .....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 47:</b>	<b>Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste, plano de corte) vs grados de calidad del defecto encontrado .....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 48:</b>	<b>Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad para el defecto de ruptura encontrado en el taladrado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE) .....</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 49:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas por niveles de fuste .....</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 50:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas por planos de corte .....</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 51:</b>	<b>Distribución porcentual de las probetas en función de la entrada, salida y fondo de las probetas .....</b>	<b>79</b>

<b>Cuadro 52:</b>	<b>Resumen de prueba de independencia de la calificación de la madera según el grado de calidad para el defecto de ruptura encontrado en el taladrado de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE)</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro 53:</b>	<b>Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste, plano de corte) vs calidad del defecto encontrado</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro 54:</b>	<b>Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE)</b>	<b>83</b>
<b>Cuadro 55:</b>	<b>Resumen de la prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs grados de calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°</b>	<b>88</b>
<b>Cuadro 56:</b>	<b>Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs grados de calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°</b>	<b>89</b>
<b>Cuadro 57:</b>	<b>Resumen general de la calificación según los grados de calidad encontrado en la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, &amp; Bonpland (SAPOTE)</b>	<b>91</b>
<b>Cuadro 58:</b>	<b>Resumen de la prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°</b>	<b>95</b>
<b>Cuadro 59:</b>	<b>Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°</b>	<b>96</b>

## INDICE DE GRAFICOS

	<i>Página</i>
Gráfico 1: Distribución porcentual de los defectos generados en el cepillado .....	32
Gráfico 2: Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado .....	33
Gráfico 3 Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado por nivel de fuste .....	34
Gráfico 4: Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado por planos de corte.....	35
Gráfico 5: Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado por sentido de corte.....	36
Gráfico 6: Calificación general de la madera de <i>Matisia cordata</i> Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) al cepillado.....	39
Gráfico 7: Distribución porcentual de las probetas que califican como excelente y bueno por niveles de fuste .....	40
Gráfico 8: Distribución porcentual de las probetas que califican como excelente y bueno considerando planos de corte. ....	41
Gráfico 9: Distribución porcentual de las probetas excelentes por sentido de corte.....	42
Gráfico 10: Distribución porcentual de los grados de calidad de la vellosidad generados en el lijado... ..	45
Gráfico 11: Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el lijado por nivel de fuste.....	46
Gráfico 12: Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el lijado por planos de corte. ....	47
Gráfico 13: Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el lijado por sentido de corte.....	48
Gráfico 14: Distribución porcentual de la calificación de la madera por número de lija.....	49

<b>Gráfico 15:</b>	<b>Distribución porcentual de las probetas que califican como excelente por niveles de fuste.....</b>	<b>50</b>
<b>Gráfico 16:</b>	<b>Distribución porcentual de las probetas que califican como excelente considerando planos de corte.....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 17:</b>	<b>Distribución porcentual de las probetas excelentes por sentido de corte.....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 18:</b>	<b>Distribución porcentual de los defectos generados en el moldurado .....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 19:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad de los defectos generados en el moldurado.....</b>	<b>54</b>
<b>Gráfico 20:</b>	<b>Interpretación de la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por nivel de fuste .....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico 21:</b>	<b>Interpretación de la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por plano de corte.....</b>	<b>56</b>
<b>Gráfico 22:</b>	<b>Interpretación de la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por sentido de corte.....</b>	<b>57</b>
<b>Gráfico 23:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de los defectos generados en el moldurado.....</b>	<b>61</b>
<b>Gráfico 24:</b>	<b>Interpretación de la distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados en el moldurado por nivel de fuste.....</b>	<b>63</b>
<b>Gráfico 25:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados en el moldurado por plano de corte.....</b>	<b>64</b>
<b>Gráfico 26:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados en el moldurado por sentido de corte .....</b>	<b>65</b>
<b>Gráfico 27:</b>	<b>Distribución del grado de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado a 890 y 1580 rpm.....</b>	<b>68</b>

<b>Gráfico 28:</b>	<b>Distribución de los grados de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por niveles de fuste.....</b>	<b>70</b>
<b>Gráfico 29:</b>	<b>Distribución del grado de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por planos de corte.....</b>	<b>71</b>
<b>Gráfico 30:</b>	<b>Distribución de los grados de calidad de la ruptura del grano del taladrado en la entrada, salida y fondo de las probetas .....</b>	<b>72</b>
<b>Gráfico 31:</b>	<b>Calificación de la madera por velocidad de giro de la cuchilla .....</b>	<b>75</b>
<b>Gráfico 32:</b>	<b>Distribución de la calificación de las probetas por niveles de fuste.....</b>	<b>76</b>
<b>Gráfico 33:</b>	<b>Distribución de la calificación de las probetas por planos de corte .....</b>	<b>78</b>
<b>Gráfico 34:</b>	<b>Distribución de las probetas en función de la entrada, salida y fondo de las probetas.....</b>	<b>79</b>
<b>Gráfico 35:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de las probetas por ángulo de corte .....</b>	<b>83</b>
<b>Gráfico 36:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de calidad del grano astillado de las probetas por niveles de fuste.....</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico 37:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados del grano arrancado de las probetas por niveles de fuste .....</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico 38:</b>	<b>Distribución porcentual de los grados de rugosidad de las probetas por niveles de fuste .....</b>	<b>87</b>
<b>Gráfico 39:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación del grano astillado por niveles de fuste .....</b>	<b>91</b>
<b>Gráfico 40:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación del grano arrancado por niveles de fuste .....</b>	<b>93</b>
<b>Gráfico 41:</b>	<b>Distribución porcentual de la calificación del defecto rugosidad por niveles de fuste.....</b>	<b>94</b>

## INDICE DE FIGURAS

*Página*

<b>Figura 1.</b>	<b>Distribución de los niveles de fuste del árbol .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Esquema de aserrío de la troza para sacar probetas de trabajabilidad .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Dimensiones de las probetas para los ensayos de cepillado, moldurado, lijado y taladrado .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Dimensiones de las probetas para el ensayo de torneado .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Dimensiones de las probetas para el ensayo de Cepillado .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Dimensiones de las probetas para el ensayo de taladrado .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Dimensiones de las probetas para el ensayo de torneado .....</b>	<b>30</b>

## INDICE DE ANEXOS

	<i>Página</i>
ANEXO 1. Coordenadas de la muestra .....	109
ANEXO 2. Plano de ubicación de los cinco arboles .....	110
ANEXO 3. Identificación de la especie .....	111
ANEXO 4. Características de identificación macroscópicas de zapote ( <i>Matisia cordata</i> ) .....	112
ANEXO 5. Maquinarias de carpintería .....	113
ANEXO 6. Ejecución de ensayos .....	115

## **Resumen**

El territorio peruano presenta abundantes bosques tropicales con gran variedad de especies forestales maderables que aún no han sido estudiados, situación que se refleja en la actualidad en las industrias de transformación ya que su materia prima es selectiva, dejando a un lado a aquellas especies de bajo valor comercial, y contribuyendo a la explotación irracional de especies forestales con alto valor comercial actualmente.

Por este motivo se estudió el comportamiento que presenta la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) a procesos de trabajabilidad como el cepillado, lijado, moldurado, taladrado y torneado. La metodología utilizada fue la establecida en la norma ASTM D-1666-64 y de las experiencias en maderas tropicales obtenidas por Lluncor (1977 y 1992) adecuándolas a los equipos, materiales disponibles y condiciones de trabajo del lugar.

En el ensayo de cepillado se trabajó con una velocidad de alimentación de 12 m/s y con un ángulo de corte de cuchilla de 30°, identificando solo el defecto de vellosidad donde se encontrando mayormente probetas de calidad excelente.

Los ensayos realizado con las lijas N° 60 y N° 120 mostraron iguales resultados, donde se presentó solo el defecto de vellosidad, calificando el total de probetas como excelente.

En el ensayo de moldurado se identificó los defectos de grano arrancado, vellosidad y grano astillado, encontrando mayormente probetas de calidad excelente.

Para el ensayo de taladrado se trabajó con velocidades de giro de cuchilla de 890 rpm y 1580 rpm, identificando en ambos solo el defecto de ruptura del grano, y generando en su mayoría probetas de calidad bueno.

En el ensayo de torneado se trabajó con los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°, identificando los defectos de grano astillado, grano arrancado y rugosidad, y mostrando el ángulo de corte de 0° un mejor comportamiento respecto a las demás.

## Summary

The Peruvian territory has abundant tropical with a variety of timber species that have not yet been studied forests, and this is reflected today in the processing industries as its raw material is selective, leaving aside those species under commercial value and contributing to the irrational exploitation of forest species with high commercial value now.

Because of this behavior that has wood *Matisia cordata* Humboldt & Bonpland (SAPOTE) processes workability as brushing, sanding, molding, drilling and turning is studied. The methodology was established in ASTM D-1666-64 standard and experience in tropical timber obtained by Lluncor (1977 and 1992), adapting them to the equipment, materials available and working conditions of the place.

In brushing assay worked with a feed rate of 12 m / s and a blade cutting angle of 30°, only the defect identifying villus samples of excellent quality which is largely found.

The tests performed with sandpaper N° 60 and N° 120 showed similar results, which are presented only defect hairiness, calling the total samples as excellent.

In the trial of molding defects torn grain, hairiness and chipped grain is identified, mostly finding specimens of excellent quality.

Drilling for assay worked with blade speeds of 890 rpm and 1580 rpm, identifying the defect in both single bead breaking and generating mostly good quality specimens.

In the trial by turning worked with cutting angles of 0°, 15° and 45°, identifying defects chipped grain, torn grain and roughness, and showing the cutting angle of 0° a better performance compared to other .

## INTRODUCCION

Los bosques húmedos de nuestra selva, sitúan al país en el segundo lugar en América latina, con 78.8 millones de ha de bosques naturales. Dichos bosques, albergan una gran diversidad de especies de árboles que supera las 2500 especies forestales, constituyendo un importante recurso para la obtención de madera para diferentes usos en nuestra vida diaria. Hoy en la actualidad observamos que muchas especies no son aprovechadas por la industria forestal, el aprovechamiento de estas se realiza en forma selectiva ya que de muchas especies no se poseen información referente a las propiedades tecnológicas de trabajabilidad como son el cepillado, lijado, moldurado, taladrado, torneado, etc. Y es la industria de transformación secundaria la que de alguna u otra forma debería promover el estudio de aquellas especies que poseen poca información de maquinado, con el fin de darle un valor agregado a estas especies, promoviendo así una extracción racional en el sector forestal.

Frente a esta realidad es necesario realizar investigación de nuevas especies referente a las diferentes etapas de transformación, comportamiento a la trabajabilidad entre otros que nos permita obtener y conocer el acabado conveniente ya sea como elemento estructural, decorativo, artesanía, muebles, etc. Con el estudio del comportamiento a la trabajabilidad de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) a través de los resultados obtenidos se busca promover el buen uso de esta especie, pudiendo de esta manera hacer la recomendación más conveniente de acuerdo a los requisitos que una madera debe reunir para un determinado producto final.

En el aspecto técnico científico, el estudio del comportamiento a la trabajabilidad de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) aportara información de las características del comportamiento de esta especie al momento del maquinado, pudiendo de esta manera hacer la recomendación más conveniente para el aprovechamiento de esta especie.

En el aspecto socioeconómico se busca contribuir en el desarrollo de la industria manufacturera forestal, resaltando como debe ser empleado para darle el mayor valor agregado.

En el aspecto ecológico contribuirá al buen aprovechamiento del bosque, minimizando la tala selectiva de algunas especies, que hoy en día se encuentran explotadas irracionalmente.

Es por ello que el siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo general: determinar el comportamiento de la madera *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) al maquinado en función al nivel de fuste del árbol. Asimismo, se plantearon los objetivos específicos: determinar la influencia del nivel de fuste en la calidad de superficie al cepillado, moldurado, torneado, taladrado y lijado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE); determinar la influencia del sentido de corte en la calidad de superficie al cepillado, moldurado, torneado, taladrado y lijado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE); determinar la influencia del plano de corte en la calidad de superficie al cepillado, moldurado, torneado, taladrado y lijado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE); determinar los defectos predominantes que se presentan en el cepillado, moldurado, torneado, taladrado y lijado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE), cuando se considera los niveles del fuste, anisotropía de la madera y sentido de corte.

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Formulación del problema.

La Región Ucayali, así como todas aquellas regiones que poseen bosques tropicales, cuentan con una diversidad de especies, cada una con diferentes propiedades y características, las cuales se pueden aprovechar ventajosamente para satisfacer específicas necesidades de la población. Se tiene especies que se les conoce por su bajo valor comercial, pero que con adecuados tratamientos pueden ser usadas para un determinado fin aumentando su valor.

El poco conocimiento de nuestras especies y el uso que se le pueda dar hace que estemos desaprovechando muchas de las maderas que pueden ser valiosas y que pueden ser fáciles de trabajar. La gran diversidad de especies maderables presentes en el bosque; hace que contemos con escasa o nula información. Esta falta de estudios conlleva a una explotación del recurso madera en forma selectiva dejando de un lado a especies que no se conocen.

Hoy en día existe información acerca del comportamiento de la madera al maquinado y acabado; la cual se pone en práctica en forma empírica sin tener en consideración aspectos técnicos como las características de la trabajabilidad, aspectos que están relacionados con la estructura anatómica, propiedades físicas y mecánicas y composición química de la madera.

Por tal motivo con el presente estudio se pretende conocer el comportamiento al maquinado de la madera de la especie *Matisia cordata* Humboldt, y Bonpland (SAPOTE) en cepillado, moldurado, lijado, taladrado y torneado, con la finalidad de orientar su uso y por consiguiente contribuir a darle el valor agregado respectivo, sabiendo que esta especie se

encuentra en los departamentos de Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Habita en bosques primario no inundados y poco frecuente en bosques inundados.

## **1.2 Justificación.**

Es importante conocer en las diferentes etapas de transformación de la madera su comportamiento al maquinado (trabajabilidad), esto permite obtener el acabado conveniente ya sea como elemento estructural, decorativo, artesanía, muebles u otros. Como una alternativa de solución que contribuya al uso integral y adecuado de este recurso, lo que nos permitirá obtener una mayor rentabilidad, como por ejemplo la confección de muebles, se debe tener en cuenta las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas, sus dimensiones finales; así también el tipo maquinarias y herramientas, uso correcto y mantenimiento de estas. A esto si se le suma operaciones adicionales (tratamientos preservativos, secados y acabados), que se convertirán en valor agregado, satisfaciendo en forma óptima al usuario y beneficiando grandemente al productor o empresario, siendo necesario realizar investigación referente a la trabajabilidad de la madera de estas nuevas especies, específicamente, de la especie *Matisia cordata* Humboldt, y Bonpland (SAPOTE) en lo concerniente al cepillado moldurado, taladrado, torneado y lijado, de tal forma que esta investigación permita aplicar adecuadamente las cualidades de esta especie, a través de los resultados que se obtenga, lograr de esta manera hacer recomendaciones que permitan el uso más conveniente de acuerdo a los requisitos que esta madera debe reunir para un determinado producto maderable. Con esto se pretende contribuir de alguna forma en la introducción de nuevas especies en la industria manufacturera forestal y contribuir así a su desarrollo ya que el mercado de productos maderables es más exigente en cuanto al acabado.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 La especie

##### **Clasificación taxonómica**

Según Araujo, V. 2013. Basado en CRONQUIST, A. (1988) su clasificación taxonómica es la siguiente:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malvales
Familia	: Bombacaceae
Género	: <i>Matisia</i>
Especie	: <i>Matisia Cordata</i> Humboldt, & Bonpland
Nombre común	: Sapote

##### **Procedencia**

Se encuentra distribuida desde Panamá hacia la región NorOccidental de América del Sur, extendiéndose en la Amazonia de Brasil, Colombia y Perú.

En el Perú se encuentra en los departamentos de Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Habita en bosques primario no inundados y poco frecuente en bosques inundados.

##### **Descripción del árbol en pie**

Árbol con altura de 50 metros. Altura comercial promedio de 35 metros. Diámetro a la altura del pecho de 95 cm. ocupa una posición sociológica codominante. Fuste recto, cilíndrico, raíces tablares aplanadas y desarrolladas. La corteza externa es lisa y con aristas, en individuos con dap menor de 30 cm., lenticelas equidimensionales distribuidas uniformemente, irregular en individuos con dap mayor a 30 cm. la corteza interna es rojiza hacia el exterior y cremosa hacia el interior, de textura heterogénea, laminar junto a la altura y fibroso-arenosa hacia el exterior.

### **Descripción de la madera**

Color : Blanco amarillento.  
Brillo : Medio.  
Grano : Recta.  
Textura : Media.  
Veteado : Jaspeado.  
Olor : Ausente o no distintivo.

### **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.43 gr/cm<sup>3</sup>  
Contracción Volumétrica: 11.80 %  
Relación T/R: 2.35  
Contracción Tangencial: 8.97 %  
Contracción Radial: 3.81 %  
Módulo de Elasticidad en flexión: 89.00 tn/cm<sup>2</sup>  
Módulo de Ruptura en flexión: 488.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Compresión Paralela: 239.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Compresión Perpendicular: 40.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Corte paralelo a las Fibras: 55.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Dureza de lados: 272.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Tenacidad: 2.10 kg-m

### **Propiedades mecánicas**

Diámetro: En promedio de 38 pulgadas.

Forma: Cilíndrica.

Defectos: No significativos.

Conservación: En las trozas que permanecen durante varios meses en el bosque después del tumbado se producen ataques biológicos.

Por lo tanto se recomienda acortar el tiempo de almacenamiento en el bosque y efectuar un tratamiento protector si se destina a la exportación.

### **Características de la troza**

El aserrío es fácil. De buena trabajabilidad. Presenta una resistencia mecánica baja. Presenta un buen comportamiento al cepillado, torneado, moldurado y taladrado.

El secado natural es rápido. De buen comportamiento al secado artificial con un programa moderado.

### **Aserrío y secado**

Durabilidad natural: Es moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos.

Preservación: Es fácil de preservar por los sistemas baño caliente-frío y vacío a presión.

Usos: Estructuras. Encofrado. Laminados. Cajonería liviana. Mueblería. Carpintería liviana.

### **Durabilidad natural y usos**

El sapote tiene una densidad básica media, presentando un color blanco amarillento.

El sapote presenta una resistencia mecánica baja.

El secado natural es rápido. El comportamiento al secado artificial es bueno con un programa moderado.

Es una madera de fácil aserrío y de buena trabajabilidad.

Es fácil de preservar por los sistemas de baño caliente – frío y vacío a presión.

## **2.2 Consideraciones sobre trabajabilidad de la madera**

**Torres (1966) y Ninin (1984)** mencionan que la madera es un material notablemente fibroso, constituidos por elementos de forma, tamaño y estructura que cumplen diferentes funciones necesarias para la vida del árbol.

**Ninin (1984)** señala que labrar es trabajar una materia hasta reducirla a forma conveniente. Sin embargo, en términos más específicos y a la vez

corrientes se admite que el labrado mecanizado de la madera se efectúa para dar forma y calidad de superficie a materiales semielaborados mediante procesos como el cepillado o moldurado de madera aserrada, el lijado de tableros aglomerados, el taladrado de elementos estructurales para uniones.

**Cuprofor (1999)**, indica la finalidad de los ensayos de cepillado, moldurado, taladrado y torneado:

- **Cepillado:** Esta prueba se realiza para determinar los efectos en la superficie de la madera de los diferentes ángulos de corte y velocidades de alimentación.
- **Moldurado:** Es una operación que se realiza con el objetivo de darle una mayor apariencia y terminado a la madera, con una gama amplia de formas, dependiendo del tipo de herramienta con que se hagan los productos. Estos productos pueden ser marcos para puertas y ventanas, cantos o esquinas de muebles, rodones y otras formas que el mercado demande.
- **Taladrado:** se analiza la calidad de la superficie perforada con relación a la herramienta de corte. Esta prueba es muy frecuente en la manufactura de artículos de madera y estos se utilizan para la colocación de tornillos, tarugos y herrajes o elementos de unión.
- **Torneado:** esta prueba es hecha con una cuchilla que da cuerpo a la madera al cortarla con diferentes ángulos. El torneado no es uno de los usos más comunes en la madera; existen productos que incrementan su valor y calidad con el torneado.

### **2.3 Estudios de trabajabilidad en las especies**

**Hoyos, J (2008)** en el ensayo de moldurado se presentaron dos defectos que fueron vellosidad y grano arrancado, para ambos casos; no se realizó la prueba de independencia a favor del grano, debido a que la superficie de la madera fue excelente o libre de defectos, no existiendo variabilidad.

**Sánchez, R. (2013)** se observa la calificación general al cepillado de la madera de utucuro. Aquí está considerado en forma conjunta los niveles

defuste, los planos de corte y sentido de corte, haciendo un total de 82.4% de probetas que califican excelente y 17.6% de bueno.

**Sanchez, R (2013)** en su estudio del Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de la especie *Septotheca Tessmannii* (utucuro) en la zona de Pucallpa, para el ensayo de moldurado encontró que el 100% de la madera se comporta como excelente, correspondiendo el 50% cuando se trabaja a favor del grano y el otro 50% cuando se trabaja en contra el grano.

**Sangama, L (2008)** de acuerdo a los defectos producidos por el moldurado es más notorio el defecto de vellosidad en grados III y IV en los tres niveles del fuste, siendo el predominante el de grado III. Esto se debe al desgaste del filo de las cuchillas. Estos tienden a aumentar a medida que el nivel del fuste aumenta. Asimismo se nota poco la presencia de grano arrancado, porque este defecto se produce en el moldurado de maderas más densas.

**Sangama, L (2008)** en el estudio del comportamiento al cepillado de la madera *Crotonlechleri MuellArg* (sangre de grado) de la zona de Yarinacocha, encontró que el promedio del defecto por nivel tiende a disminuir a medida que el nivel de fuste aumenta, es decir, cuando se trabaja desde la base hacia la copa del árbol. En este caso, el comportamiento de la madera de esta especie es mejor en el tercer nivel, ya que presenta menor promedio, y esto indica defectos más leves en este nivel.

**Flores, F (2004)** la madera de quina quina, presenta una calidad de superficie de excelente al trabajar con los ángulos de corte de 0° y 15° en los cuatro niveles, en cambio la calidad de superficie disminuyo al trabajar con un ángulo de 40°. La magnitud del defecto es mayor en el ángulo de 40° teniendo la tendencia a disminuir la calidad de la madera presentando defectos como el grano astillado, atribuyéndose estos defectos a la forma como el filo de la herramienta actúa al entrar en contacto con la madera; es decir que las fibras y vasos son seccionados por un efecto de palanca y no de corte.

**García Ríos** , H (2006) en cepillado al efectuar un análisis detallado del ensayo nos encontramos que los defectos predominantes son el arrancado y el veloso, la presencia de este último confirma que cuando se tiene tejido relativamente joven sus propiedades mecánicas son menores lo cual favorece que se tenga células flexibles que contribuyen a la presencia de este defecto.

**García Ríos**, H (2006) que a medida que el nivel del fuste aumenta la magnitud del defecto (grano arrancado) aumenta

**Chota Rios, C** (2013) en su estudio del COMPORTAMIENTO A LA TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Apeiba membranaceae*. Spruce ex Benth (Maquizapa ñaccha) Y SU VARIACIÓN EN LOS DIFERENTES NIVELES DEL FUSTE PROVENIENTE DE LA PROVINCIA DE PADRE ABAD - REGIÓN UCAYALI encontró que que el comportamiento al lijado de la especie fue 1.03 con la lija N° 60 y 1 para la lija N° 120, calificándose como excelente para ambos casos. Se observa también que el defecto que predominó fue velosidad en grado I, el cual se dio solo al trabajar con la lija N° 60 y en el plano tangencial.

**Chota Rios, C** (2013) el comportamiento presentado por la especie Maquizapa ñaccha al torneado, calificándose en sus tres ángulos de corte como bueno. Además se observa que el defecto que presentó mayores promedios en sus tres ángulos de corte y en el 100 % de las probetas fue grano astillado en grados II y III, estableciéndose éste como defecto principal o preponderante. Otros defectos producidos en las probetas durante el ensayo de torneado fueron grano arrancado y velosidad, los cuales también se presentaron en el 100% de las probetas.

**Tello (2007)** menciona que a causa de la variación de las características anatómicas de la especie *Matisia Bicolor* DUCKE (ZAPOTILLO) provenientes de ecosistemas diferentes será necesario realizar estudios de investigación

para su posterior aplicación tecnológica, en especies de diferente procedencia porque cada especie tendrá sus propias características físicas y microscópicas.

**Arostegui (1987)** en estudios sobre el comportamiento al taladrado encontró que las especies: punga, carahuasca, pashaco y yacushapana tienen buen comportamiento cuando se trabaja a 510 rpm; pero al incrementarse la velocidad de giro a 1500, la calidad de la superficie mejora de bueno a excelente.

**Bernui (1990)** realizó estudios sobre las propiedades de torneado de 9 especies de la familia Bombacaceae y encontró que las maderas que tienen densidad media (de 0.42 a 0.57g/cm<sup>3</sup>) tienen un acabado de bueno a excelente para ángulos de corte de 0° y 15°. Para maderas de densidad muy baja (menores de 0.30 g/cm<sup>3</sup>) presentan mal acabado.

**Torres (1995)** al realizar estudios en 14 especies encontró un buen comportamiento al taladrado y la mejor velocidad de giro es cuando se trabaja a 1500 rpm. En el torneado también presentaron buen comportamiento y la mejor posición angular encontrada es 0°.

**Sato (1976)**, realizó estudios en torneado y encontró que las maderas que tienen textura de media a fina y con densidad de media a alta se tornean con un buen acabado como por ejemplo la especie Yacushapana.

**Lluncor (1997)** en estudios de maquinada realizado en 36 maderas amazónicas, entre ellas *calycophyllum* sp., encontrando que dicha especie al cepillado, torneado y lijado tiene un comportamiento excelente. En el moldurado el comportamiento fue regular y en el taladrado su comportamiento fue excelente cuando se trabajó a una velocidad de 1100 r.p.m.

**Taquire (1987)** al cepillado la *Guazuma crinita* Mart. no se comporta bien al trabajar con ángulos de corte de 30°, pero se comporta mejor en los tres planos de corte al reducir dicho ángulo a 15°. En moldurado el comportamiento es muy bueno siempre y cuando el ensayo se realice paralelamente a las fibras, mientras que si el ensayo es transversal se manifiestan en un grado mínimo de defecto y fácil de superar con lijas más finas. En taladrado se comporta bien a una mayor velocidad de giro. Fácil penetración en el plano de corte radial. En el lijado el comportamiento fue muy bueno, ya que los defectos de rayado y vellosidad se manifiestan en unos grados mínimos y fáciles de superar con lijas más finas.

**Lluncor (1989)** en cepillado la presencia del defecto veloso y arrancado en las maderas, el grano veloso se pudo eliminar aumentando la velocidad del cabezal; el defecto de arrancado puede reducirse o eliminarse disminuyendo el ángulo de corte. Para moldurado encontró que el defecto predominante era el veloso y en menor grado el astillado, siendo más fácil de eliminar el veloso mas no así el astillado.

**Sánchez (1996)** en un estudio del comportamiento de la madera de 16 especies forestales al cepillado y moldurado utilizando cuchillas con un ángulo de corte de 30°, encontró que todas se comportaron excelente.

**Serrano y Sáenz (2001)** en su estudio de trabajabilidad de Teca (*Tectonagrandis*) de Costa Rica y Panamá, la madera se comportó de fácil a moderadamente fácil al cepillar. Los defectos de grano rugoso y arrancado fueron los más frecuentes, dichos defectos presentaron grados de severidad que se clasifican de leve a moderado y ocasionalmente severo. El grano rugoso presentó magnitudes menores para los planos tangencial y oblicuo y tiende a aumentar cuando se cepillan piezas con planos de corte radial. Se dio una tendencia de presentar una mayor área libre de defectos (ALD) para las procedencias de Costa Rica, posiblemente por ser plantaciones más jóvenes y sujetas a algún grado de manejo. El resultado pareciera ser

afectado por el porcentaje de grano rugoso, el cual se observa con mayor abundancia en teca de mayor edad. En cuanto a los parámetros técnicos se presentó un menor porcentaje de grano rugoso cuando se trabajó con un ángulo de corte de 30 grados y cuando se incrementa la velocidad de avance hasta 15 m/mín. Caso contrario sucede con el grano arrancado que disminuye significativamente cuando se trabajó con un ángulo de corte de 10° y una velocidad de 6 m/min., por estas situaciones opuestas observadas se sugiere cepillar esta madera en un rango medio que permita limitar la aparición de ambos defectos. De acuerdo con los resultados obtenidos en lijado, el desbaste por remoción no ofrece mayores dificultades dado que esta especie se considera de fácil remoción y la temperatura generada no fue crítica. Por procedencia se presentaron resultados razonables, la Teca de mayor edad (más densa) de Panamá mostró magnitudes significativamente mayores de temperatura de lijado así como las mayores dificultades de remoción. La superficie después del lijado con lija N° 100 presentó ralladuras visibles, aun cuando las mismas son levemente profundas. En general la Teca analizada se califica como de buena calidad en lijado. En los ensayos de taladrado se observó que todas las procedencias fueron clasificadas como de una penetración muy eficiente cuando se utilizó la broca para metal (adaptada para madera). La broca para madera tuvo como resultado una penetración deficiente, lo cual es razonable dado que la intención de usar esta broca es obtener un hueco de excelente calidad y no una gran eficiencia de penetración. El espesor de viruta en taladrado es muy dependiente del tipo de broca y en menor grado de la velocidad angular (rpm). Dado que la madera de Teca es muy abrasiva se recomienda el taladrado con las velocidades angulares menores, como por ejemplo 500 r.p.m. En el ensayo de torneado la mayoría de las probetas en el plano de corte oblicuo presentaron grano rugoso bastante leve, pero no genera una superficie lisa que se puede evaluar como excelente. En general se considera con buenas características de torneado.

## 2.4 Influencia de la estructura anatómica en la trabajabilidad.

**Koch (1964)** expresa que la estructura anatómica influye en el proceso de trabajabilidad. Así los anillos de crecimiento afectan en la calidad de la superficie y esfuerzo de las máquinas; las fibras pueden afectar si están dispuestas en la siguiente manera: grano entrecruzado, se presenta en la superficie radial en forma de bandas alternativas, una a favor y otra en contra el grano; al ser cepilladas se produce grano arrancado en las bandas contra el grano. Las maderas en compresión que generalmente tienen fibras con ángulos helicoidales son difíciles de cepillar, así como las maderas en tensión producen vellosidades en la superficie cepillada y que existen relaciones entre las propiedades mecánicas de la madera y la trabajabilidad con máquinas.

**Panshin y de Zeeuw (1980)** afirman que las propiedades de la madera varían entre árboles de una misma especie y entre diferentes partes de un mismo árbol. Las propiedades de la madera están estrechamente relacionadas con su estructura anatómica. Además menciona que la variación en la madera de una especie se da en los siguientes aspectos: dimensiones de las células, variación de densidad, composición química, propiedades físicas, anillos de crecimiento entre la madera juvenil y tardía, etc. Así mismo resulta que la variación entre la madera de árboles de la misma especie pueden ser resultante de las condiciones de crecimiento, tratamientos silviculturales o factores genéticos.

**Guzmán (1979)** reporta que la variación del peso específico de la madera se debe a diferencias en su estructura. La estructura de la madera está caracterizada por la cantidad proporcional de células de varios tipos como: fibras, radios, parénquima, conductos gomíferos y por las dimensiones, especialmente el espesor de las paredes celulares y la longitud de los elementos estructurales. Así mismo las tendencias hereditarias y los factores ambientales como suelo, precipitación, viento y calor afectan la estructura de la madera.

**Zobel y Talbert (1988)**, Wright y Osorio (1992) citado por Valencia y López (1999) señalan que existe una considerable variación de la densidad de la madera entre arboles de una misma especie, dentro del mismo árbol de una misma especie, misma edad; entre especies y entre diferentes áreas geográficas, que son consecuencia de que dicha característica está influenciada por la condición genética del individuo y el ambiente en el cual crece. Así mismo describen que el valor de la densidad de la madera y su variación depende en alto grado de la altura y sección del árbol de donde se toma la muestra. Además señalan que la densidad de madera es mayor en la base del árbol, dado que en el centro y copa se encuentra la madera juvenil en la cual la densidad es menor que el de la madera madura.

**Valencia M. S. Y F. López A** (1999) afirman que la densidad de la madera varía a la vez por la cantidad y clase de sustancias que contiene, por ejemplo resinas y lignina. En la sección longitudinal se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en la densidad de la madera, que disminuye de la base del árbol hacia el ápice y un efecto de 13.7% sobre la variación total.

**Kollman** (1959) define la madera como un material biológico, altamente variable en sus características y propiedades. Su anatomía y propiedades varían de especie a especie, entre arboles de una misma especie y entre diferentes partes de un mismo árbol. Así mismo, las propiedades de la madera están estrechamente relacionadas con su estructura en los niveles macro y microscópico. La utilización de la madera para una aplicación específica va a depender de la aptitud tecnológica, las que, a su vez, están influenciadas por la estructura anatómica.

**Grigoriev (1985)** menciona que los nudos son el defecto más propagado e inevitable de la madera, empeoran su aspecto exterior, alteran la homogeneidad de la estructura y a veces también la integridad, provocan el encorvamiento de las fibras y de las capas de crecimiento, dificultan el

maquinado, son siempre más duras que las fibras normales y más difíciles de aserrar y cepillar y de menor resistencia.

## 2.5 Defectos producidos

**Koch (1964) cita Franz quien encontró tres tipos de viruta, Lluncor (1997) y Ninin (1984) corroboran esta información.**

Tipo de viruta I: se produce cuando las condiciones de corte son tales que la madera se hiende por delante de la herramienta, produciéndose el grano arrancado.

Tipo de viruta II: es aquella que va a permitir obtener una superficie libre de defectos.

Tipo de viruta III: es aquella que va a propiciar una superficie de grano velloso.

**Corruthers, citado por Lluncor (1997),** afirma que las maderas más densas tienden a producir superficies con grano arrancado, sobre todo cuando la orientación del grano es desfavorable; en cambio, las menos densas originan superficies preferentemente con grano velloso. Además menciona que el grano arrancado es el de mayor gravedad por su dificultad para eliminarlo.

**Lluncor (1977)** afirma que la vellosidad de las superficies cepilladas se puede considerar como un defecto secundario, ya que su eliminación exige menos trabajo de lijado que en el caso del grano arrancado. También encontró que a mayor valor de la relación dureza sobre cizallamiento hay menor tendencia a producir el grano velloso, y además que las superficies en relieve se presentan en maderas con densidades cercanas a  $0.250 \text{ g/cm}^3$  (12% CH) y parénquima vasicentrico relativamente abundante; maderas con densidades alrededor de  $0.750 \text{ g/cm}^3$  (12% CH) y con parénquima en bandas moderadamente anchas a muy anchas. Además refiere que la superficie rugosa tiende a presentarse en especies con grano entrecruzado, densidades cercanas y superiores a  $0.650 \text{ g/cm}^3$  (12% CH) poros de medianos a muy grandes y parénquima paratraqueal en bandas, vasicentrico

aliforme y/o aliforme confluyente abundante. Otra influencia ejercida por la utilización de cuchillas desgastadas y ángulos de corte inferiores a 30°.

**Lluncor (1977)** en ensayos de cepillado se consta que el parénquima longitudinal favorece la menor o mayor tendencia de producir el defecto de grano arrancado; de acuerdo al tipo y abundancia. La mayor incidencia y la producción de grano arrancado son en el de tipo de parénquima longitudinal en bandas, el parénquima longitudinal aliforme confluyente y el aliforme confluyente ancho.

**Lluncor (1989)** encontró en cepillado la presencia del grano veloso y arrancado en las especies que estudio, el veloso se pudo eliminar aumentando la velocidad del cabezal; el defecto de arrancado puede reducirse o eliminarse disminuyendo el ángulo de corte. Para moldurar encontró que el defecto predominante era el veloso y en menor grado el astillado. Siendo más fácil de eliminar el veloso más no así el astillado.

**Arrascue, G (2013)** en su estudio de trabajabilidad del Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Brosimum utile* Kunth (panguana) encontró en el ensayo de torneado que al analizar la calidad de los orificios que se presentan a 890 rpm y 1580 rpm mejora los grados de ruptura al incrementarse la velocidad del elemento cortante, es así, por ejemplo se tiene 47.95% de probetas que presentan el defecto en grado III y al trabajarse a 1580 rpm el número de probetas pasan a 16.37%, así también las probetas con defecto de grado V se desaparecen al taladrarse con 1580 rpm

**Ninin (1984)** en el ensayo de taladrado se producen defectos de astillado; es el defecto más grave, pues por ello que la pieza puede ser rechazada. Es dependiente, por una parte, de una falta de cohesión transversal entre las fibras, eventualmente por efecto del parénquima y por otra de la resistencia a la incisión relativamente grande para con la cohesión transversal. La

resistencia al corte es una función de la dureza, de la insuficiencia del ángulo de corte y de la velocidad de penetración excesiva del elemento cortante, por lo tanto el espesor de viruta es demasiado elevado.

**Lluncor (1977) y Ninin (1984)** manifiestan que en el ensayo de torneado se presenta el defecto de arrancado; es el producto de un proceso de formación de la viruta por clivaje debido a la existencia de elementos de falla como radios y parénquima. Asimismo los autores mencionados manifiestan que el defecto veloso está relacionado con la falta de corte neto inherente, en principio, a las características de deformabilidad elástica de la madera y/o falta de capacidad de corte de las herramientas. Reviste poca gravedad pues es de fácil remoción. Ninin al realizar el ensayo de torneado quien menciona que el defecto de grano astillado es dependiente, por una parte, de una falta de cohesión transversal entre las fibras, eventualmente por efecto del parénquima y por otra parte, de la resistencia a la incisión relativamente grande para con la cohesión transversal.

## **2.6 Definición de términos básicos.**

### **Grigoriev, A. (1985)**

**Anisotropía:** Son los cambios dimensionales observados en la madera, y varía en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial).

**Defectos:** Son los cambios del aspecto exterior de la madera, las alteraciones en la integridad de los tejidos y membranas celulares, en la regularidad de su estructura y los deterioros de la madera que reducen su calidad y limitan las posibilidades de su empleo.

**Deformabilidad:** Es la capacidad de la madera de cambiar sus dimensiones y forma bajo la acción de las fuerzas.

**Densidad:** Es la relación que existen entre la masa de una pieza de madera y su volumen.

**Dureza:** Consiste en la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la penetración de otros cuerpos como calvos, tornillos o al ser trabajada con la cepilladora, sierra y formón.

**Grano astillado:** Grupo de fibras que quedan suspendidas en forma de astilla en la sección transversal o transversal longitudinal.

**Humedad de equilibrio:** Es el contenido de humedad de una madera que está en equilibrio con el aire que le rodea. Este valor incrementa con la humedad relativa y decrece con la temperatura.

**Nudos:** Son las bases de las ramas encerradas entre la madera del tronco.

**Parénquima:** Células de longitud menor que se orientan en sentido radial, de la corteza hacia la médula, conformando los radios medulares.

**Radios:** Son líneas que van desde el interior hacia el exterior del árbol, formando el sistema transversal del tronco.

**Trabajabilidad:** Se refiere al comportamiento de la madera al procesarla con máquinas de carpintería.

**Vellosidad:** Pequeñas pelusas que se presentan en la superficie de la madera.

## **CAPITULO III METODOLOGIA**

### **3.1 Método de investigación**

Las muestras de madera y material botánico fueron identificados y colectados por el proyecto "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales" que ejecuta el convenio AIDER- UNU y proceden de la zona de Irazola, San Alejandro.

En la ejecución de los ensayos de cepillado, moldurado, taladrado, lijado y torneado se empleó el método experimental, que consistirá en observar y evaluar el proceso de maquinado de la madera; identificando y cuantificando el defecto en cada una de las probetas; teniendo como elemento limitante la estructura anatómica a nivel macroscópico; así como determinar la calidad de la especie, mediante la fórmula y cuadros descritos en la norma ASTM-D 1666-64 (1977) y las consideraciones dadas por PADT-REFORT (1974), adecuándolas a los equipos, materiales disponibles y condiciones de trabajo del lugar.

### **3.2 Población y muestra**

#### **3.2.1. Población**

La población está constituida por todos los árboles de la especie *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE), del distrito de Irazola.

#### **3.2.2 Muestra**

La norma COPANT 458 señala que el tamaño de la muestra dependerá del grado de precisión que se desee lograr en los diferentes ensayos.

Cuando se tenga un conocimiento previo de la especie, se recomienda trabajar preferiblemente con una seguridad estadística del 95 % y un intervalo de confianza de más o menos 15 %, para lo cual debe tomarse una muestra constituido como mínimo cinco (5) árboles.

La muestra estará constituida por cinco arboles seleccionados al azar de las zonas de extracción.

**Cuadro 1:** Ubicación de los árboles (muestra).

Provincia	Distrito	Zona	N° de arboles
Padre abad	Irazola	San Alejandro	3
Padre abad	Irazola	A. Von Humboldt	2

### 3.3 Instrumentos de recolección de datos

#### 3.3.1 Materiales

- 142 probetas de 2,5 x 10 x 100 cm.
- 500 probetas de 2,5 x 2,5 x 10 cm. (Torneado).
- Cinta métrica de 5 m
- Pintura en aerosol
- Disolvente (Thinner)
- Prensa botánica
- Papel periódico
- Alcohol
- Formol
- Libreta de campo
- Gubia de ½
- Broca de ½ pulg.
- Lijas N° 60 y 100
- Pilas
- Lápiz
- Cronometro

#### 3.3.2 Equipos

- ✓ Estufa eléctrica con termostato regulable
- ✓ Balanza de precisión 0.01gr.
- ✓ Calibrador milimétrico

- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Cámara fotográfica digital
- ✓ Higrómetro

### **3.3.3 Maquinarias**

- ✓ Motosierra STHILL
- ✓ Sierra circular
- ✓ Garlopa
- ✓ Cepilladora
- ✓ Despuntadora
- ✓ Tupí
- ✓ Taladro de banco
- ✓ Torno
- ✓ Lijadora de banda

## **3.4 Procedimiento de recolección de datos**

### **3.4.1 Selección de árboles.**

Se seleccionaron cinco árboles tomando en consideración la buena conformación fitosanitaria del individuo, accesibilidad del lugar, asimismo se escogieron árboles de diferentes diámetros, según las especificaciones de la Norma COPANT 458.

### **3.4.2 Talado del árbol**

El talado del árbol se realizó teniendo en cuenta las consideraciones y el criterio de tala dirigida reduciendo al máximo el impacto causado al bosque y cuidando la seguridad del personal.

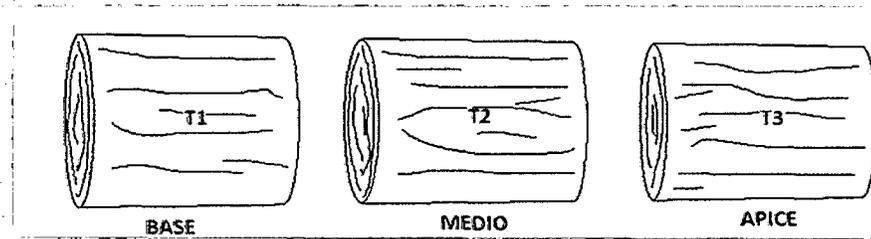
### **3.4.3 Trozado del fuste**

El trozado del fuste para la obtención de probetas para los ensayos de trabajabilidad se siguió el siguiente esquema de trozado. (Tomado

de la Norma ISO 4470 – 1982) (Gráfico 1 ver Anexos). El esquema de trozado del fuste permitió la toma de muestras por niveles longitudinales del fuste (tres niveles).

Las trozas obtenidas fueron marcadas con el número de árbol seguido el número de la troza.

**Figura 01:** Distribución de los niveles de fuste del árbol



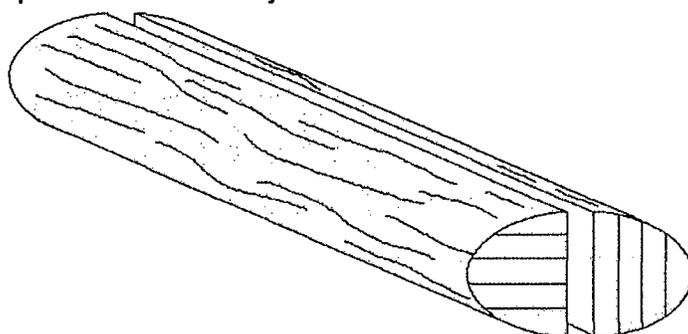
#### **3.4.4 Colección de muestras botánicas e identificación**

Para la identificación en base al material botánico se tomaron las muestras botánicas fértiles, las cuales fueron herborizados de acuerdo a las técnicas recomendadas, la identificación se realizó en el Herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima), según métodos y procedimientos del laboratorio de Dendrología Tropical de la UNU.

#### **3.4.5 Marcado y aserrío de trozas**

Se marcó con pintura, y se aserraron las trozas en tablas de 1" x 1 m y anchos variables de los tres niveles del árbol (inferior, medio y superior) según métodos y procedimientos del laboratorio de trabajabilidad de la madera de la UNU.

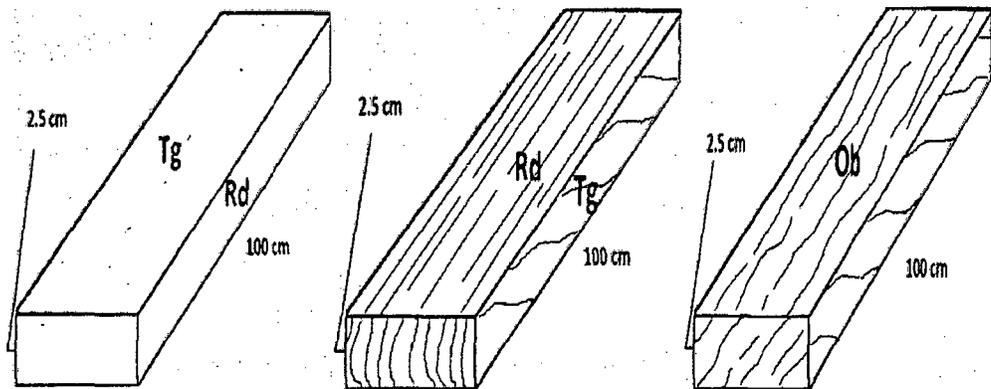
**Figura 02:** Esquema de aserrío de la troza para sacar probetas de trabajabilidad



### 3.4.6 Preparación de las probetas

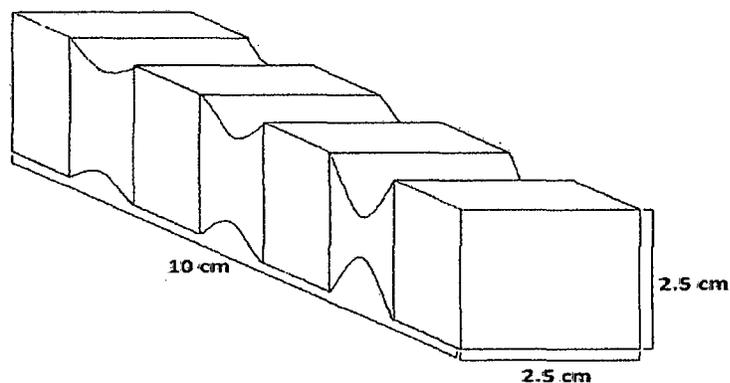
Para los ensayos de cepillado, moldurado, lijado y taladrado se prepararon 142 probetas de 2,5 cm x 10 cm x 100cm teniendo en consideración los planos de corte de la madera es decir radial, tangencial y oblicuo, en cantidades proporcionales (Norma ASTM D 1666 – 87).

**Figura 03:** Dimensiones de las probetas para los ensayos de cepillado, moldurado, lijado y taladrado



Para los ensayos del torneado se prepararon 500 probetas de 2.5 cm x 2,5 cm x 10cm

**Figura 04:** Dimensiones de las probetas para el ensayo de torneado



### 3.4.7 Secado de la madera

Después de la obtención de las probetas para los ensayos se procedió al secado al aire libre, y con el detector de humedad (higrómetro) se midió la humedad en los tres planos de corte, cada cierto tiempo, hasta que las probetas alcanzaron la condición de humedad de equilibrio con el ambiente de la zona de Pucallpa (INTITEC 251.008).

### 3.4.8 Descripción anatómica de la madera

Se llevó a cabo en el laboratorio de anatomía de la madera con la ayuda de un especialista y empleando una lupa con aumento de 10x. En esto se describió el olor, sabor, color de la madera, así como también la albura y el duramen, el radio, parénquima, etc.

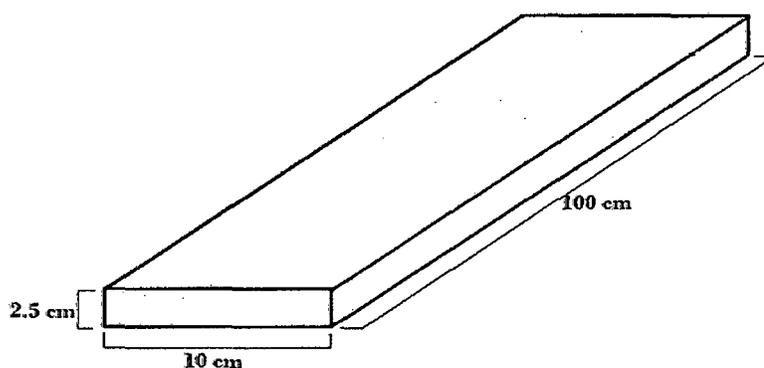
### 3.4.9 Ejecución de los ensayos

#### A. Ensayo de cepillado

Para este ensayo las probetas tuvieron las siguientes características:

- Se prepararon 142 probetas con dimensiones de 2,5 cm x 10 cm x 100cm, teniendo en consideración las tres orientaciones básicas: tangencial, radial y oblicua como se muestra en la figura 3.

**Figura 5:** Dimensiones de las probetas para el ensayo de cepillado



- El ensayo se ejecutó teniendo en consideración el sentido y la orientación de los elementos prosenquimáticos y parenquimáticos longitudinales con respecto a la dirección del corte, es decir a favor o en contra del grano (sentido de las fibras).
- Angulo de corte de la cuchilla 30°
- La cepilladora trabajo con una velocidad de alimentación de 12 m/min
- Se identificó los defectos en el cepillado según el cuadro N°2 y los grados de calidad presente en cada defecto según el cuadro 3 de acuerdo a la norma ASTM-D-1666-64 (1977)

**Cuadro 2:** Factores de conversión de defectos de cepillado según su severidad.

DEFECTOS	FACTOR DE CONVERSION (PESO)
Grano arrancado	1,0
Marca de astillas	0,8
Vellosidad	0,5
Grano levantado	0,5

**Cuadro 3:** Calificación de los ensayos de trabajabilidad.

Grado	Calidad
I o L.D	Excelente (defecto muy leve) o libre de defecto
II	Bueno o defecto leve
III	Regular o defecto acentuado
IV	Malo o defecto grave
V	Muy malo o defecto muy grave

- Se aplicó la ecuación N°1 a los valores obtenidos del cuadro N°2.

$$E = (G - 1) F + 1 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

E = Equivalente de defecto

G= Grado de calidad

F =Factor de conversión o peso (dado en el cuadro correspondiente al tipo de ensayo ejecutado)

- Se calificó los grados de calidad según el cuadro 4.

**Cuadro 4:** Rango de calificación según la calidad para los ensayos de trabajabilidad

<b>RANGO</b>	<b>CALIDAD</b>
De 1,0 a 1,5	Excelente
De 1,6 a 2,5	Bueno
De 2,6 a 3,5	Regular
De 3,6 a 4,5	Malo
De 4,6 a 5,5	Muy malo

Fuente: JUNAC (1981)

## **B. Ensayo de moldurado**

Para este ensayo se tomó en cuenta las siguientes características:

- Se utilizó las probetas manipuladas en el ensayo del cepillado, utilizando los cantos. Así mismo se consideró la anisotropía de la madera, es decir los planos de corte.
- Se tuvo en cuenta la orientación de los elementos longitudinales, es decir trabajando a favor y en contra del grano.
- Angulo de corte de la cuchilla de 45°
- Velocidad de alimentación de 4 m/min.
- Se identificó los defectos en el moldurado según el cuadro N°5 y los grados de calidad presente en cada defecto según el cuadro 3 de acuerdo a la norma ASTM-D-1666-64 (1977)

**Cuadro 5:** Factores de conversión de defectos para moldurado y torneado según la severidad

<b>DEFECTOS</b>	<b>FACTOR DE CONVERSION (PESO)</b>
Grano astillado	1,0
Grano arrancado	0,9
Suavidad (Rugosidad)	0,6
Vellosidad (Lanosidad)	0,2

- Se aplicó la ecuación N°1 a los valores obtenidos del cuadro N°5.
- Se calificó los grados de calidad según el cuadro 4.

### **C. Ensayo de lijado**

Para este ensayo se consideró los siguientes aspectos:

- Se empleó las probetas del ensayo del cepillado y moldurado.
- Fue considerado los planos y sentido de corte de la madera
- El número de lija que se uso fue de 60 y 120.
- Se identificó los defectos en el lijado según el cuadro N°6 y los grados de calidad presente en cada defecto según el cuadro 3 de acuerdo a la norma ASTM-D-1666-64 (1977)

**Cuadro 6:** Factores de conversión de lijado según la severidad

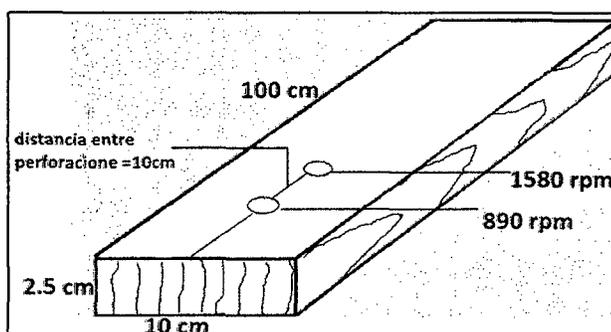
<b>DEFECTOS</b>	<b>FACTOR DE CONVERSION (PESO)</b>
Rayado (arañado)	1,0
Vellosidad	1,0

- Se aplicó la ecuación N°1 a los valores obtenidos del cuadro N°6.
- Se calificó los grados de calidad según el cuadro 4.

#### D. Ensayo del taladrado

En la ejecución de este ensayo se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- Se utilizó las probetas de los ensayos anteriores y se consideró los planos de corte de la madera
- En cada probeta se hicieron dos orificios, una con una velocidad de giro de la broca de 890 rpm y con una velocidad de alimentación de 10 m/min y la otra con una velocidad de giro de la broca de 1580 rpm y una velocidad de alimentación de 10 m/min



**Figura 6:** dimensiones de las probetas para el ensayo de taladrado

- Se identificó los defectos en el taladrado según el cuadro N°7 y los grados de calidad presente en cada defecto según el cuadro 3 de acuerdo a la norma ASTM D-D-1666-64 (1977)

**Cuadro 7:** Factores de conversión de defectos de taladrado según la severidad

DEFECTOS	FACTOR DE CONVERSION (PESO)
Ruptura	1,0
Suavidad de la superficie (Rugosidad)	0,7
Grano comprimido (Aplastamiento)	0,2
Vellosidad	0,2

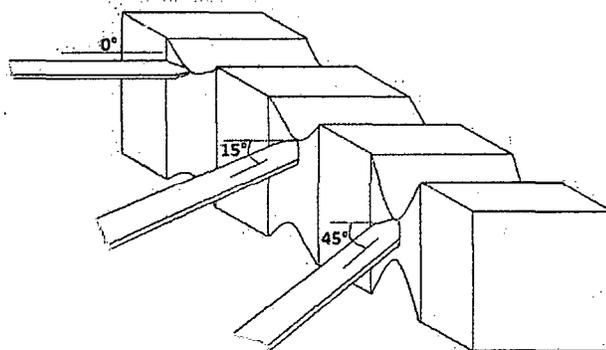
- Se aplicó la ecuación N°1 a los valores obtenidos del cuadro N°7.
- Se calificó los grados de calidad según el cuadro 4.

### E. Ensayo del torneado

Para este ensayo se tuvo en cuenta los siguientes aspectos

- Se prepararon 500 probetas con dimensiones de 2,5 x 2,5 x 10 cm.
- La herramienta que se utilizó fue una gubia de media caña con un diámetro de media pulgada
- Se trabajó con tres ángulos de corte recomendados por las normas ASTM -1666-64 (1977), con velocidad de alimentación manual.

**Figura 7:** Dimensiones de las probetas para el ensayo de Torneado



- Se identificó los defectos en el taladrado según el cuadro N°5 y los grados de calidad presente en cada defecto según el cuadro 3 de acuerdo a la norma ASTM D-1666-64 (1977)
- Se aplicó la ecuación N°1 a los valores obtenidos del cuadro N°5.
- Se calificó los grados de calidad según el cuadro 4.

### 3.5 Tratamiento de datos

Después de identificar y haber establecido el grado de severidad en cada una de las probetas de los ensayos ejecutados (calificación), a cada una de estas evaluaciones se aplicó la **ecuación N° 01** obteniéndose un valor que permitió el cálculo del porcentaje, para cada uno de los ensayos. Estos valores permitieron analizar los individuos de la población y la variación existentes entre los niveles del árbol, planos, y sentido de corte.

Posteriormente se realizó, la Prueba de Independencia para establecer la existencia o no; de independencia entre los niveles de fuste, planos de corte, sentidos de corte y la calidad del defecto producido de acuerdo al trabajo desarrollado.

Los factores evaluados fueron:

- ✓ Niveles del fuste del árbol: Nivel inferior (N1), nivel medio (N2), y nivel superior (N3)
- ✓ Planos de corte de la madera: Radial, tangencial, oblicuo
- ✓ Sentido de corte de la madera: a favor del grano y en contra del grano.
- ✓ N° de repeticiones : 5

## CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUCION

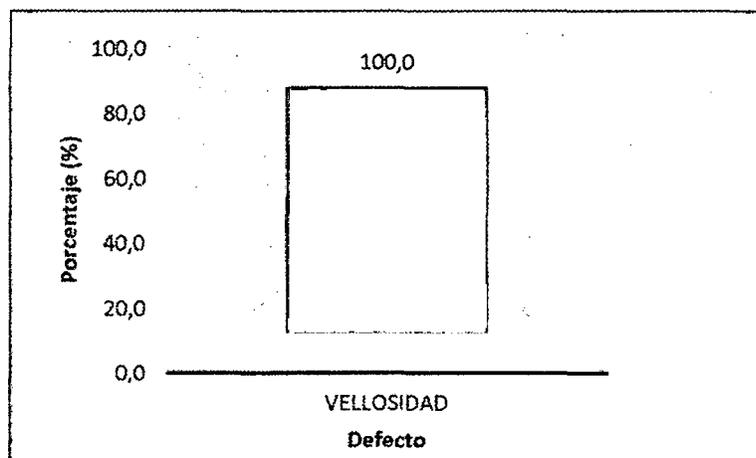
### 4.1 Ensayo del cepillado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE)

#### 4.1.1 Grados de calidad de la madera

**Cuadro 8:** Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

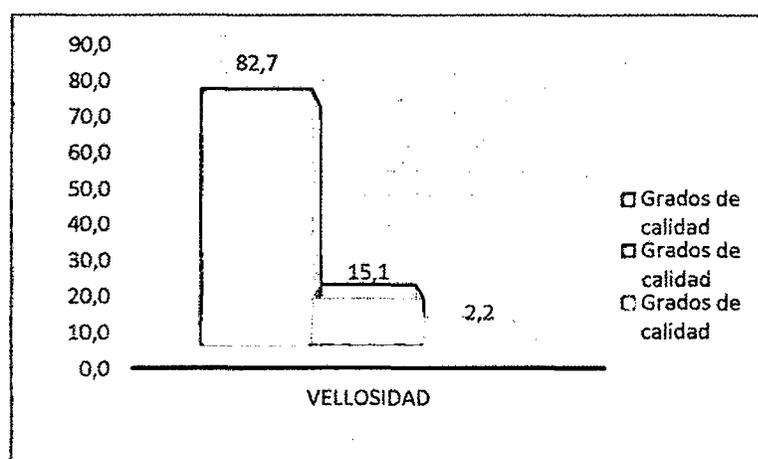
Nivel	Planos	VELLOCIDAD						Sub total (%) planos	Total (%) niveles
		C			F				
		I	II	III	I	II	III		
N1	O	6.3	1.4	0.4	7.4	0.7	0.0	16.2	37.3
	R	3.5	0.4	0.4	3.5	0.7	0.0	8.5	
	T	6.0	0.4	0.0	5.6	0.7	0.0	12.7	
	Sub total (%) grados	15.8	2.1	0.7	16.5	2.1	0.0		
	Sub total (%) sentido	18.7			18.7				
N2	O	3.9	1.4	0.0	4.6	0.7	0.0	10.6	33.1
	R	4.2	2.8	0.0	6.7	0.4	0.0	14.1	
	T	3.9	0.4	0.0	3.9	0.4	0.0	8.5	
	Sub total (%) grados	12.0	4.6	0.0	15.1	1.4	0.0		
	Sub total (%) sentido	16.5			16.5				
N3	O	2.8	1.1	0.0	3.2	0.7	0.0	7.7	29.6
	R	3.9	1.4	0.4	4.9	0.7	0.0	11.3	
	T	4.2	0.4	0.7	4.2	0.7	0.4	10.6	
	Sub total (%) grados	10.9	2.8	1.1	12.3	2.1	0.4		
	Sub total (%) sentido	14.8			14.8				
Total (%) grados		38.7	9.5	1.8	44.0	5.6	0.4		
Total (%) sentido		50.0			50.0				
Total (%)		100.0							

**Grafico 1:** Distribución porcentual de los defectos generados en el Cepillado



Observamos en el cuadro 8 el sub- total y total de los grados de los defectos generados en el cepillado, tanto por nivel de fuste, planos de corte y sentido de corte. Pudiendo señalar que solo se encontró un tipo de defecto en el 100% de las probetas, el cual es el veloso en grado I, grado II y grado III. (Grafico 1)

**Gráfico 2:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto velosidad generado en el cepillado

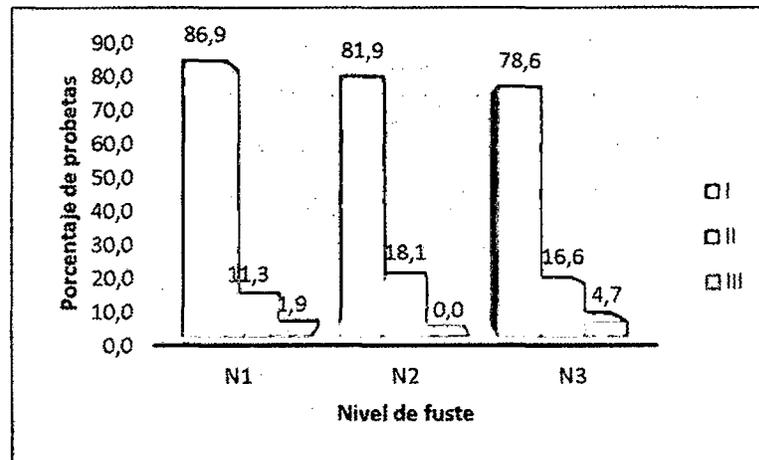


Referente a la distribución del defecto por los grados de calidad, se tiene que es el grado I el que presenta la mayor distribución porcentual con un total de 82.7%, el grado II suman un total de 15.1% y el grado III suma un total de 2.2% siendo este el de menor proporción tal como se muestra en el grafico 2

**Cuadro 9:** Distribución porcentual de los grados de calidad en el cepillado por nivel de fuste.

	N1	N2	N3		N1	N2	N3
Grado I	32.4	27.1	23.2	Grado I	86.9	81.9	78.6
Grado II	4.2	6	4.9	Grado II	11.3	18.1	16.6
Grado III	0.7	0	1.4	Grado III	1.9	0.0	4.7
Total %	37.3	33.1	29.5	Total %	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 3:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado por nivel de fuste.

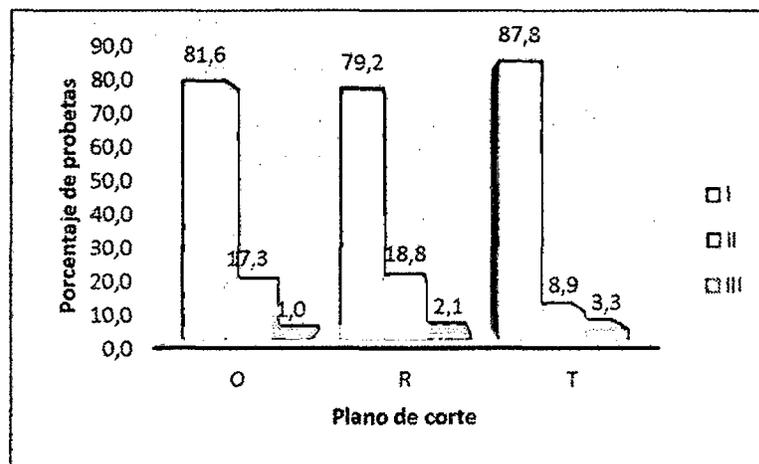


El cuadro 9 y gráfico 3 nos muestra la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto por nivel de fuste, representando el nivel 1 el 37.3% del total de probetas, presentando 86.9% de probetas de grado I, 11.3% de probetas de grado II y 1.9% de probetas de grado III; el nivel 2 representa el 33.1% del total de probetas, presentando probetas de grado I en un 81.9% y probetas de grado II en un 18.1%; el nivel 3 representa el 29.5% del total de probetas, presentando probetas de grado I en un 78.6%, probetas de grado II en un 16.6% y probetas de grado III en un 4.7%. Observando en el nivel 1 la mayor cantidad de probetas de grado I (86.9%), en el nivel 2 la mayor cantidad de probetas de grado II (18.1%) y en el nivel 3 la mayor cantidad de probetas de grado III (4.7%). SANGAMA D, L. (2008) en el estudio del comportamiento al cepillado de la madera *Crotonlechleri MuellArg* (sangre de grado) de la zona de Yarinacocha, encontró que el defecto predominante fue el veloso donde encontró que el promedio del defecto por nivel tiende a disminuir a medida que el nivel de fuste aumenta, siendo en el nivel 3 donde se encuentra el menor promedio; no estando de acuerdo en que solo se trabaje con el promedio por niveles, porque las dimensiones del árbol tienden a favorecer que siempre se encuentre más probetas en la base con respecto a los demás niveles.

**Cuadro 10:** Distribución porcentual de los grados de calidad en el cepillado por planos de corte.

	O	R	T		O	R	T
Grado I	28.2	26.8	27.8	I	81.6	79.2	87.8
Grado II	6.0	6.3	2.8	II	17.3	18.8	8.9
Grado III	0.4	0.7	1.1	III	1.0	2.1	3.3
Total %	34.5	33.8	31.7	Total %	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 4:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado por planos de corte.

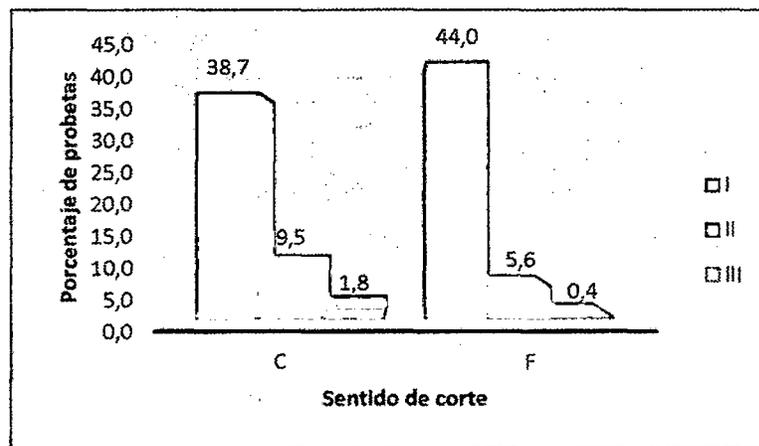


El cuadro 10 y gráfico 4 nos muestra la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto por planos de corte, encontrando en el plano oblicuo una distribución porcentual de 34.5% del total de probetas, presentando probetas de grado I en un 81.6%, probetas de grado II en un 17.3% y probetas de grado III en un 1%; en el plano radial se encontró una distribución porcentual de 33.8% del total de probetas, presentando probetas de grado I en un 79.2%, probetas de grado II en un 18.8% y probetas de grado III en un 2.1%; en el plano tangencial se encontró una distribución porcentual de 31.7% del total de probetas, presentando probetas de grado I en un 87.8%, probetas de grado II en un 8.9% y probetas de grado III en un 3.3%. Mostrándose en el plano tangencial la mayor cantidad de probetas de grado I (87.8%) y grado III (3.3%), y siendo el plano radial el que muestra la mayor cantidad de probetas de grado II (18.8%).

**Cuadro 11:** Distribución porcentual de los grados de calidad en el cepillado por sentido de corte.

	C	F
Grado I	38.7	44.0
Grado II	9.5	5.6
Grado III	1.8	0.4
Total %	50.0	50.0

**Gráfico 5:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el cepillado por sentido de corte.



De acuerdo al cuadro 11 y gráfico 5 observamos la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto por sentido de corte, encontrando una distribución porcentual de 50% para cada sentido. Mostrando el sentido a favor el mayor porcentaje de probetas de grado I (44%), el sentido en contra muestra el mayor porcentaje de probetas de grado II (9.5%) y grado III (1.8%).

#### 4.1.2. Prueba de independencia de los grados de calidad por nivel de fuste, plano y sentido de corte producidos en el cepillado

**Cuadro 12:** Resumen de la prueba de independencia de las variables del cepillado con cada uno de los grados de calidad.

VARIABLES	GRADOS DE CALIDAD			TOTAL MUESTRAS
	Grado I	Grado II	Grado III	Total
Niveles de fuste				
N1	92	12	2	106
N2	77	17	0	94
N3	66	14	4	84
Total	235	43	6	284
Planos de corte				
O	80	17	1	98
R	76	18	2	96
T	79	8	3	90
Total	235	43	6	284
Sentido de corte				
Favor	110	27	5	142
Contra	125	16	1	142
Total	235	43	6	284

**Cuadro 13:** Resumen general de la prueba de independencia de las variables del cepillado con el grado de calidad I, II y III.

RELACION ENTRE VARIABLES	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	INTERPRETACION
		0.05		
Niveles del fuste vs. Grados de calidad	6.8	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
Planos de corte vs. Grados de calidad	5.1	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
Sentido de corte vs. Grados de calidad	6.4	5.99	*	Existe dependencia entre las dos variables

Seguidamente el cuadro 13 muestra que no existe relacion entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad donde la presencia mayormente de probetas de grado I en el nivel 1, la presencia mayormente de probetas de grado II en el nivel 2 y la presencia mayormente de probetas de grado III en el nivel 3 no esta influenciada

por el nivel donde se ejecute si no que se presentan de manera independiente. Observamos también que entre las variables planos de corte vs grados de calidad no existe ninguna relación ya que la presencia mayormente de probetas de grado I y III en el plano tangencial y la presencia de más probetas de grado II en el plano radial no va estar influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs grados de calidad podemos decir de acuerdo a la prueba de independencia realizada que si existe relación entre estas variables, ya que este porcentaje mayormente de probetas de grado I en el sentido a favor esta influenciada por la orientación de las fibras o del grano, mientras que los mayores porcentajes de probetas de grado II y III siempre se encontraran presentes en el sentido en contra del grano donde estos porcentajes mayormente de probetas de grado II y III siempre se dara en el sentido en contra del grano.

#### 4.1.3. Calificación según grados de calidad

**Cuadro 14:** Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

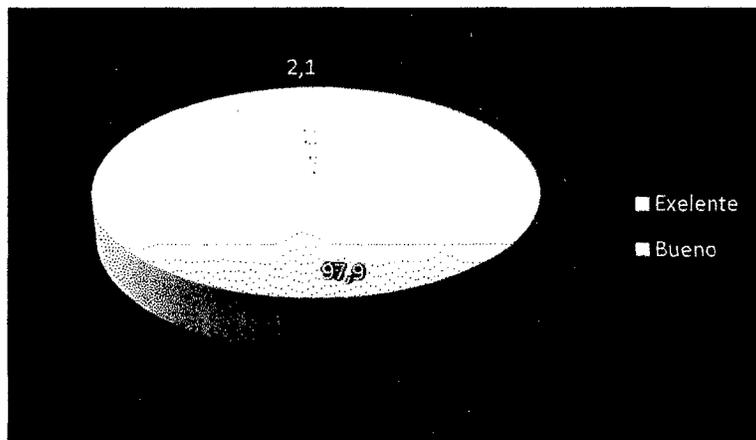
Nivel	Planos	Excelente		Sub total (%) planos	Bueno		Sub total (%) planos
		C	F		C	F	
N1	O	7.7	8.1	15.8	0.4	0.0	0.4
	R	3.9	4.2	8.1	0.4	0.0	0.4
	T	6.3	6.3	12.7	0.0	0.0	0.0
	Sub total (%) sentido	18.0	18.7		0.7	0.0	
	Sub total (%) nivel	36.6			0.7		
N2	O	5.3	5.3	10.6	0.0	0.0	0.0
	R	7.0	7.0	14.1	0.0	0.0	0.0
	T	4.2	4.2	8.5	0.0	0.0	0.0
	Sub total (%) sentido	16.5	16.5		0.0	0.0	
	Sub total (%) nivel	33.1			0.0		
N3	O	3.9	3.9	7.7	0.0	0.0	15.5
	R	5.3	5.6	10.9	0.4	0.0	22.2
	T	4.6	4.9	9.5	0.7	0.4	20.1
	Sub total (%) sentido	13.7	14.4		1.1	0.4	
	Sub total (%) nivel	28.2			1.4		
<b>Total (%) sentido</b>		<b>48.2</b>	<b>49.6</b>		<b>1.8</b>	<b>0.4</b>	
<b>Total (%) calificación</b>		<b>97.9</b>			<b>2.1</b>		

En el cuadro 14 se muestra el resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad encontrado en el cepillado, de acuerdo a esto se observa que el 97.9% de la madera se comporta como excelente, donde el 49.6% corresponde al sentido a favor del grano y el 48.2% al sentido en contra del grano; mientras que el 2.1% se comporta como bueno, perteneciendo el 0.4% a favor del grano y el 1.8% en contra del grano.

**Cuadro 15:** Calificación general al cepillado de la madera

Calificación	Porcentaje
Excelente	97.9
Bueno	2.1

**Gráfico 6:** Calificación general de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) al cepillado



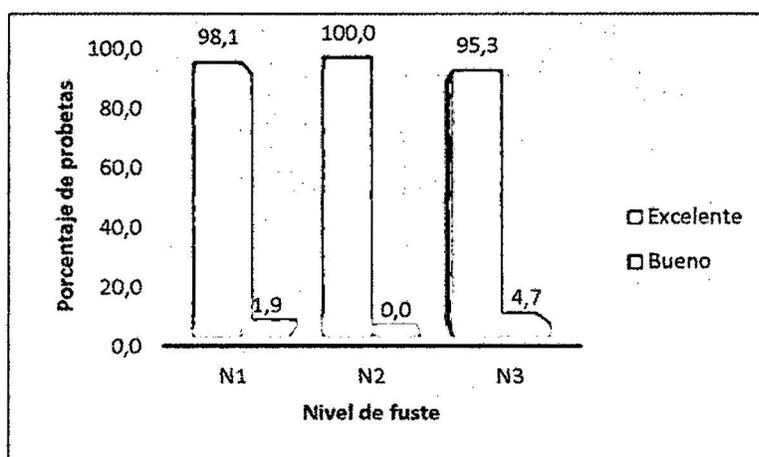
En el cuadro 15 y gráfico 6 se puede observar la representación en forma conjunta de los niveles del fuste, planos de corte y sentido de corte donde representan el 97.9% de probetas que califican como excelente y 2.1% como bueno. Coincidiendo los tipos de calidades que también encontró Sánchez, R. (2013) quien en su estudio del Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de la especie *Septotheca Tessmannii* (utucuro) en la zona de Pucallpa, considero en forma conjunta los niveles de fuste, planos de corte y sentido de corte,

haciendo un total de 82.4% de probetas que califican excelente y 17.6% de bueno. Mostrando así resultados muy similares en ambos estudios.

**Cuadro 16:** Calificación de las probetas por nivel de fuste

		NIVEL					NIVEL		
		N1	N2	N3			N1	N2	N3
CALIDAD	Excelente	36.6	33.1	28.2	CALIDAD	Excelente	98.1	100.0	95.3
	Bueno	0.7	0.0	1.4		Bueno	1.9	0.0	4.7
Total		37.3	33.1	29.6	Total		100.0	100.0	100.0

**Gráfico 7:** Distribución porcentual de las probetas que califican como excelente y bueno por niveles de fuste



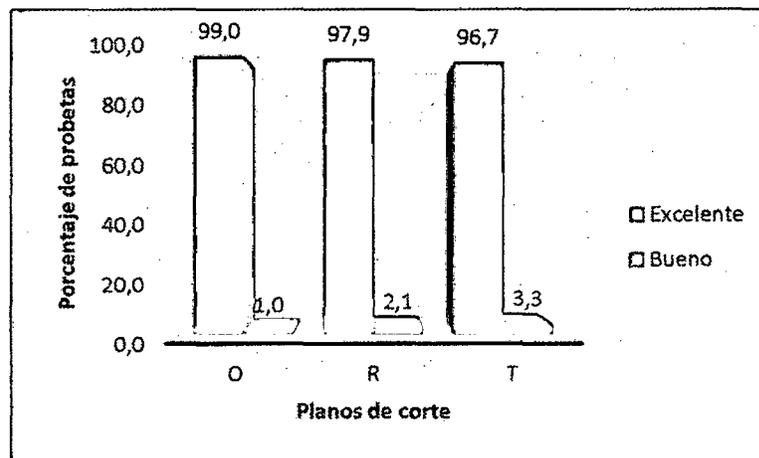
En el cuadro 16 y gráfico 7 se ve la distribución porcentual de las probetas que califican como excelente y bueno por nivel de fuste, mostrando el nivel 1 un porcentaje de 37.3% del total de probetas, donde se encontró 98.1% de probetas excelentes y 1.9% de probetas de calidad bueno; el nivel 2 muestra un porcentaje de 33.1% del total de probetas representando estas el 100% de probetas excelentes; el nivel 3 muestra un porcentaje de 29.6% del total de probetas, presentando probetas de calidad excelentes en un 95.3% y probetas buenas en un 4.7%. Siendo en el nivel 2 donde se encuentra el mayor porcentaje de

probetas excelentes (100%) y mostrando el nivel 3 el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (4.7%) debido a que las propiedades de la madera varían entre arboles de una misma especie y entre diferentes partes de un mismo árbol y además las propiedades de la madera están estrechamente relacionadas con su estructura anatómica tal como lo afirma Panshin y de Zeeuw (1980)

**Cuadro 17:** Calificación de las probetas por planos de corte

		PLANO					PLANO		
		O	R	T			O	R	T
CALIDAD	Excelente	34.2	33.1	30.6	CALIDAD	Excelente	99.0	97.9	96.7
	Bueno	0.4	0.7	1.1		Bueno	1.0	2.1	3.3
Total		34.5	33.8	31.7	Total		100.0	100.0	100.0

**Gráfico 8:** Distribución porcentual de las probetas que califican como excelente y bueno considerando planos de corte



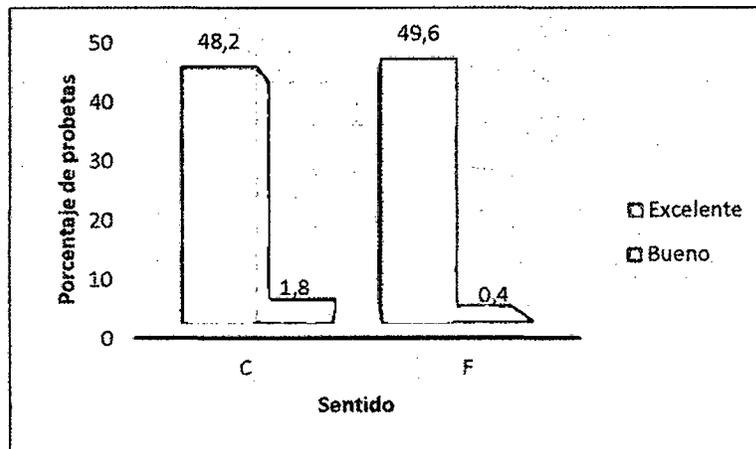
En el cuadro 17 y gráfico 8 se observa la distribución porcentual por planos de corte de las probetas de calidad excelente y bueno, encontrando en el plano oblicuo un porcentaje de 34.5% del total de probetas, donde se encontró 99% de probetas excelentes y 1% de probetas de calidad bueno; el plano radial muestra un porcentaje de 33.8% del total de probetas, encontrando 97.9% de probetas de calidad excelente y 2.1% de probetas de calidad bueno; el plano radial muestra

un porcentaje de 31.7% del total de probetas, presentando probetas de calidad excelentes en un 96.7% y probetas buenas en un 3.3%. observando que es el plano oblicuo el que presenta el mayor porcentaje de probetas excelentes (99%) y siendo el plano tangencial el que muestra la mayor distribución porcentual de probetas de calidad bueno (3.3%).

**Cuadro 18:** Calificación de las probetas por sentido de corte

		SENTIDO	
		C	F
CALIDAD	Excelente	48.2	49.6
	Bueno	1.8	0.4
Total		50.0	50.0

**Gráfico 9:** Distribución porcentual de las probetas **excelentes** por sentido de corte



Con relación al sentido de corte de la madera en la calidad excelente podemos ver en el cuadro 18 y gráfico 9 que el sentido a favor del grano representa el 49.6% y el sentido a contra del grano constituye el 48.2 %, pudiendo decir entonces que la madera se comporta mejor en el sentido a favor del grano.

#### 4.1.4. Prueba de independencia de la calificación del cepillado por nivel de fuste, plano y sentido de corte.

**Cuadro 19:** Resumen de la prueba de independencia de las variables del cepillado con cada uno de las calidades.

VARIABLES	CALIDAD		TOTAL MUESTRAS
	EXCELENTE	BUENO	Total
<b>Niveles de fuste</b>			
N1	104	2	106
N2	94	0	94
N3	80	4	84
<b>Total</b>	<b>278</b>	<b>6</b>	<b>284</b>
<b>Planos de corte</b>			
O	97	1	98
R	94	2	96
T	87	3	90
<b>Total</b>	<b>278</b>	<b>6</b>	<b>284</b>
<b>Sentido de corte</b>			
Favor	141	1	142
Contra	137	5	142
<b>Total</b>	<b>278</b>	<b>6</b>	<b>284</b>

**Cuadro 20:** Prueba de independencia de las variables del cepillado (nivel de fuste, plano de corte, sentido de corte) vs calidad del defecto encontrado.

RELACION ENTRE VARIABLES	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	INTERPRETACION
		0.05		
Niveles del fuste vs. Calidad	4.8	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
Planos de corte vs. Calidad	1.2	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
Sentido de corte vs. Calidad	2.7	3.84	n.s	Existe independencia entre las dos variables

De acuerdo a los datos que se nos muestra en el cuadro 19 podemos decir que; en el nivel 1 encontramos 104 probetas excelente y 2 probetas buenas; en el nivel 2 encontramos 94 probetas excelente; en el nivel 3 encontramos 84 probetas excelente y 4 probetas buenas. Con respecto a los planos de corte encontramos; en el plano oblicuo 97 probetas excelentes y 1 bueno; en el plano radial encontramos 94 probetas excelente y 2 buenas; en el plano tangencial encontramos 87 probetas excelente y 3 buenas. El sentido de corte a favor muestra 141 probetas excelente y 1 bueno; el sentido de corte en contra muestra 137 probetas excelente y 5 buenas.

En el cuadro 20 observamos que no existe relacion entre las variables nivel de fuste vs calidad ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles se presenta de manera independiente. Observamos tambien que entre las variables planos de corte vs calidad no existe ninguna relacion, donde la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en el plano oblicuo y la presencia del mayor porcentaje de probetas de calidad buena en el plano tangencial no esta influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs calidad podemos decir tambien que no existe relacion entre estas variables, ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en el sentido a favor no esta influenciada por la orientacion de las fibras según la prueba de independencia realizada.

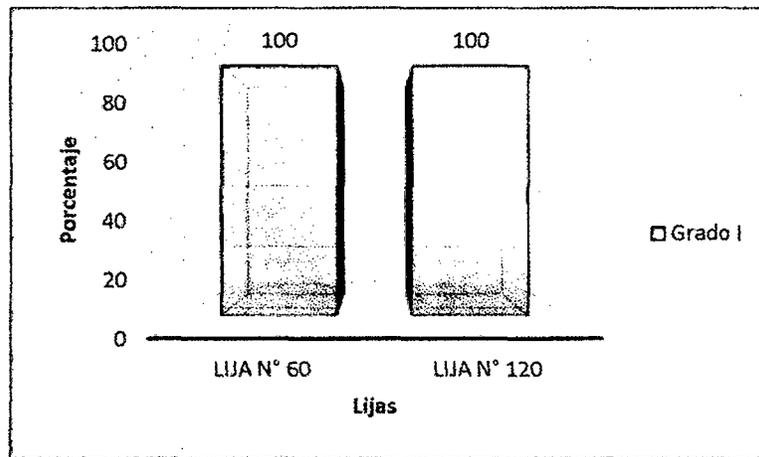
**4.2. Ensayo del lijado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland  
(SAPOTE)**

**4.2.1. Grados de calidad de la madera**

**Cuadro 21:** Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland

Nivel	Planos	LIJA N° 60				LIJA N° 120			
		VELLOSO		Sub total (%) planos	Total (%) niveles	VELLOSO		Sub total (%) planos	Total (%) niveles
		C	F			C	F		
		I	I			I	I		
N1	O	8.1	8.1	16.2	37.3	8.1	8.1	16.2	37.3
	R	4.2	4.2	8.5		4.2	4.2	8.5	
	T	6.3	6.3	12.7		6.3	6.3	12.7	
	Sub total (%) grados	18.7	18.7		18.7	18.7			
	Sub total (%) sentido	18.7	18.7		18.7	18.7			
N2	O	5.3	5.3	10.6	33.1	5.3	5.3	10.6	33.1
	R	7.0	7.0	14.1		7.0	7.0	14.1	
	T	4.2	4.2	8.5		4.2	4.2	8.5	
	Sub total (%) grados	16.5	16.5		16.5	16.5			
	Sub total (%) sentido	16.5	16.5		16.5	16.5			
N3	O	3.9	3.9	7.7	29.6	3.9	3.9	7.7	29.6
	R	5.6	5.6	11.3		5.6	5.6	11.3	
	T	5.3	5.3	10.6		5.3	5.3	10.6	
	Sub total (%) grados	14.8	14.8		14.8	14.8			
	Sub total (%) sentido	14.8	14.8		14.8	14.8			
Total (%) grados		50.0	50.0			50.0	50.0		
Total (%) sentido		50.0	50.0			50.0	50.0		
Total (%)		100.0				100.0			

**Gráfico 10:** Distribución porcentual de los grados de calidad de la vellosoidad generados en el lijado.

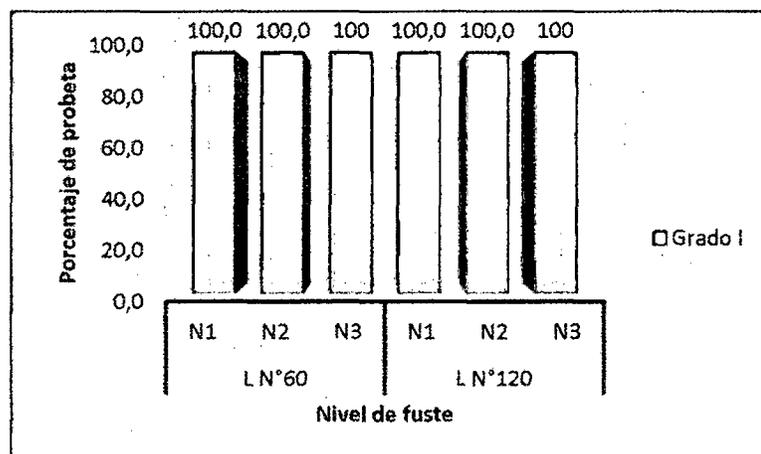


En la ejecución del ensayo de lijado de la madera de la especie sapote, como resumen general de los grados de calidad del defecto veloso se encontró probetas velosas de grado I presente en el 100% de estas tanto para la lija N° 60 como para la lija N° 120 indicando que estas presentan el defecto muy leve, de igual manera lo menciona Corruthers, citado por Lluncor (1997), quien afirma que las maderas menos densas originan superficies preferentemente con grano veloso (cuadro 21, grafico 10)

**Cuadro 22:** Distribución porcentual de los grados de calidad del lijado por nivel de fuste.

	N1	N2	N3		N1	N2	N3
Grado I	37.3	33.1	29.6	Grado I	100.0	100.0	100.0
total %	37.3	33.1	29.6	total %	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 11:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto velosidad generado en el lijado por nivel de fuste.

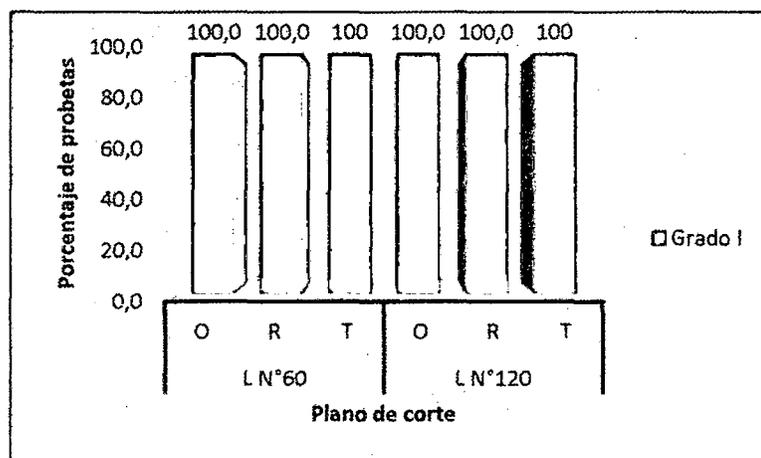


El cuadro 22 y grafico 11 nos muestra la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto por nivel de fuste, encontrando que al trabajar con la lija N°60 y N°120 estas presentan la misma distribución porcentual en cada uno de sus niveles, mostrando así el nivel 1 un porcentaje de 37.3% del total de probetas representando este el 100% de probetas de grado I; el nivel 2 muestra un porcentaje de 33.1% del total de probetas representando el 100% de probetas de grado I; y en el nivel 3 se encontró un porcentaje de 29.6% del total de probetas el cual representa el 100% de probetas de grado I encontradas.

**Cuadro 23:** Distribución porcentual de los grados de calidad en el lijado por planos de corte.

	O	R	T		O	R	T
Grado I	34.5	33.8	31.7	Grado I	100.0	100.0	100.0
total %	34.5	33.8	31.7	total %	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 12:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el lijado por planos de corte.



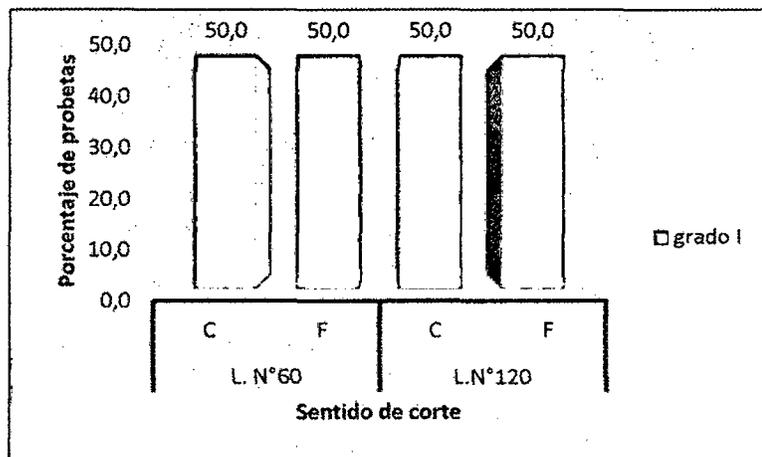
En el cuadro 23 y grafico 12 observamos la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto por planos de corte, encontrando que al trabajar con la lija N°60 y N°120 estas presentan la misma distribución porcentual en cada uno de sus planos de corte, mostrando así el plano oblicuo un porcentaje de 34.5% del total de

probetas el cual representa el 100% de probetas de grado I; el plano radial muestra un porcentaje de 33.8% del total de probetas, representando estas el 100% de probetas de grado I; el plano tangencial muestra un porcentaje de 31.7% del total de probetas el cual representa el 100% de probetas de grado I.

**Cuadro 24:** Distribución porcentual de los grados de calidad del lijado por sentido de corte

	C	F
Grado I	50.0	50.0
total %	50.0	50.0

**Gráfico 13:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto vellosidad generado en el lijado por sentido de corte.



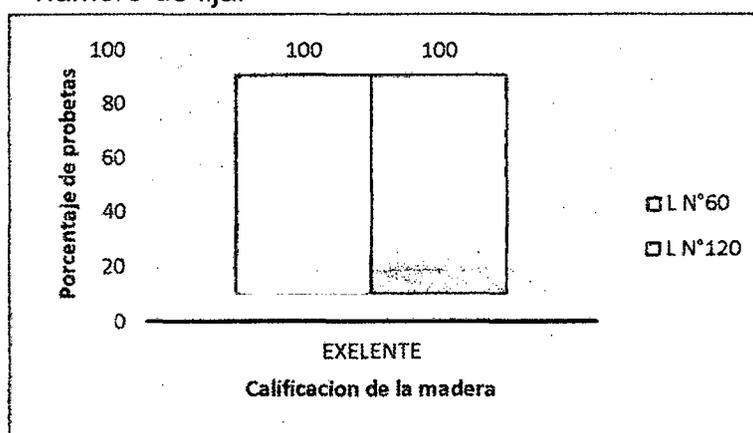
De acuerdo al cuadro 24 y gráfico 13 observamos la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto por sentido de corte, encontrándose en el ensayo con la lija N°60 y N°120 la misma distribución porcentual en cada sentido, el cual es el de 50% para cada uno de ellos.

#### 4.2.2. Calificación de la madera según grados de calidad en el lijado

**Cuadro 25:** Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland

Nivel	Planos	LIJA N° 60				LIJA N° 120			
		Excelente		Sub total (%) planos	Total (%) niveles	Excelente		Sub total (%) planos	Total (%) niveles
		C	F			C	F		
N1	O	8.1	8.1	16.2	37.3	8.1	8.1	16.2	37.3
	R	4.2	4.2	8.5		4.2	4.2	8.5	
	T	6.3	6.3	12.7		6.3	6.3	12.7	
	Sub total (%) grados	18.7	18.7			18.7	18.7		
	Sub total (%) sentido	18.7	18.7			18.7	18.7		
N2	O	5.3	5.3	10.6	33.1	5.3	5.3	10.6	33.1
	R	7.0	7.0	14.1		7.0	7.0	14.1	
	T	4.2	4.2	8.5		4.2	4.2	8.5	
	Sub total (%) grados	16.5	16.5			16.5	16.5		
	Sub total (%) sentido	16.5	16.5			16.5	16.5		
N3	O	3.9	3.9	7.7	29.6	3.9	3.9	7.7	29.6
	R	5.6	5.6	11.3		5.6	5.6	11.3	
	T	5.3	5.3	10.6		5.3	5.3	10.6	
	Sub total (%) grados	14.8	14.8			14.8	14.8		
	Sub total (%) sentido	14.8	14.8			14.8	14.8		
Total (%) grados		50.0	50.0			50.0	50.0		
Total (%) sentido		50.0	50.0			50.0	50.0		
Total (%)		100.0				100.0			

**Gráfico 14:** Distribución porcentual de la calificación de la madera por número de lija.



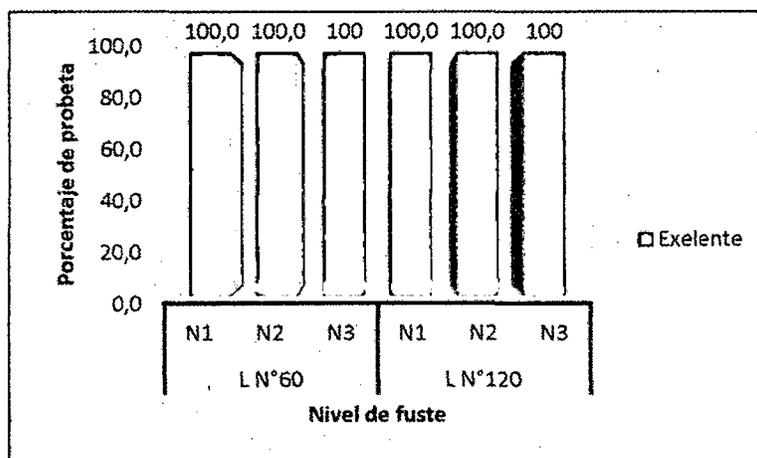
Según el grado de calidad encontrado para el defecto de vellosidad podemos decir que el 100% de las probetas califican como excelente al

ejecutar el ensayo con cada grano de lija ya sea la de N° 60 o N° 120, resultado que también fue encontrado por Chota, C (2013) en su estudio del Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Apeiba membranaceae*. Spruce ex Benth (Maquizapa ñaccha) quien encontró que el comportamiento al lijado de la especie fue 1.03 con la lija N° 60 y 1 para la lija N° 120, calificándose como excelente para ambos casos. Se observa también que el defecto que predominó fue vellosidad en grado I. (cuadro 25, grafico 14)

**Cuadro 26:** Calificación de las probetas por niveles de fuste

	N1	N2	N3		N1	N2	N3
Excelente	37.3	33.1	29.6	Excelente	100.0	100.0	100.0
total %	37.3	33.1	29.6	total %	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 15:** Distribución porcentual de las probetas que califican como **excelente** por niveles de fuste



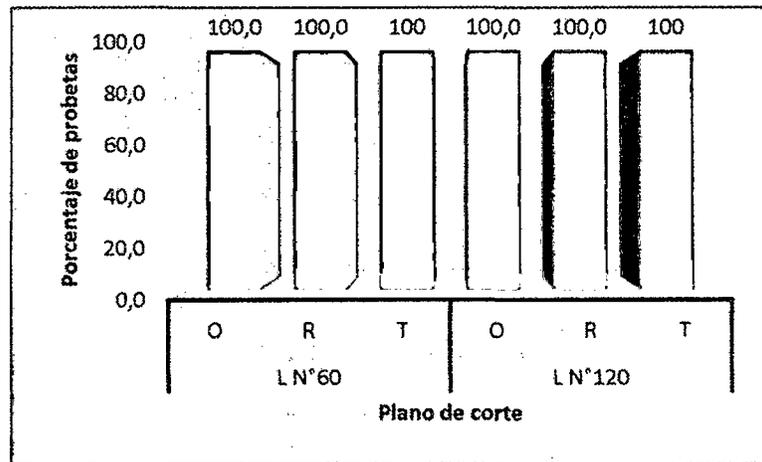
El cuadro 26 y grafico 15 podemos ver que al realizar los ensayos con la lija N°60 y N°120 se obtuvo los mismo resultados en cada nivel del fuste para cada número de lija, mostrando así el nivel 1 un porcentaje de 37.3% del total de probetas representando este el 100% de probetas de calidad excelente; el nivel 2 muestra un porcentaje de 33.1% del total de probetas representando el 100% de probetas de calidad excelente; y en el nivel 3 se encontró un porcentaje de 29.6%

del total de probetas el cual representa el 100% de probetas de calidad excelente.

**Cuadro 27:** Calificación de las probetas por planos de corte

	O	R	T		O	R	T
Excelente	34.5	33.8	31.7	Excelente	100.0	100.0	100.0
total %	34.5	33.8	31.7	total %	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 16:** Distribución porcentual de las probetas que califican como **excelente** considerando planos de corte.



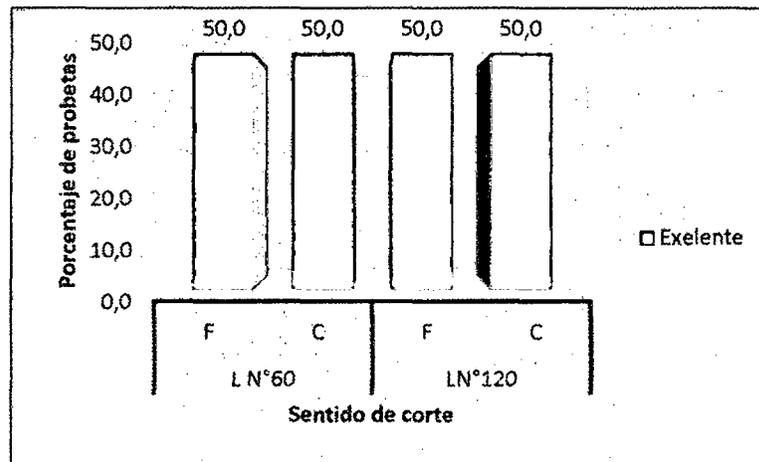
A continuación observamos en el cuadro 27 y gráfico 16 la clasificación de la madera por planos de corte, mostrándonos que al trabajar con la lija N°60 y 120 los resultados obtenidos para cada plano de corte son iguales en ambos ensayos, mostrando así el plano oblicuo un porcentaje de 34.5% del total de probetas el cual representa el 100% de probetas de calidad excelente; el plano radial muestra un porcentaje de 33.8% del total de probetas, representando estas el 100% de probetas que califican como excelente; el plano tangencial muestra un porcentaje de 31.7% del total de probetas el cual representa el 100% de probetas de calidad excelente. Confirmando lo que dice Carruthers, citado por Llúncor (1977) quien afirma que las maderas con menor densidad (como en el caso de la

especie en estudio, cuya densidad es de  $0.49 \text{ g/cm}^3$ ) originan superficies preferentemente con grano vellosos

**Cuadro 28:** Calificación de las probetas por sentido de corte

Sentido	Lija N°60	Lija N°120
	Excelente	Excelente
Favor	50.0	50.0
Contra	50.0	50.0
Total	100	100

**Gráfico 17:** Distribución porcentual de las probetas **excelentes** por sentido de corte



En la calificación de las probetas por sentido de corte la distribución porcentual de las probetas son iguales tanto para el ensayo con la lija N° 60 como para la lija N°120, donde el sentido a favor y en contra del grano están representados por el 50% del total de probetas de calidad excelentes tal como se observa en el cuadro 28 y grafico 17

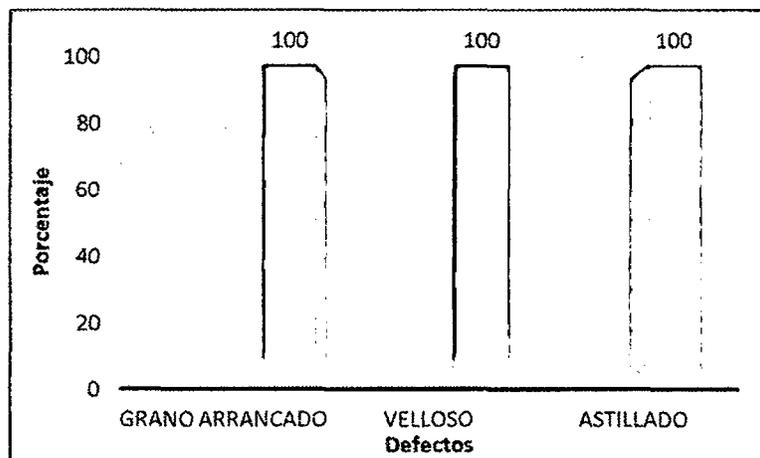
**4.3. Ensayo del moldurado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE)**

**4.3.1. Grados de calidad por defectos de la madera**

**Cuadro 29:** Resumen general de los grados de calidad por defectos de la superficie de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland

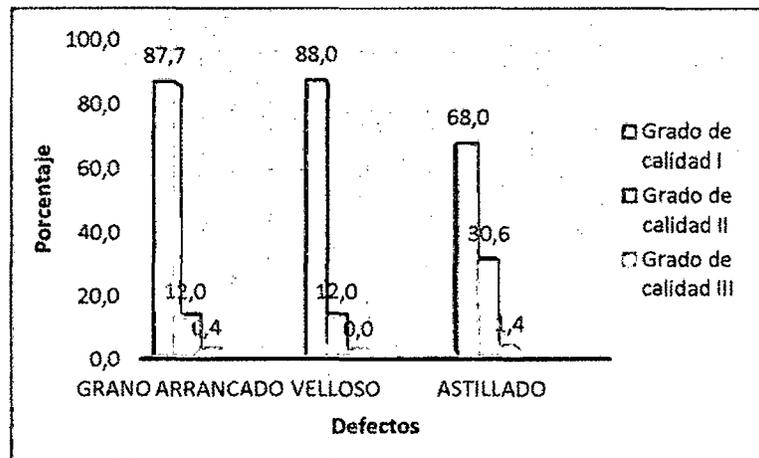
Nivel	Planos	GRANO ARRANCADO						VELLOSO						ASTILLADO											
		C			F			Sub total (%) plano	Total (%) nivel	C			F			Sub total (%) plano	Total (%) nivel	C			F			Sub total (%) plano	Total (%) nivel
		I	II	III	I	II	III			I	II	III	I	II	III			I	II	III	I	II	III		
N1	O	6.3	1.8	0.0	7.7	0.4	0.0	16.2	37.3	6.7	1.4	0.0	7.4	0.7	0.0	16.2	37.3	6.0	2.1	0.0	5.6	2.5	0.0	16.2	37.3
	R	4.2	0.0	0.0	3.2	1.1	0.0	8.5		3.5	0.7	0.0	3.5	0.7	0.0	8.5		3.2	1.1	0.0	2.5	1.8	0.0	8.5	
	T	6.0	0.0	0.4	6.3	0.0	0.0	12.7		5.3	1.1	0.0	5.3	1.1	0.0	12.7		3.9	2.5	0.0	3.5	1.8	1.1	12.7	
	Sub total (%) grado	16.5	1.8	0.4	17.3	1.4	0.0			15.5	3.2	0.0	16.2	2.5	0.0			13.0	5.6	0.0	11.6	6.0	1.1		
	Sub total (%) sentido	18.7			18.7					18.7			18.7					18.7			18.7				
N2	O	4.2	1.1	0.0	5.3	0.0	0.0	10.6	33.1	4.9	0.4	0.0	4.6	0.7	0.0	10.6	33.1	2.5	2.8	0.0	3.9	1.4	0.0	10.6	33.1
	R	5.6	1.4	0.0	6.7	0.4	0.0	14.1		6.7	0.4	0.0	6.3	0.7	0.0	14.1		5.3	1.8	0.0	4.6	2.5	0.0	14.1	
	T	3.9	0.4	0.0	2.8	1.4	0.0	8.5		3.9	0.4	0.0	3.5	0.7	0.0	8.5		3.2	1.1	0.0	3.5	0.7	0.0	8.5	
	Sub total (%) grado	13.7	2.8	0.0	14.8	1.8	0.0			15.5	1.1	0.0	14.4	2.1	0.0			10.9	5.6	0.0	12.0	4.6	0.0		
	Sub total (%) sentido	16.5			16.5					16.5			16.5					16.5			16.5				
N3	O	3.2	0.7	0.0	3.2	0.7	0.0	7.7	29.6	3.2	0.7	0.0	3.9	0.0	0.0	7.7	29.6	2.8	1.1	0.0	2.5	1.4	0.0	7.7	29.6
	R	4.6	1.1	0.0	4.9	0.7	0.0	11.3		5.3	0.4	0.0	4.9	0.7	0.0	11.3		3.2	2.1	0.4	5.3	0.4	0.0	11.3	
	T	4.9	0.4	0.0	4.6	0.7	0.0	10.6		4.2	1.1	0.0	4.9	0.4	0.0	10.6		2.5	2.8	0.0	4.2	1.1	0.0	10.6	
	Sub total (%) grado	12.7	2.1	0.0	12.7	2.1	0.0			12.7	2.1	0.0	13.7	1.1	0.0			8.5	6.0	0.4	12.0	2.8	0.0		
	Sub total (%) sentido	14.8			14.8					14.8			14.8					14.8			14.8				
Total (%) grado		43.0	6.7	0.4	44.7	5.3	0.0		43.7	6.3	0.0	44.4	5.6	0.0		32.4	17.3	0.4	35.6	13.4	1.1				
Total (%) sentido		50.0			50.0				50.0			50.0				50.0			50.0						
Total (%)		100.0							100.0							100.0									

**Gráfico 18:** Distribución porcentual de los defectos generados en el moldurado.



De acuerdo al cuadro 29 donde se muestra el resumen general de los grados de calidad por defectos de la superficie de la madera, Podemos decir que durante la ejecución de este ensayo se manifestaron tres tipos de defecto los cuales fueron: grano arrancado en grados I, II, y III, vellosidad en grados I, y II y también se encontró el defecto de grano astillado en grados I, II y III. Observando en el grafico 18 que el 100% de las probetas poseen los tres tipos de defectos. Los defectos de vellosidad y grano arrancado también fue encontrado por Hoyos, J (2008), cuando trabajo con la especie uchumullaca, más no el defecto de grano astillado; por su parte Llúncor (1989) en el ensayo de moldurado encontraron defecto veloso y astillado, siendo más fácil de eliminar el veloso mas no el astillado.

**Gráfico 19:** Distribución porcentual de los grados de calidad de los defectos generados en el moldurado.



El grafico 19 muestra la distribución porcentual de los grados de calidad de los defectos encontrados en el moldurado, teniendo así que en el defecto de grano arrancado se encontró 87.7% de probetas de grado I, 12% de probetas de grado II y 0.4% de probetas de grado III; para el defecto de vellosidad se encontró 88% de probetas de grado I y 12% de probetas de grado II; para el defecto de grano astillado se encontró 68% de probetas de grado I, 30.6% de probetas de grado II y

1.4% de probetas de grado III, siendo el grado I el que presenta la mayor distribución porcentual en cada uno de estos defectos.

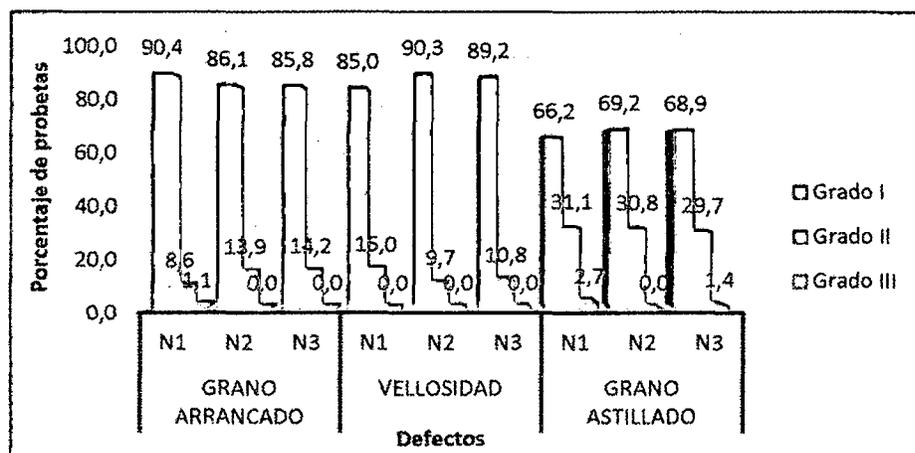
**Cuadro 30:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por nivel de fuste.

	Grano arrancado			Vellosidad			Astillado		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Grado I	33.8	28.5	25.4	31.7	29.9	26.4	24.6	22.9	20.4
Grado II	3.2	4.6	4.2	5.6	3.2	3.2	11.6	10.2	8.8
Grado III	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.4
Total %	37.4	33.1	29.6	37.3	33.1	29.6	37.2	33.1	29.6

	Grano arrancado			Vellosidad			Grano astillado		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Grado I	90.4	86.1	85.8	85.0	90.3	89.2	66.2	69.2	68.9
Grado II	8.6	13.9	14.2	15.0	9.7	10.8	31.1	30.8	29.7
Grado III	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	1.4
Total %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 20:** Interpretación de la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por nivel de fuste.



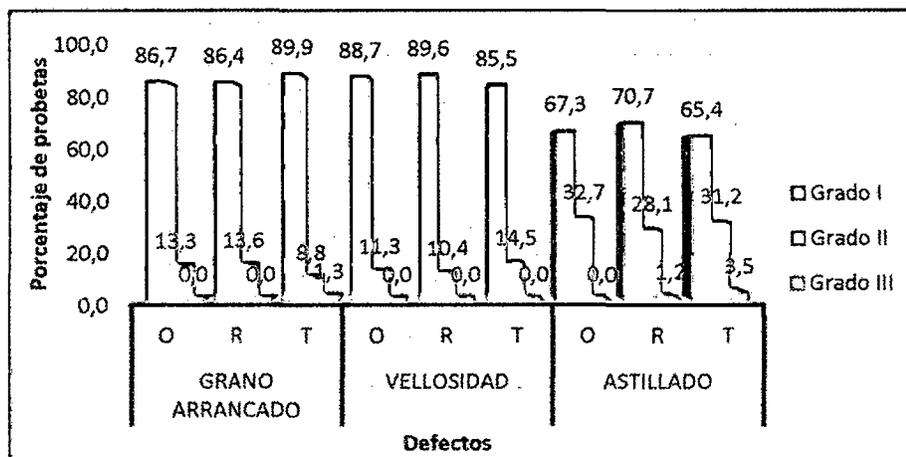
En el gráfico 20 observamos que para el defecto grano arrancado es en el nivel 1 donde se halló la mayor distribución porcentual de probetas con grado I y III (90.4%, 1.1%), y encontrando el mayor porcentaje de probetas de grado II (13.9%) en el nivel 2. Para el defecto de vellosidad podemos decir que el mayor número de probetas con grado I se muestra en el nivel 2 con un 90.3% y el mayor porcentaje de probetas con grado II (15%) en el nivel 1. Seguidamente el defecto de grano astillado nos muestra que la mayor distribución de probetas con grado I

(69.2%) se encuentra en el nivel 2 y la mayor distribución porcentual de probetas con grado II (31.1%) y grado III (2.7) lo muestra el nivel 1.

**Cuadro 31:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por plano de corte.

	Grano arrancado			Vellosidad			Astillado				Grano arrancado			Vellosidad			Astillado		
	O	R	T	O	R	T	O	R	T		O	R	T	O	R	T	O	R	T
Grado I	29.9	29.2	28.5	30.6	30.3	27.1	23.2	23.9	20.8	Grado I	86.7	86.4	89.9	88.7	89.6	85.5	67.3	70.7	65.4
Grado II	4.6	4.6	2.8	3.9	3.5	4.6	11.3	9.5	9.9	Grado II	13.3	13.6	8.8	11.3	10.4	14.5	32.7	28.1	31.2
Grado III	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	Grado III	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.5
Total %	34.5	33.8	31.7	34.5	33.8	31.7	34.5	33.8	31.8	Total %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Gráfico 21:** Interpretación de la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por plano de corte.



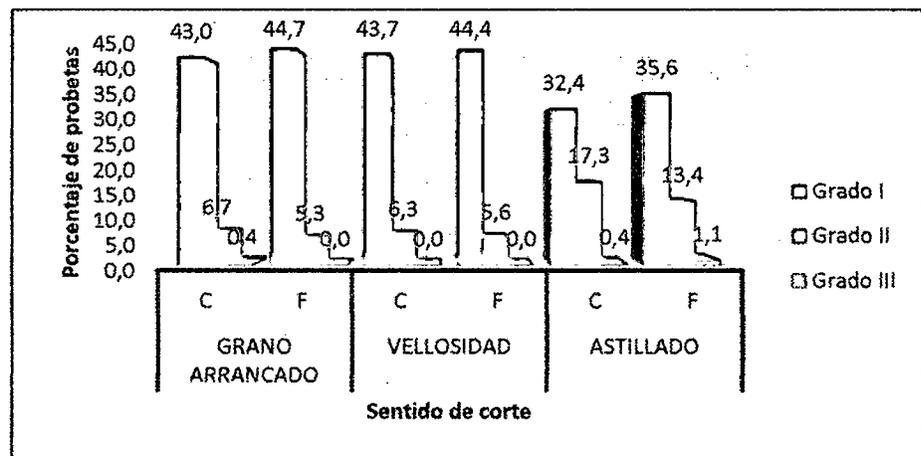
En el gráfico 21 apreciamos en el defecto de grano arrancado que es en el plano tangencial donde se encontró la mayor distribución porcentual de probetas con grado I (89.9%) y grado III (1.3%), encontrándose luego el mayor porcentaje de probetas de grado II (13.6%) en el plano radial. Para el defecto de vellosidad podemos decir que el mayor número de probetas con grado I se manifestaron en el plano radial con un 89.6% y el mayor porcentaje de probetas con grado II lo presenta el plano tangencial con 14.5%. Posteriormente el defecto

de grano astillado nos muestra que el mayor porcentaje de probetas con grado I se encuentran en el plano radial con 70.7%, el mayor porcentaje de probetas con grado II (32.7%) lo muestra el plano oblicuo y el plano tangencial es el que muestra el mayor porcentaje de probetas con grado III (3.5%).

**Cuadro 32:** Distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por sentido de corte.

	Grano arrancado		Vellosidad		Grano astillado	
	C	F	C	F	C	F
Grado I	43.0	44.7	43.7	44.4	32.4	35.6
Grado II	6.7	5.3	6.3	5.6	17.3	13.4
Grado III	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1
Total %	50	50	50	50	50	50

**Gráfico 22:** Interpretación de la distribución porcentual de los grados de calidad del defecto grano arrancado, vellosidad y astillado, generado en el moldurado por sentido de corte.



De acuerdo al gráfico 22 observamos en el defecto de grano arrancado que es en el sentido a favor del grano donde se encontró la mayor distribución porcentual de probetas con grado I (44.7%), encontrándose luego el mayor porcentaje de probetas de grado II (6.7%) y III (0.4%) en el sentido en contra del grano. El defecto de vellosidad nos muestra

que el mayor número de probetas con grado I se manifestaron en el sentido a favor del grano con un 44.4% y el mayor porcentaje de probetas con grado II lo presenta el sentido en contra del grano con 6.3%. El defecto de grano astillado nos muestra en el sentido a favor del grano el mayor porcentaje de probetas de grado I (35.6%) y III (1.1%), y siendo en el sentido en contra del grano donde encontramos el mayor porcentaje de probetas de grado II (17.3%).

#### 4.3.2. Prueba de independencia de los grados de calidad para el defecto de grano arrancado, vellosidad y grano astillado generados en el moldurado.

**Cuadro 33:** Resumen de la prueba de independencia de las variables del moldurado (nivel, plano, sentido) vs grados de calidad en cada defecto encontrado.

GRANO ARRANCADO					VELLOSIDAD				GRANO ASTILLADO					
VARIABLES	GRADOS DE CALIDAD			TOTAL MUESTRA	VARIABLES	GRADOS DE CALIDAD			TOTAL MUESTRA	VARIABLES	GRADOS DE CALIDAD			TOTAL MUESTRA
Niveles de fuste	Grado I	Grado II	Grado III	Total x nivel	Niveles de fuste	Grado I	Grado II	Total x nivel	Niveles de fuste	Grado I	Grado II	Grado III	Total x nivel	
N1	96	9	1	106	N1	90	16	106	N1	70	33	3	106	
N2	81	13	0	94	N2	85	9	94	N2	65	29	0	94	
N3	72	12	0	84	N3	75	9	84	N3	58	25	1	84	
Total x grado	249	34	1	284	Total x grado	250	34	284	Total x grado	193	87	4	284	
Planos de corte	Grado I	Grado II	Grado III	Total x plano	Planos de corte	Grado I	Grado II	Total x plano	Planos de corte	Grado I	Grado II	Grado III	Total x plano	
O	85	13	0	98	O	87	11	98	O	66	32	0	98	
R	83	13	0	96	R	86	10	96	R	68	27	1	96	
T	81	8	1	90	T	77	13	90	T	59	28	3	90	
Total x grado	249	34	1	284	Total x grado	250	34	284	Total x grado	193	87	4	284	
Sentido de corte	Grado I	Grado II	Grado III	Total x sentido	Sentido de corte	Grado I	Grado II	Total x sentido	Sentido de corte	Grado I	Grado II	Grado III	Total x sentido	
Favor	127	15	0	142	Favor	126	16	142	Favor	101	38	3	142	
Contra	122	19	1	142	Contra	124	18	142	Contra	92	49	1	142	
Total x grado	249	34	1	284	Total x grado	250	34	284	Total x grado	193	87	4	284	

**Cuadro 34:** Prueba de independencia de las variables del moldurado (nivel, plano, sentido) vs grados de calidad en cada defecto encontrado.

	Relacion entre variables	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	Interpretación
			0.05		
GRANO ARRANCADO	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	3.49	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Grados de calidad	3.37	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Sentido del corte vs. Grados de calidad	1.57	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
VELOSIDAD	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	1.64	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Grados de calidad	0.78	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Sentido del corte vs. Grados de calidad	0.13	3.84	n.s	Existe independencia entre las dos variables
GRANO ASTILLADO	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	2.97	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Grados de calidad	4.27	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Sentido del corte vs. Grados de calidad	2.81	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables

En el cuadro 34 se observa en cada uno de los defectos encontrados la distribución de las probetas por grados de calidad distribuidos por nivel de fuste, plano y sentido de corte. Seguidamente en el cuadro 34 se observa la prueba de independencia realizada a cada uno de los defectos, encontrando así que en el defecto de:

Grano arrancado las variables nivel de fuste vs grados de calidad muestran que no existe relación entre estas, donde la presencia mayormente de probetas de grado I y III en el nivel 1 y la presencia mayormente de probetas de grado II en el nivel 3 no está influenciada por el nivel donde se ejecute si no que se presentan de manera independiente. Vemos también que entre las variables planos de corte vs grados de calidad no existe ninguna relación ya que la presencia mayormente de probetas de grado I y III en el plano tangencial y la presencia de más probetas de grado II en el plano radial no va estar influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs grados de calidad podemos decir que

tampoco existe relacion entre las variables, que la presencia mayormente de probetas de grado de calidad I en el sentido a favor y la presencia mayormente de probetas de grado de calidad II y III en el sentido en contra no estan influenciadas con la direccion del grano hacia donde se ejecute el ensayo, sino que este comportamiento se debe a la estructura anatomica de la madera.

Vellosidad las variables nivel de fuste vs grados de calidad muestran que no existe relacion entre las variables ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en el nivel 2 y la presencia mayormente de probetas de grado II en el nivel 1 no esta influenciada por el nivel donde se ejecute si no que se presentan de manera independiente. Notamos tambien que entre las variables planos de corte vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en el plano radial y la presencia mayormente de probetas de grado II en el plano tangencial no va estar influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs grados de calidad podemos decir que no existe relación entre estas variables, ya que el porcentaje mayormente de probetas de grado I en el sentido a favor y el porcentaje mayormente de probetas de grado II en el sentido en contra, no va a estar influenciado por la orientacion del grano.

Grano astillado muestra que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe relacion entre estas, donde la presencia mayormente de probetas de grado I en el nivel 2 y la presencia mayormente de probetas de grado II y III en el nivel 1 no esta influenciada por el nivel donde se ejecute el ensayo si no que se presentan de manera independiente. Observamos tambien que entre las variables planos de corte vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en el plano radial, el mayor porcentaje de probetas de grado II en el plano oblicuo y la presencia mayormente de probetas de grado III en el plano tangencial no va estar influenciada por el plano donde se ejecute el

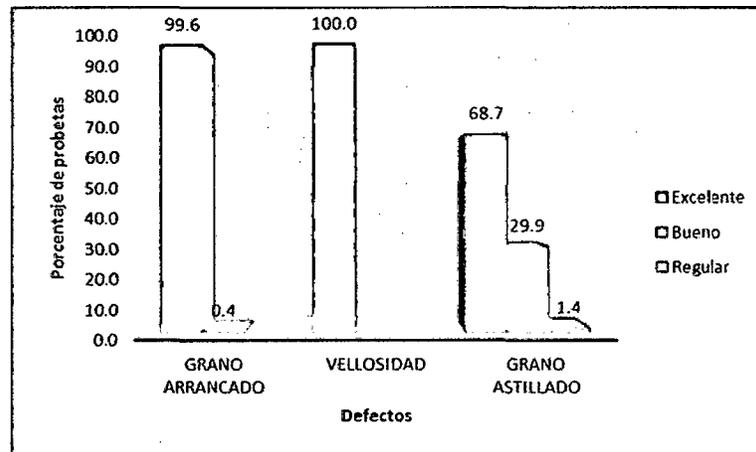
ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs grados de calidad podemos decir que tampoco existe relacion entre las variables, que la presencia mayormente de probetas de grado de calidad I y III en el sentido a favor y la presencia mayormente de probetas de grado de calidad II en el sentido en contra no estan influenciadas por la direccion del grano hacia donde se ejecute el ensayo.

#### 4.3.3. Calificación según grados de calidad

**Cuadro 35:** Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

Nivel	Planos	Grano arrancado						Velliosidad			Grano astillado								
		Excelente			Bueno			Excelente			Excelente			Bueno			Regular		
		C	F	Sub total (%) plano	C	F	Sub total (%) plano	C	F	Sub total (%) plano	C	F	Sub total (%) plano	C	F	Sub total (%) plano	C	F	Sub total (%) plano
N1	O	8.1	8.1	16.2	0.0	0.0	0.0	8.1	8.1	16.2	5.6	6.0	11.6	2.5	2.1	4.6	0.0	0.0	0.0
	R	4.2	4.2	8.5	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	8.5	2.5	3.5	6.0	1.8	0.7	2.5	0.0	0.0	0.0
	T	6.3	6.0	12.3	0.0	0.4	0.4	6.3	6.3	12.7	3.5	3.9	7.4	1.8	2.5	4.2	1.1	0.0	1.1
	Sub total (%) sentido	18.7	18.3		0.0	0.4		18.7	18.7		11.6	13.4		6.0	5.3		1.1	0.0	
	sub total (%) calidad	37.0			0.4			37.3			25.0			11.3			1.1		
N2	O	5.3	5.3	10.6	0.0	0.0	0.0	5.3	5.3	10.6	3.9	2.5	6.3	1.4	2.8	4.2	0.0	0.0	0.0
	R	7.0	7.0	14.1	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	14.1	4.6	5.3	9.9	2.5	1.8	4.2	0.0	0.0	0.0
	T	4.2	4.2	8.5	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	8.5	3.5	3.2	6.7	0.7	1.1	1.8	0.0	0.0	0.0
	Sub total (%) sentido	16.5	16.5		0.0	0.0		16.5	16.5		12.0	10.9		4.6	5.6		0.0	0.0	
	sub total (%) calidad	33.1			0.0			33.1			22.9			10.2			0.0		
N3	O	3.9	3.9	7.7	0.0	0.0	0.0	3.9	3.9	7.7	2.8	2.8	5.6	1.1	1.1	2.1	0.0	0.0	0.0
	R	5.6	5.6	11.3	0.0	0.0	0.0	5.6	5.6	11.3	5.3	3.2	8.5	0.4	2.1	2.5	0.0	0.4	0.4
	T	5.3	5.3	10.6	0.0	0.0	0.0	5.3	5.3	10.6	4.2	2.5	6.7	1.1	2.8	3.9	0.0	0.0	0.0
	Sub total (%) sentido	14.8	14.8		0.0	0.0		14.8	14.8		12.3	8.5		2.5	6.0		0.0	0.4	
	sub total (%) calidad	29.6			0.0			29.6			20.8			8.5			0.4		
Total (%) sentido		50.0	49.6		0.0	0.4		50.0	50.0		35.9	32.7		13.0	16.9		1.1	0.4	
Total (%) calidad		99.6			0.4			100.0			68.7			29.9			1.4		

**Grafico 23:** Distribución porcentual de la calificación de los defectos generados en el moldurado.

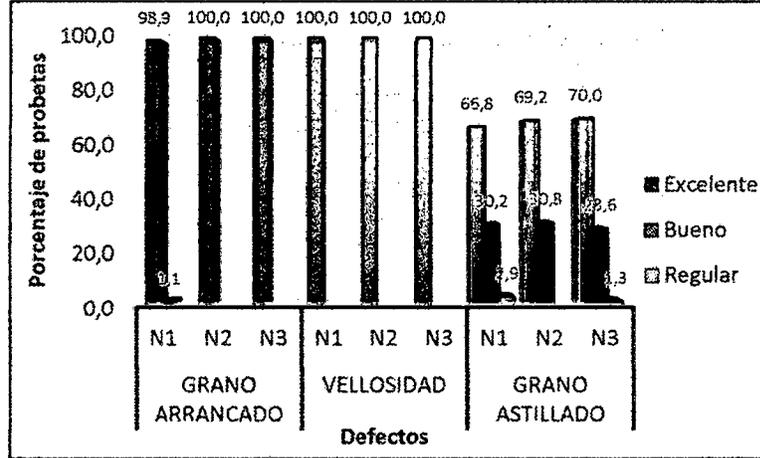


En el cuadro 35 y gráfico 23 se muestra el resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado, de acuerdo a esto se observa que en el defecto de grano arrancado se encontró 99.6% de probetas excelentes y 0.4% de probetas buena; en el defecto de vellosidad el 100% de las probetas calificaron como excelente; en el defecto de grano astillado se encontró 68.7% de probetas excelentes, 29.9% de probetas buenas y 1.4% de probetas regulares. Siendo iguales los resultados encontrados para el efecto de vellosidad según Sánchez, R (2013) quien en la ejecución del ensayo de moldurado solo encontró el defecto de vellosidad donde encontró que que el 100% de la madera se comporta como excelente al moldurado, correspondiendo el 50% cuando se trabaja a favor del grano y el otro 50% cuando se trabaja en contra el grano.

**Cuadro 36:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados por nivel de fuste.

	Grano arrancado			Vellosidad			Grano astillado				Grano arrancado			Vellosidad			Grano astillado		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3		N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Excelente	37.0	33.1	29.6	37.3	33.1	29.6	25.0	22.9	20.8	Excelente	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	66.8	69.2	70.0
Bueno	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	10.2	8.5	Bueno	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.2	30.8	28.6
Regular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.4	Regular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	1.3
Total %	37.4	33.1	29.6	37.3	33.1	29.6	37.4	33.1	29.7	Total %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Grafico 24:** Interpretación de la distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados en el moldurado por nivel de fuste.



De acuerdo al cuadro 36 y grafico 24 podemos decir que en el defecto de grano arrancado es en el nivel 2 y 3 donde se encuentra la mayor cantidad de probetas que califican como excelente (100%) y bueno (1.1%); en el defecto de vellosidad observamos que el nivel 1, 2 y 3 presentan el 100% de probetas de calidad excelente; para el defecto de grano astillado la mayor distribución porcentual de probetas excelente (70%) se encuentra en el nivel 3, el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (30.8%) se encuentra en el nivel 2 y el mayor porcentaje de probetas de calidad regular (2.9%) se halló en el nivel 1.

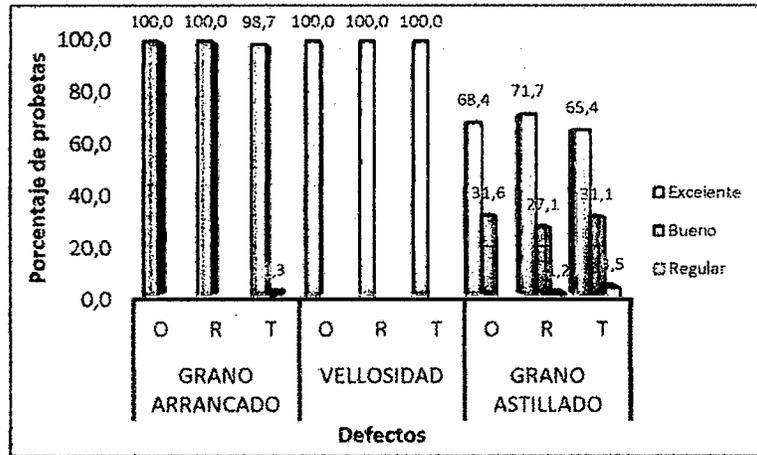
**Cuadro 37:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados por plano de corte.

	Grano arrancado			Vellosidad			Grano astillado		
	O	R	T	O	R	T	O	R	T
Excelente	34.5	33.8	31.3	34.5	33.8	31.7	23.6	24.3	20.8
Bueno	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	10.9	9.2	9.9
Regular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1
Total %	34.5	33.8	31.7	34.5	33.8	31.7	34.5	33.9	31.8

	Grano arrancado			Vellosidad			Grano astillado		
	O	R	T	O	R	T	O	R	T
Excelente	100.0	100.0	98.7	100.0	100.0	100.0	68.4	71.7	65.4
Bueno	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	31.6	27.1	31.1
Regular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.5
Total %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Grafico 25:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados en el moldurado por plano de corte.

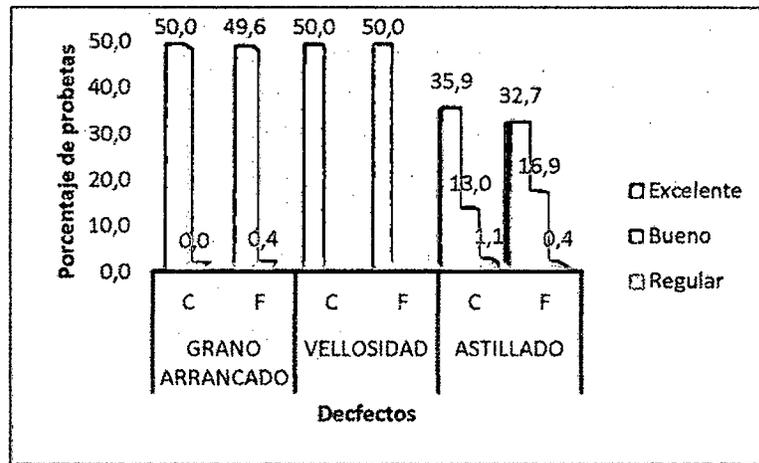


En lo que se refiere a la calificación de las probetas por planos de corte para cada defecto, podemos decir que en el defecto de grano arrancado es en el plano oblicuo y radial donde se encontró el mayor porcentaje de probetas excelente (100%) y el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (1.3%) se presentó en el plano tangencial; para el defecto de vellosidad el plano oblicuo, radial y tangencial muestran que el 100% de las probetas calificaron como excelente; en el defecto de grano astillado encontramos el mayor número de probetas excelente en el plano radial (71.7%), el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (31.6%) en el plano oblicuo y el mayor porcentaje de probetas de calidad regular (3.5%) en el plano tangencial. (Cuadro 37, grafico 25)

**Cuadro 38:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados por sentido de corte.

	Grano arrancado		Vellosidad		Grano astillado	
	C	F	C	F	C	F
Excelente	50.0	49.6	50.0	50.0	35.9	32.7
Bueno	0.0	0.4	0.0	0.0	13.0	16.9
Regular	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.4
Total %	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0

**Grafico 26:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas para los defectos encontrados en el moldurado por sentido de corte.



En el cuadro 38 y grafico 26 se observa que para el defecto de grano arrancado el mayor porcentaje de probetas excelentes lo muestra el sentido en contra del grano (50%) y es en el sentido a favor del grano donde tenemos el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (0.4%); en el defecto de vellosidad observamos que el porcentaje de probetas excelente están distribuidos en un 50% para cada sentido de corte; en el defecto de grano astillado notamos que es en el sentido en contra del grano donde encontramos el mayor porcentaje de probetas excelente y regular (35.9%, 1.1%), y el mayor número de probetas de calidad bueno (16.9%) en el sentido a favor del grano. Debiéndose que el mayor porcentaje de probetas se encuentren en el sentido en contra del grano a un defecto encontrado en la madera (nudo)

#### 4.3.4. Prueba de independencia de la calificación del moldurado por nivel de fuste, plano y sentido de corte.

**Cuadro 39:** Resumen de prueba de independencia de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

GRANO ARRANCADO			VELLOSIDAD			GRANO ASTILLADO					
VARIABLES	CALIFICACION		TOTAL MUESTRAS	VARIABLES	CALIFICACION		TOTAL MUESTRAS	GRADOS DE CALIDAD			TOTAL MUESTRAS
Niveles de fuste	Excelente	Bueno	Total x nivel	Niveles de fuste	Excelente	Total x nivel	Niveles de fuste	Excelente	Bueno	Regular	Total x nivel
N1	105	1	106	N1	106	106	N1	71	32	3	106
N2	94	0	94	N2	94	94	N2	65	29	0	94
N3	84	0	84	N3	84	84	N3	59	24	1	84
Total x grado	283	1	284	Total x grado	284	284	Total x grado	195	85	4	284
Planos de corte	Excelente	Bueno	Total x plano	Planos de corte	Excelente	Total x plano	Planos de corte	Excelente	Bueno	Regular	Total x plano
O	98	0	98	O	98	98	O	67	31	0	98
R	96	0	96	R	96	96	R	69	26	1	96
T	89	1	90	T	90	90	T	59	28	3	90
Total x grado	283	1	284	Total x grado	284	284	Total x grado	195	85	4	284
Sentido de corte	Excelente	Bueno	Total x sentido	Sentido de corte	Excelente	Total x sentido	Sentido de corte	Excelente	Bueno	Regular	Total x sentido
Favor	141	1	142	Favor	142	142	Favor	93	48	1	142
Contra	142	0	142	Contra	142	142	Contra	102	37	3	142
Total x grado	283	1	284	Total x grado	284	284	Total x grado	195	85	4	284

**Cuadro 40:** Prueba de independencia de la calificación de la madera según el grado de calidad para los defectos encontrados en el moldurado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

	Relacion entre variables	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	Interpretacion
			0.05		
GRANO ARRANCADO	Niveles del fuste vs. Calidad	1.65	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Calidad	2.28	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Sentido del corte vs. Calidad	1	3.84	n.s	Existe independencia entre las dos variables
GRANO ASTILLADO	Niveles del fuste vs. Calidad	3.01	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Calidad	4.4	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Sentido del corte vs. Calidad	2.83	5.99	n.s	Existe independencia entre las dos variables

Posteriormente el cuadro 40 muestra la prueba de independencia realizada a las calidades encontradas en los defectos de grano arrancado y grano astillado, mas no al defecto de vellosidad ya que solo presento la calidad de excelente. Mostrando asi el defecto de:

Grano arrancado que no existe relacion entre las variables nivel de fuste vs calidad ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles se presenta de manera

independiente. Observamos también que entre las variables planos de corte vs calidad no existe ninguna relación, donde la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los planos no está influenciada por el tipo de plano donde se ejecute el ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs calidad podemos decir también que no existe relación entre estas variables, ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en el sentido a favor no está influenciada por la orientación de las fibras sino que este comportamiento está relacionado con otros factores, como puede ser la velocidad de alimentación.

El grano astillado también muestra que no existe relación entre las variables nivel de fuste vs calidad ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en el nivel 3, la presencia mayormente de probetas de calidad bueno en el nivel 2 y la presencia del mayor número de probetas de calidad regular en el nivel 1 se presenta de manera independiente. Observamos también que entre las variables planos de corte vs calidad no existe ninguna relación, donde la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en el plano radial, la presencia mayor de probetas de calidad buena en el plano oblicuo y la presencia del mayor número de probetas de calidad regular en el plano tangencial no están influenciadas por el tipo de plano donde se ejecute el ensayo. Con respecto a las variables sentido de corte vs calidad podemos decir también que no existe relación entre estas variables, ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente y regular en el sentido en contra y el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno en el sentido a favor no están influenciadas por la orientación de las fibras sino que este comportamiento está relacionado con otros factores, como puede ser la velocidad de alimentación o el filo de la cuchilla.

#### 4.4. Ensayo del taladrado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE)

##### 4.4.1. Grados de calidad de la madera

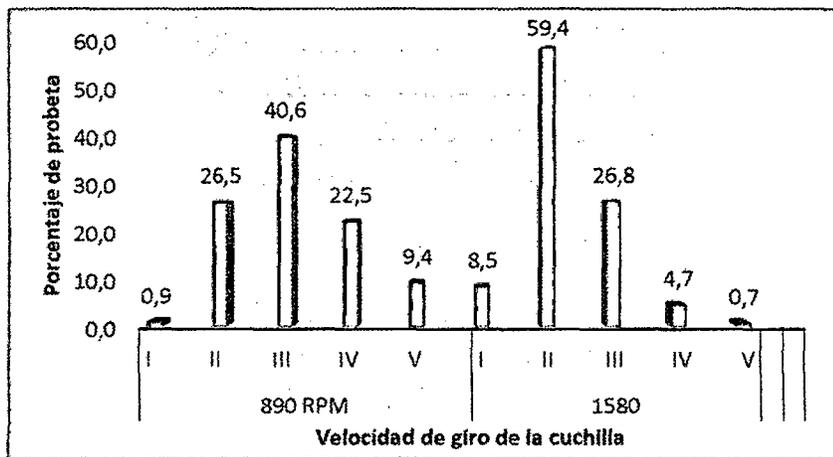
**Cuadro 41:** Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE) para el ensayo de taladrado.

Defecto	Nivel	Planos	890 rpm															1580 rpm														
			E					S					F					E					S					F				
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Ruptura del grano	N1	O	0.2	0.5	3.8	0.5	0.5	0.0	0.0	2.1	2.6	0.7	0.0	1.2	3.1	1.2	0.0	0.7	3.3	1.2	0.2	0.0	0.0	1.4	3.3	0.7	0.0	0.9	3.8	0.5	0.2	0.0
		R	0.0	0.9	0.7	0.5	0.9	0.0	0.0	0.5	1.2	1.4	0.0	0.9	1.2	0.9	0.0	0.0	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	1.2	1.6	0.2	0.0	0.7	2.1	0.2	0.0	0.0
		T	0.0	2.3	1.4	0.0	0.2	0.0	0.0	1.6	1.6	0.7	0.0	2.3	0.9	0.5	0.2	0.7	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	1.4	1.9	0.7	0.0	0.7	3.1	0.2	0.0	0.0
		Sub total (%) grado	0.2	3.8	5.9	0.9	1.6	0.0	0.0	4.2	5.4	2.8	0.0	4.5	5.2	2.6	0.2	1.4	9.2	1.6	0.2	0.0	0.0	4.0	6.8	1.6	0.0	2.3	8.9	0.9	0.2	0.0
		Sub total (%) nivel	12.4					12.4					12.4					12.4					12.4									
	N2	O	0.0	1.2	1.2	0.9	0.2	0.0	0.0	1.2	1.9	0.5	0.2	0.9	2.1	0.2	0.0	0.0	3.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9	2.1	0.2	0.2	0.5	2.8	0.2	0.0	0.0
		R	0.0	2.8	1.2	0.5	0.5	0.0	0.5	2.6	1.2	0.7	0.2	2.3	1.4	0.7	0.2	0.2	2.8	1.4	0.2	0.2	0.0	1.4	3.1	0.5	0.0	1.2	2.8	0.5	0.5	0.0
		T	0.0	1.2	0.7	0.2	0.5	0.0	0.0	1.4	0.7	0.5	0.0	0.2	0.9	1.2	0.2	0.2	2.1	0.2	0.0	0.0	0.0	1.4	1.2	0.0	0.0	0.2	1.6	0.7	0.0	0.0
		Sub total (%) grado	0.0	5.2	3.1	1.6	1.2	0.0	0.5	5.2	3.8	1.6	0.5	3.5	4.5	2.1	0.5	0.5	8.2	1.9	0.2	0.2	0.0	3.8	6.3	0.7	0.2	1.9	7.3	1.4	0.5	0.0
		Sub total (%) nivel	11.0					11.0					11.0					11.0					11.0									
	N3	O	0.0	1.2	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	1.4	1.2	0.0	0.0	0.7	1.2	0.7	0.0	0.0	2.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.6	0.5	0.0	0.5	1.6	0.5	0.0	0.0
		R	0.0	2.1	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.2	1.2	0.2	1.6	1.2	0.7	0.0	0.0	3.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9	2.1	0.5	0.2	0.2	3.3	0.2	0.0	0.0
		T	0.0	1.6	1.4	0.5	0.0	0.0	0.2	2.1	0.9	0.2	0.0	1.6	1.4	0.5	0.0	0.9	1.9	0.7	0.0	0.0	0.0	1.6	1.9	0.0	0.0	0.7	2.6	0.0	0.2	0.0
		Sub total (%) grado	0.0	4.9	4.0	0.9	0.0	0.0	0.2	4.9	3.3	1.4	0.2	4.0	3.8	1.9	0.0	0.9	7.5	1.4	0.0	0.0	0.0	3.1	5.6	0.9	0.2	1.4	7.5	0.7	0.2	0.0
		Sub total (%) nivel	9.9					9.9					9.9					9.9					9.9									
Total (%) grado		0.2	13.8	12.9	3.5	2.8	0.0	0.7	14.3	12.4	5.9	0.7	12.0	13.4	6.6	0.7	2.8	24.9	4.9	0.5	0.2	0.0	10.8	18.8	3.3	0.5	5.6	23.7	3.1	0.9	0.0	
Total (%) ruptura		33.3					33.3					33.3					33.3					33.3										
Total (%)		100.0															100.0															

**Cuadro 42:** Distribución porcentual de los grados de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado a 890 y 1580 rpm.

total (%) grados	890 rpm					1580 rpm				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	0.9	26.5	40.6	22.5	9.4	8.5	59.4	26.8	4.7	0.7

**Gráfico 27:** Distribución del grado de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado a 890 y 1580 rpm.

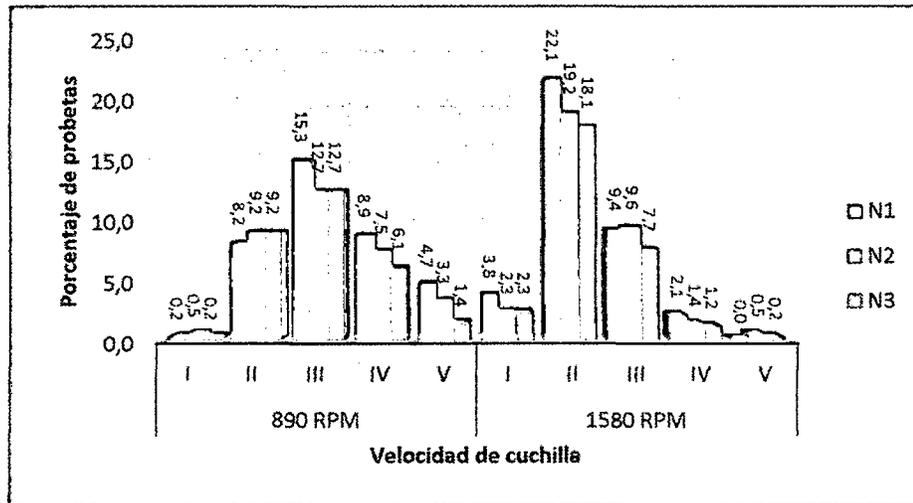


El cuadro 41 nos muestra que durante la ejecución del ensayo de taladrado a 890 rpm y 1580 rpm se identificó solamente el defecto de ruptura del grano en grado I, II, III, IV y V donde se evaluó la superficie de entrada, de salida y del fondo de las probetas. En el cuadro 42 y grafico 27 observamos el promedio de las superficies (ruptura de entrada, ruptura de salida, fondo) de las probetas con grado I, II, III, IV y V para el taladrado a 890 rpm y 1580 rpm. En lo que respecta a los grados encontrados para cada velocidad de giro, se distingue que trabajando a 890 rpm encontramos mayormente probetas de grado III (40.6%) reduciéndose este porcentaje a 26.8% cuando se trabaja con una velocidad de giro de 1580 rpm y mostrando esta velocidad el mayor número de probetas (59.4%) en el grado II. Coincidiendo con los resultados encontrados por Arrascue, G (2013) quien encontró también el defecto de ruptura de grano en grados I, II, III, IV y V quien al analizar la calidad de los orificios que se presentan a 890 rpm y 1580 rpm mejora los grados de ruptura al incrementarse la velocidad del elemento cortante, es así, por ejemplo se tiene 47.95% de probetas que presentan el defecto en grado III y al trabajarse a 1580 rpm el número de probetas pasan a 16.37%

**Cuadro 43:** Distribución porcentual de los grados de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por niveles de fuste.

	890 rpm					1580 rpm				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
N1	0.2	8.2	15.3	8.9	4.7	3.8	22.1	9.4	2.1	0.0
N2	0.5	9.2	12.7	7.5	3.3	2.3	19.2	9.6	1.4	0.5
N3	0.2	9.2	12.7	6.1	1.4	2.3	18.1	7.7	1.2	0.2

**Gráfico 28:** Distribución de los grados de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por niveles de fuste.

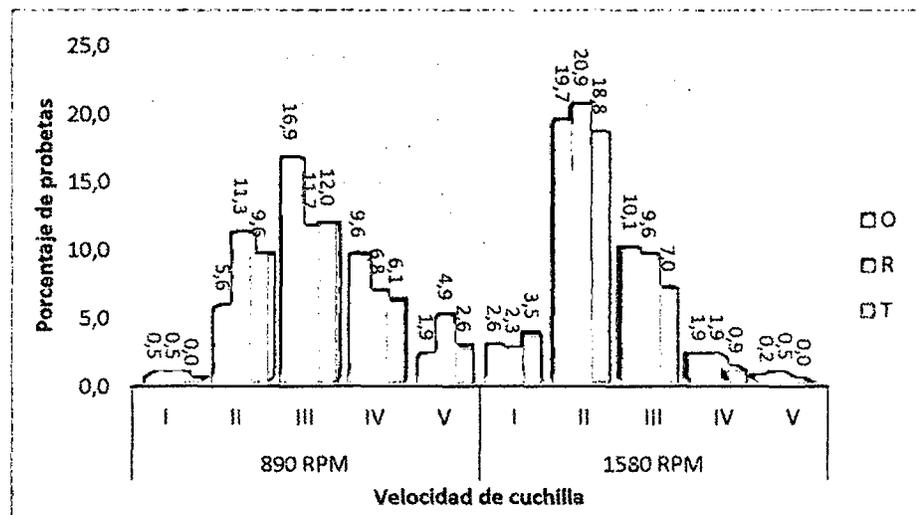


Con respecto a las probetas de grado I presente en los distintos niveles del fuste (N1, N2, N3) podemos decir que el porcentaje de probetas aumentan cuando se trabaja a 1580 rpm encontrándose el mayor porcentaje en el nivel 1 (3.8%), pasando de igual forma para las probetas de grado II en donde se ve que los porcentajes aumentan en cada nivel cuando se trabaja a 1580 rpm siendo también el nivel 1 el que presenta el mayor porcentaje (22.1%). Ahora con respecto a los grados III, IV y V distinguimos que los mayores porcentajes en cada uno de los niveles se presentan en el ensayo a 890 rpm, observándose también en cada grado que es el nivel 1 donde se manifiesta el mayor porcentaje. Pudiendo decir entonces que a mayor velocidad de giro de la cuchilla el número de probetas con grado III, IV y V tiende a reducirse originando así que el porcentaje de probetas con grado I y II se incremente ( gráfico 28).

**Cuadro 44:** Distribución porcentual del grado de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por planos de corte

	890 rpm					1580 rpm				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
O	0.5	5.6	16.9	9.6	1.9	2.6	19.7	10.1	1.9	0.2
R	0.5	11.3	11.7	6.8	4.9	2.3	20.9	9.6	1.9	0.5
T	0.0	9.6	12.0	6.1	2.6	3.5	18.8	7.0	0.9	0.0

**Gráfico 29:** Distribución del grado de calidad de la ruptura del grano generados en el taladrado por planos de corte.

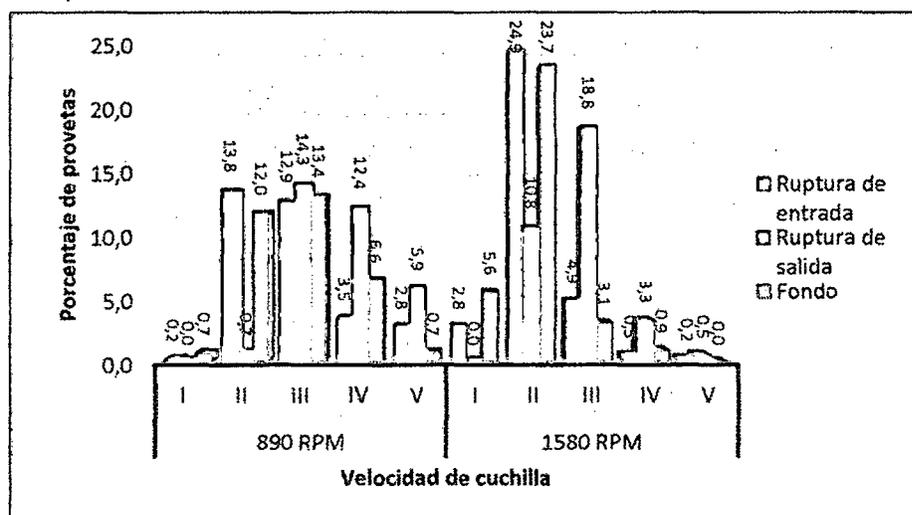


El gráfico 29 muestra la distribución de las probetas con ruptura del grano de grado I, II, III, IV, V por planos de corte (oblicuo, radial y tangencial) pudiendo decir que para las probetas calificadas con grado I los porcentajes en cada plano aumentan cuando se trabaja a una revolución de 1580 rpm mostrándose el mayor porcentaje en el plano tangencial (3.5%), ahora en las probetas calificadas con grado II también se muestran los mayores porcentajes al trabajar a una revolución de 1580 rpm mostrándose en el plano radial el mayor número de probetas (20.9%). Respecto a los grados III, IV y V notamos que los mayores porcentajes en cada uno de los planos de corte se presentan en el ensayo a 890 rpm, siendo en el plano oblicuo para los grados III y IV donde se presentan los mayores porcentajes (16.9%, 9.6%) y para el grado V el mayor porcentaje lo presenta el plano radial (4.9%)

**Cuadro 45:** Distribución porcentual de los grados de calidad de la ruptura del grano del taladrado en la entrada, salida y fondo de las probetas.

	890 rpm					1580 rpm				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Ruptura de entrada	0.2	13.8	12.9	3.5	2.8	2.8	24.9	4.9	0.5	0.2
Ruptura de salida	0.0	0.7	14.3	12.4	5.9	0.0	10.8	18.8	3.3	0.5
Fondo	0.7	12.0	13.4	6.6	0.7	5.6	23.7	3.1	0.9	0.0

**Gráfico 30:** Distribución de los grados de calidad de la ruptura del grano del taladrado en la entrada, salida y fondo de las probetas.



Con respecto al número de probetas de grado I donde se encuentran presente las distintas superficies (ruptura de entrada, ruptura de salida y fondo) podemos decir que las probetas aumentan su distribución porcentual cuando se trabaja a 1580 rpm encontrándose el mayor porcentaje en el fondo de las probetas (5.6%), pasando de igual forma para las probetas de grado II en donde se ve que los promedios aumentan en cada superficie de la madera cuando se trabaja a 1580 rpm siendo la superficie de entrada la que presenta el mayor porcentaje (24.9%). Ahora con respecto a los grados III, IV y V distinguimos que los mayores porcentajes en cada uno de la superficie se presentan en el ensayo a 890 rpm, observando también en cada grado que es en la

superficie de salida (ruptura de salida) donde se presenta los mayores promedios (gráfico 30)

#### 4.4.2. Prueba de independencia de los grados de calidad para el defecto ruptura del grano generado en el taladrado.

**Cuadro 46:** Resumen de la prueba de independencia de las variables del taladrado (nivel de fuste, plano de corte) vs grados de calidad en el defecto encontrado.

890 rpm							1580 rpm						
VARIABLES	GRADOS DE CALIDAD					TOTAL PROBETAS	VARIABLES	GRADOS DE CALIDAD					TOTAL PROBETAS
Niveles de fuste	Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV	Grado V	Total x nivel	Niveles de fuste	Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV	Grado V	Total x nivel
N1	1	35	65	38	20	159	N1	16	94	40	9	0	159
N2	2	39	54	32	14	141	N2	10	82	41	6	2	141
N3	1	39	54	26	6	126	N3	10	77	33	5	1	126
Total x grado	4	113	173	96	40	426	Total x grado	36	253	114	20	3	426
Planos de corte	Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV	Grado V	Total x plano	Planos de corte	Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV	Grado V	Total x plano
O	2	24	72	41	8	147	O	11	84	43	8	1	147
R	2	48	50	29	21	150	R	10	89	41	8	2	150
T	0	41	51	26	11	129	T	15	80	30	4	0	129
Total x grado	4	113	173	96	40	426	Total x grado	36	253	114	20	3	426

**Cuadro 47:** Prueba de independencia de las variables del taladrado (nivel de fuste, plano de corte) vs grados de calidad del defecto encontrado.

	Relación entre variables	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	Interpretación
			0.05		
RUPTURA 890 RPM	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	8.07	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Grados de calidad	23.88	15.5	*	Existe dependencia entre las dos variables
RUPTURA 1580 RPM	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	4.05	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. Grados de calidad	6.25	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables

El cuadro 46 muestra para el defecto de ruptura del grano la distribución de los grados de calidad de las probetas por nivel de fuste y plano de corte tanto para el taladrado a 890 rpm como a 1580 rpm.

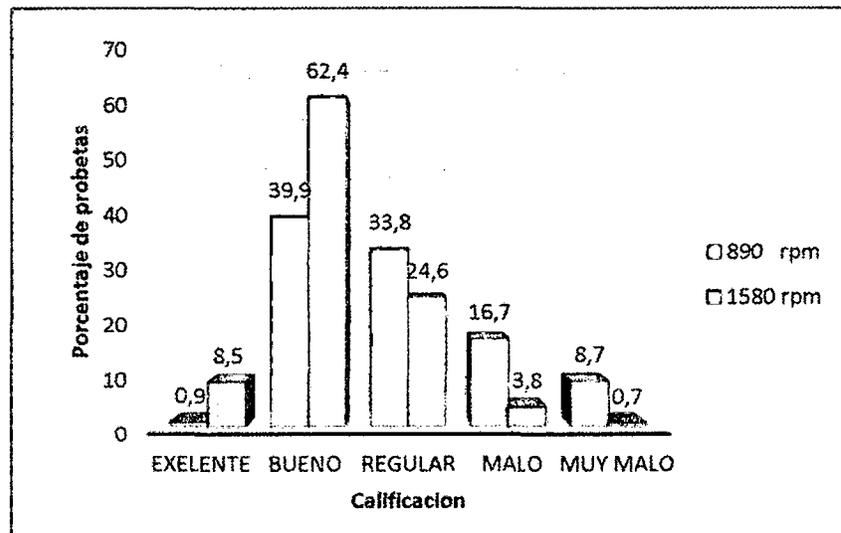
Seguidamente en el cuadro 47 muestra la prueba de independencia realizada a cada ensayo, tal es así que para el ensayo de taladrado a 890 rpm observamos que las variables niveles de fuste vs grados de calidad no están relacionadas donde la presencia mayormente de probetas de grado III en cada uno de los niveles no está influenciada por el nivel donde se ejecute si no que se presentan de manera independiente. Observamos también que entre las variables planos de corte vs grados de calidad si existe relación entre las variables y que la presencia mayormente de probetas de grado III en cada uno de los planos de corte va estar influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo y la velocidad de giro de la cuchilla. A 1580 rpm notamos que no existe relación entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad, donde la presencia mayormente de probetas de grado II en el en cada uno de los niveles no está influenciada por el nivel donde se ejecute el ensayo si no que se presentan de manera independiente. Observamos también que entre las variables planos de corte vs grados de calidad no existe ninguna relación ya que la presencia mayormente de probetas de grado II en cada uno de los planos de corte no va estar influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo sino por otros factores como pueden ser la velocidad de giro de la cuchilla y la velocidad de alimentación.

#### **4.4.3. Calificación según grados de calidad en el taladrado**

**Cuadro 48:** Resumen general de la calificación de la madera según el grado de calidad para el defecto de ruptura encontrado en el taladrado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

Nivel	Plano	890 rpm															1580 rpm														
		Exelente			Bueno			Regular			Malo			Muy malo			Exelente			Bueno			Regular			Malo			Muy malo		
		E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F	E	S	F
N1	O	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	4.2	3.8	2.1	1.2	0.5	2.6	0.0	0.5	0.7	0.0	0.7	0.0	0.9	3.3	1.4	4.2	1.2	3.3	0.2	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	R	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	2.1	0.7	0.5	0.9	0.5	1.2	0.0	0.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.7	2.8	1.2	2.3	0.2	1.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	T	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	3.3	1.4	1.6	0.5	0.0	1.6	0.2	0.2	0.7	0.0	0.7	0.0	0.7	3.1	1.4	3.3	0.2	1.9	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	sub total (% nivel)	0.2	0.0	0.0	3.8	0.0	9.6	5.9	4.2	2.6	0.9	5.4	0.2	1.6	2.8	0.0	1.4	0.0	2.3	9.2	4.0	9.9	1.6	6.8	0.2	0.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
N2	O	0.0	0.0	0.2	1.2	0.0	3.1	1.2	1.2	0.2	0.9	1.9	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	3.3	0.9	3.1	0.2	2.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0
	R	0.0	0.0	0.2	2.8	0.5	3.8	1.2	2.6	0.7	0.5	1.2	0.2	0.5	0.7	0.0	0.2	0.0	1.2	2.8	1.4	3.3	1.4	3.1	0.5	0.2	0.5	0.0	0.2	0.0	0.0
	T	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.2	0.7	1.4	1.2	0.2	0.7	0.2	0.5	0.5	0.0	0.2	0.0	0.2	2.1	1.4	2.3	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	sub total (% nivel)	0.0	0.0	0.5	5.2	0.5	8.0	3.1	5.2	2.1	1.6	3.8	0.5	1.2	1.6	0.0	0.5	0.0	1.9	8.2	3.8	8.7	1.9	6.3	0.5	0.2	0.7	0.0	0.2	0.2	0.0
N3	O	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.9	0.9	1.4	0.7	0.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	0.5	2.1	0.5	1.6	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	R	0.0	0.0	0.2	2.1	0.0	2.8	1.6	1.4	0.7	0.0	1.2	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.2	3.5	0.9	3.5	0.2	2.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0
	T	0.0	0.0	0.0	1.6	0.2	3.1	1.4	2.1	0.5	0.5	0.9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.9	0.0	0.7	1.9	1.6	2.6	0.7	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	sub total (% nivel)	0.0	0.0	0.2	4.9	0.2	7.7	4.0	4.9	1.9	0.9	3.3	0.0	0.0	1.4	0.0	0.9	0.0	1.4	7.5	3.1	8.2	1.4	5.6	0.2	0.0	0.9	0.0	0.0	0.2	0.0
Sub total (% calidad)	0.2	0.0	0.7	13.8	0.7	25.4	12.9	14.3	6.6	3.5	12.4	0.7	2.8	5.9	0.0	2.8	0.0	5.6	24.9	10.8	26.8	4.9	18.8	0.9	0.5	3.3	0.0	0.2	0.5	0.0	
Total (% calidad)	0.9			39.9			33.8			16.7			8.7			8.5			62.4			24.6			3.8			0.7			

**Gráfico 31:** Calificación de la madera por velocidad de giro de la cuchilla.



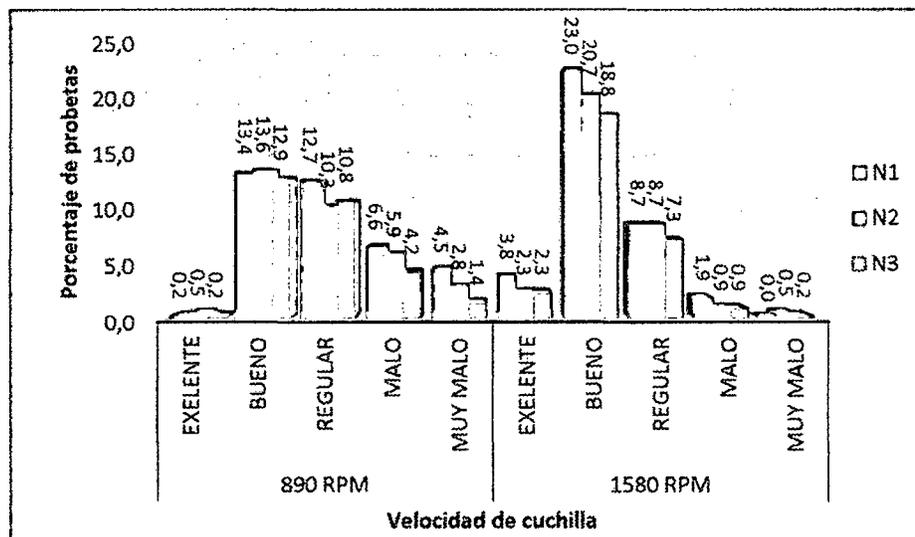
En el cuadro 48 y gráfico 31 podemos ver que la madera calificó en su mayoría en la calidad de bueno tanto para el ensayo a 890 rpm como a 1580 rpm, presentándose un mejor comportamiento al trabajar a 1580 rpm ya que muestra que el 62.4% del total de probetas calificó como bueno, mientras que al ejecutar el ensayo a 890 rpm solo el 39.9% del total de probetas calificó como bueno. Mostrando así también que el porcentaje de probetas calificadas como regular, malo y muy malo

tiende a disminuir su promedio cuando se ejecuta el ensayo a una revolución de 1580 favoreciendo así que se incremente el promedio de las probetas que califican como bueno, tal como lo menciona Arostegui 1987 quien dice que la velocidad de giro es la que influye en la magnitud del defecto, a velocidades mayores la calidad mejora, además al realizar estudios sobre el comportamiento al taladrado, de las especies: punga, carahuasca, pashaco y yacushapana encontró un buen comportamiento cuando se trabaja a 510 rpm; pero al incrementarse la velocidad de giro a 1500, la calidad de la superficie mejora de bueno a excelente.

**Cuadro 49:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas por niveles de fuste

Nivel	890 rpm					1580 rpm				
	Exelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	Exelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
N1	0.2	13.4	12.7	6.6	4.5	3.8	23.0	8.7	1.9	0.0
N2	0.5	13.6	10.3	5.9	2.8	2.3	20.7	8.7	0.9	0.5
N3	0.2	12.9	10.8	4.2	1.4	2.3	18.8	7.3	0.9	0.2
Total (%)	100.0					100.0				

**Gráfico 32:** Distribución de la calificación de las probetas por niveles de fuste.

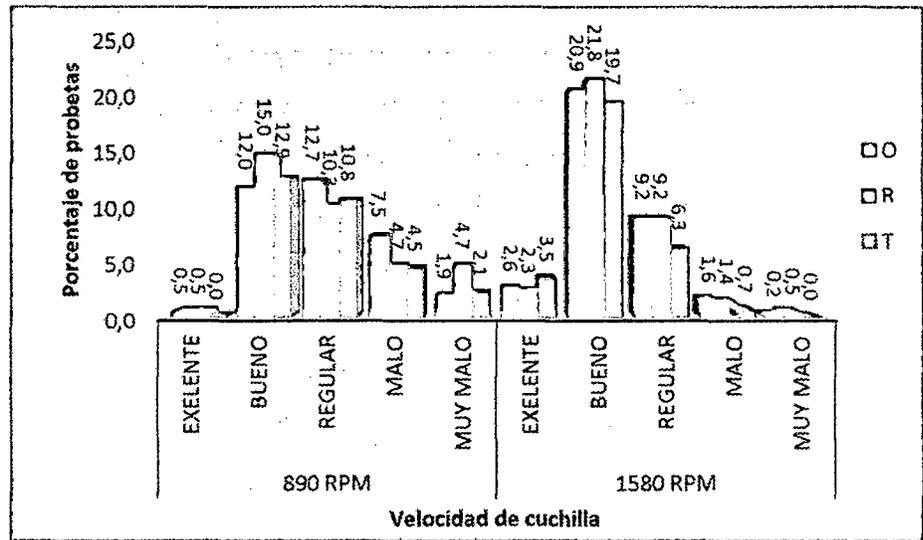


En el cuadro 49 y grafico 32 observamos que trabajando a 890 rpm la calidad de excelente muestra en el nivel 2 el mayor porcentaje (0.5%), porcentaje que tiende a aumentar trabajando a 1580 rpm y mostrando esta vez el nivel 1 un porcentaje de 3.8% siendo este el mayor con respecto a los demás niveles. En la calidad de bueno también observamos que los promedios de los niveles tienden a aumentar cuando se trabaja a 1580 rpm, observando que a 890 rpm el nivel 2 muestra el mayor porcentaje (13.6%), pero cuando la velocidad de giro aumenta a 1580 rpm el mayor porcentaje se presenta en el nivel 1 (23%). En la calidad de regular la mayor distribución porcentual por nivel se da trabajando a 890 rpm presentando el nivel 1 el porcentaje mayor (12.7%), porcentaje que disminuye a un 8.7% cuando se trabaja a 1580 rpm. En la calidad de malo observamos que los mayores porcentajes por nivel se muestran trabajando a 890 rpm mostrándose en el nivel 1 el porcentaje mayor el cual es 6.6% que luego tiende a bajar a 1.9% trabajando a 1580 rpm. En la calidad de muy malo observamos la misma tendencia que en la calidad anterior donde a 890 rpm es en el nivel 1 donde se muestra el mayor porcentaje (4.5%), disminuyendo luego este porcentaje cuando se trabaja a 1580 rpm y mostrándose el mayor promedio en el nivel 2 (0.5%). Debiéndose esta variación en la calificación a la orientación de los elementos xilematicos que no permiten un corte neto, y a la baja velocidad de giro que no permite el desplazamiento de las partículas cortadas sea rápidamente expulsada fuera del el orificio, y por otra parte a la falta de cohesión transversal entre las fibras. Ninin, (1984)

**Cuadro 50:** Distribución porcentual de la calificación de las probetas por planos de corte.

Nivel	890 rpm					1580 rpm				
	Exelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	Exelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
O	0.5	12.0	12.7	7.5	1.9	2.6	20.9	9.2	1.6	0.2
R	0.5	15.0	10.3	4.7	4.7	2.3	21.8	9.2	1.4	0.5
T	0.0	12.9	10.8	4.5	2.1	3.5	19.7	6.3	0.7	0.0
Total (%)	100.0					100.0				

**Gráfico 33:** Distribución de la calificación de las probetas por planos de corte.



El cuadro 50 y gráfico 33 presenta en la calidad de excelente que los porcentajes de los planos tienden a aumentar cuando se trabaja a 1580 rpm, observando que a 890 rpm el plano oblicuo y radial muestran el mayor porcentaje (0.5%), pero cuando la velocidad de giro aumenta a 1580 rpm el mayor porcentaje se presenta en el plano tangencial (3.5%). La calidad de bueno muestra también que los porcentajes de los planos tienden a aumentar cuando se trabaja a 1580 rpm, estando en el plano radial el mayor porcentaje (15%), porcentaje que tiende a aumentar a un 21.8%. En la calidad de regular la mayor distribución porcentual por plano de corte se da trabajando a 890 rpm presentando el plano oblicuo el porcentaje mayor (12.7%), porcentaje que disminuye a un 9.2% conjuntamente con el plano radial cuando se trabaja a 1580 rpm. En la calidad de malo observamos que los mayores porcentajes por plano de corte se muestran trabajando a 890 rpm mostrándose en el plano oblicuo el porcentaje mayor el cual es 7.5% que luego tiende a bajar a 1.6% trabajando a 1580 rpm. En la calidad de muy malo observamos la misma tendencia que en la calidad anterior siendo en el plano radial donde se muestra el mayor porcentaje (4.7%), que luego tiende a bajar a un 0.5% y no encontrándose probetas tangenciales cuando se trabaja a 1580 rpm. Pudiendo decir entonces que la

estructura anatómica de la madera influye en el proceso de trabajabilidad, tal como lo menciona Koch, citado por Sato (1976); así también la velocidad de giro influye en la magnitud del defecto, a velocidades mayores la calidad mejora de bueno a excelente (Aróstegui, 1987).

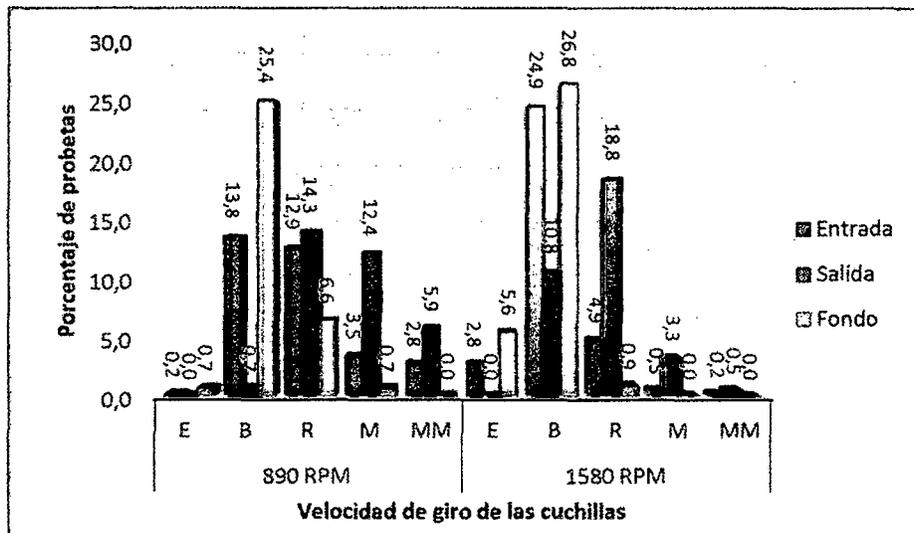
**Cuadro 51:** Distribución porcentual de las probetas en función de la entrada, salida y fondo de las probetas

Ruptura	890 rpm					1580 rpm				
	E	B	R	M	MM	E	B	R	M	MM
Entrada	0.2	13.8	12.9	3.5	2.8	2.8	24.9	4.9	0.5	0.2
Salida	0.0	0.7	14.3	12.4	5.9	0.0	10.8	18.8	3.3	0.5
Fondo	0.7	25.4	6.6	0.7	0.0	5.6	26.8	0.9	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>					<b>100.0</b>				

E=excelente B=bueno R=regular M=mallo MM=muy malo



**Gráfico 34:** Distribución de las probetas en función de la entrada, salida y fondo de las probetas



En el cuadro 51 y gráfico 34 observamos que trabajando a 890 rpm la calidad de excelente muestra en el fondo de las probetas el mayor porcentaje (0.7%), porcentaje que tiende a aumentar trabajando a 1580 rpm y mostrando un porcentaje de 5.6% siendo este el mayor con respecto a las demás superficies. En la calidad de bueno también observamos que los porcentajes de las superficies de la probeta

tienden a aumentar cuando se trabaja a 1580 rpm, observando que a 890 rpm el fondo de las probetas muestra el mayor porcentaje (25.4%), y a 1580 rpm este porcentaje aumenta a 26.8%. En la calidad de regular la mayor distribución porcentual por superficie se da trabajando a 890 rpm presentando la ruptura de salida el porcentaje mayor (14.3%), porcentaje que aumenta a un 18.8% cuando se trabaja a 1580 rpm. En la calidad de malo observamos que el mayor porcentaje por superficie se muestran trabajando a 890 rpm mostrándose en la ruptura de salida el porcentaje mayor el cual es 12.4% que luego tiende a bajar a 3.3% trabajando a 1580 rpm. En la calidad de muy malo observamos la misma tendencia que en la calidad anterior siendo en la ruptura de salida donde se muestra el mayor porcentaje (5.9%), que luego trabajando a 1580 rpm este porcentaje disminuye a un 0.5%.

#### 4.4.4. Prueba de independencia de la calificación del defecto ruptura del grano generado en el taladrado.

**Cuadro 52:** Resumen de prueba de independencia de la calificación de la madera según el grado de calidad para el defecto de ruptura encontrado en el taladrado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE).

890 rpm							1580 rpm						
VARIABLES	CALIDAD					TOTAL PROBETAS	VARIABLES	CALIDAD					TOTAL PROBETAS
Nivele de fuste	E	B	R	M	MM	Total x nivel	Nivele de fuste	E	B	R	M	MM	Total x nivel
N1	1	57	54	28	19	159	N1	16	98	37	8	0	159
N2	2	58	44	25	12	141	N2	10	88	37	4	2	141
N3	1	55	46	18	6	126	N3	10	80	31	4	1	126
Total x grado	4	170	144	71	37	426	Total x grado	36	266	105	16	3	426
Plano de fuste	E	B	R	M	MM	Total x nivel	Plano de fuste	E	B	R	M	MM	Total x nivel
O	2	51	54	32	8	147	O	11	89	39	7	1	147
R	2	64	44	20	20	150	R	10	93	39	6	2	150
T	0	55	46	19	9	129	T	15	84	27	3	0	129
Total x grado	4	170	144	71	37	426	Total x grado	36	266	105	16	3	426

E: excelente B: bueno R: regular M: malo MM: muy malo

**Cuadro 53:** Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste, plano de corte) vs calidad del defecto encontrado.

	Relación entre variables	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	Interpretación
			0.05		
RUPTURA 890 RPM	Niveles del fuste vs. calidad	7.04	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. calidad	14.18	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
RUPTURA 1580 RPM	Niveles del fuste vs. calidad	4.41	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	Planos de corte vs. calidad	6.42	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables

El cuadro 52 muestra para el defecto encontrado la distribución de la calificación de las probetas por nivel de fuste y plano de corte tanto para el taladrado a 890 rpm como a 1580 rpm.

En el cuadro 53 observamos la prueba de independencia realizada a cada ensayo, tal es así que para el ensayo de taladrado a 890 rpm observamos que las variables niveles de fuste vs calidad no están relacionadas donde la presencia mayormente de probetas de calidad bueno en cada uno de los niveles no está influenciada por el nivel donde se ejecute sino que se presentan de manera independiente. Observamos también que entre las variables planos de corte vs calidad tampoco existe relación entre las variables y que la presencia mayormente de probetas de calidad regular en el plano oblicuo y la presencia mayormente de probetas de calidad bueno en plano radial y tangencial no va estar influenciada por el plano de corte donde se ejecute el ensayo sino que este comportamiento es influenciado por la velocidad de giro de la cuchilla.

A 1580 rpm notamos que no existo relacion entre las variables nivel de fuste vs calidad, donde la presencia mayormente de probetas de calidad bueno en cada uno de los niveles no esta influenciada por el nivel donde se ejecute el ensayo si no que se presentan de manera independiente. Notamos tambien que entre las variables planos de corte vs calidad no existe ninguna relacion entre estas, ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los planos de corte no va estar influenciada por el plano donde se ejecute el ensayo sino por otros factores como pueden ser la velocidad de giro de la cuchilla y la velocidad de alimentacion.

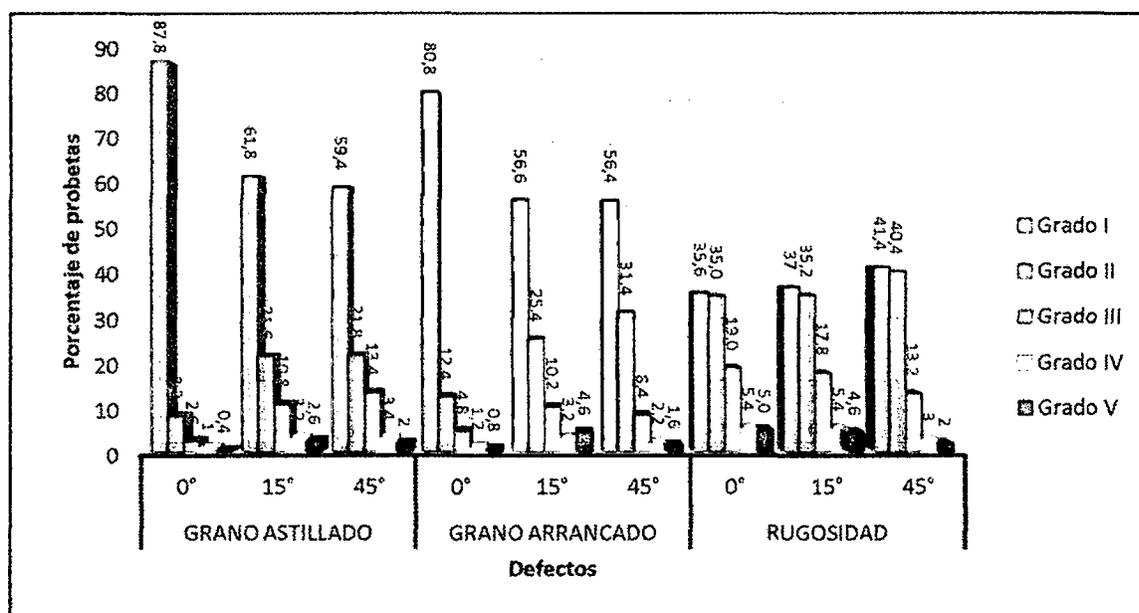
#### 4.5. Ensayo del torneado de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE)

##### 4.5.1. Grados de calidad de la madera

**Cuadro 54:** Resumen general de los grados de calidad de la superficie de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE)

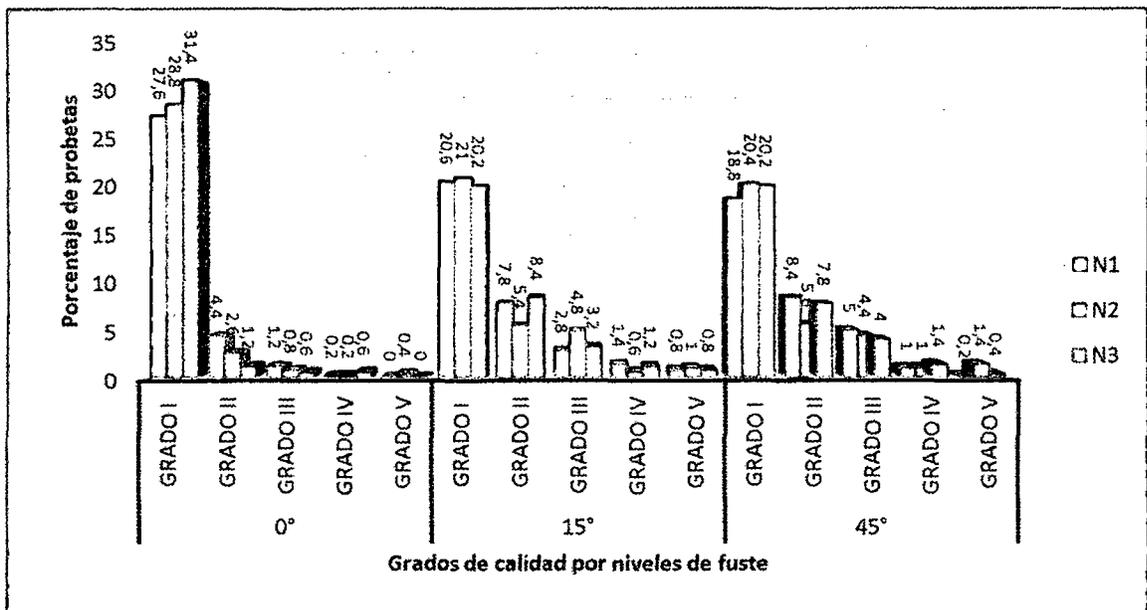
Angulo	Grado de calidad	GRANO ASTILLADO					GRANO ARRANCADO					RUGOSIDAD				
		Nivel			Subtotas (%) grado	Total (%)	Nivel			Subtotas (%) grado	Total (%)	Nivel			Subtotas (%) grado	Total (%)
		N1	N2	N3			N1	N2	N3			N1	N2	N3		
0°	I	27.6	28.8	31.4	87.8	100.0	24.2	27.6	29.0	80.8	100.0	12.6	11.2	11.8	35.6	100.0
	II	4.4	2.6	1.2	8.2		6.0	3.6	2.8	12.4		13.0	11.4	10.6	35.0	
	III	1.2	0.8	0.6	2.6		2.4	1.0	1.4	4.8		4.4	7.0	7.6	19.0	
	IV	0.2	0.2	0.6	1.0		0.4	0.6	0.2	1.2		1.8	1.8	1.8	5.4	
	V	0.0	0.4	0.0	0.4		0.4	0.0	0.4	0.8		1.6	1.4	2.0	5.0	
15°	I	20.6	21.0	20.2	61.8	100.0	17.6	19.4	19.6	56.6	100.0	12.2	13.8	11.0	37.0	100.0
	II	7.8	5.4	8.4	21.6		9.0	8.0	8.4	25.4		11.8	9.6	13.8	35.2	
	III	2.8	4.8	3.2	10.8		4.4	3.2	2.6	10.2		6.4	6.2	5.2	17.8	
	IV	1.4	0.6	1.2	3.2		1.4	0.6	1.2	3.2		2.0	1.6	1.8	5.4	
	V	0.8	1.0	0.8	2.6		1.0	1.6	2.0	4.6		1.0	1.6	2.0	4.6	
45°	I	18.8	20.4	20.2	59.4	100.0	19.4	19.6	17.4	56.4	100.0	13.0	16.0	12.4	41.4	100.0
	II	8.4	5.6	7.8	21.8		9.4	9.8	12.2	31.4		14.4	12.0	14.0	40.4	
	III	5.0	4.4	4.0	13.4		3.6	1.8	3.0	8.4		4.4	2.8	6.0	13.2	
	IV	1.0	1.0	1.4	3.4		0.8	0.8	0.6	2.2		1.4	1.0	0.6	3.0	
	V	0.2	1.4	0.4	2.0		0.2	0.8	0.6	1.6		0.2	1.0	0.8	2.0	

**Gráfico 35:** Distribución porcentual de los grados de las probetas por ángulo de corte.



El cuadro 54 y gráfico 35 muestra el resumen general del grado de calidad de los defectos grano astillado, grano arrancado y rugosidad en la superficie de la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland para el ensayo del torneado trabajando a 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla, de acuerdo a esto durante la realización de este ensayo se identificó probetas de grados I, II, III, IV y V en cada uno de los defectos encontrados. Observándose en los defectos, la presencia mayormente de probetas de grado I en cada ángulo de corte de la cuchilla. Coincidiendo con Chota, C (2013) quien en su estudio del comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Apeiba membranaceae*. Spruce ex Benth (Maquizapa ñaccha) encontró los defectos de grano arrancado, grano astillado y vellosidad pero mas no encontró el defecto de rugosidad, y solo hizo un análisis del defecto grano astillado mas no de los demás defectos, estando en desacuerdo que solo haya estudiado al defecto de grano astillado, ya que la influencia de los demás defectos también es muy importante analizarlos.

**Gráfico 36:** Distribución porcentual de los grados de calidad del **grano astillado** de las probetas por niveles de fuste



El grafico 36 a continuación nos muestra la distribución del grado de calidad del defecto grano astillado por niveles de fuste, trabajando a 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla, dando los siguiente resultados:

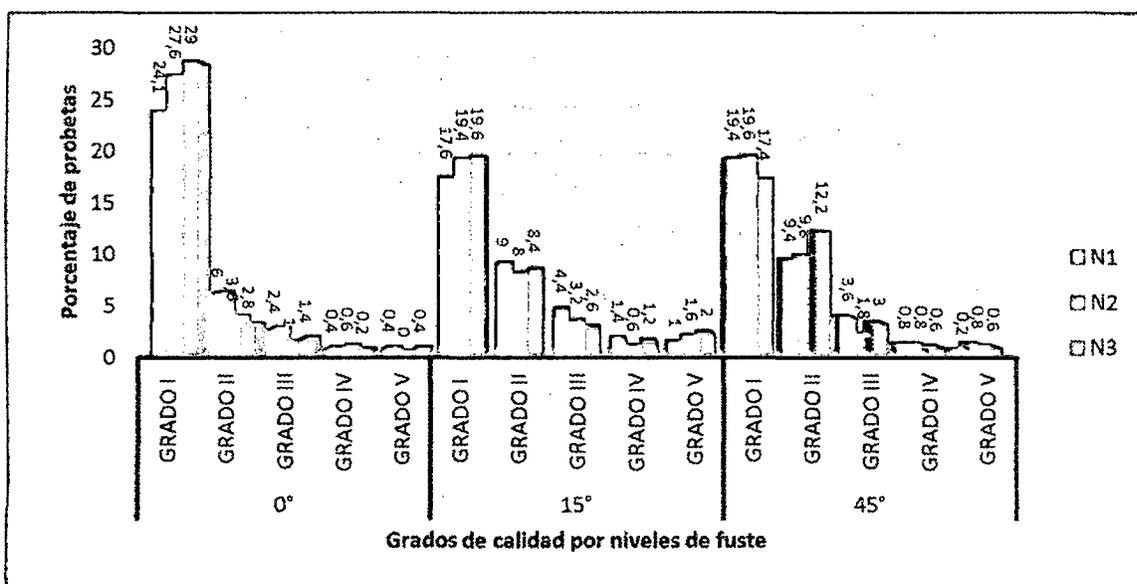
Al ejecutar el ensayo a un ángulo de 0°, se observa en el nivel 1 y 3 probetas de grado I, II, III y IV encontrándose mayormente probetas de grado I en un 27.6% y 31.4% para cada nivel respectivamente. En el nivel 2 se halló probetas de grado I, II, III, IV y V mostrando el mayor porcentaje las probetas de grado I en un 28.8%.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 15°, se observa en el nivel 1, 2 y 3 probetas de grado I, II, III, IV y IV encontrándose mayormente probetas de grado I en un 20.6%, 21% y 20.2% para cada uno de los niveles específicamente.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 45°, se observa en los niveles 1, 2 y 3 probetas de grado I, II, III, IV y IV encontrándose mayormente probetas de grado I en un 18.8%, 20.4% y 20.2% para cada nivel particularmente.

De acuerdo a lo observado se puede decir que el defecto de grano astillado de grado I es el que predominan en todo los niveles de fuste al trabajar con los tres ángulos de la cuchilla. Defecto que también fue encontrado por Ninin (1984) al realizar el ensayo de torneado quien menciona que el defecto de grano astillado es dependiente, por una parte, de una falta de cohesión transversal entre las fibras, eventualmente por efecto del parénquima y por otra parte, de la resistencia a la incisión relativamente grande para con la cohesión transversal.

**Gráfico 37:** Distribución porcentual de los grados del **grano arrancado** de las probetas por niveles de fuste



En el gráfico 37 se observa la distribución del grado de calidad del defecto grano arrancado por niveles de fuste, trabajando a 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla, encontrando los siguientes resultados: Al efectuar el ensayo a un ángulo de 0°, se observa en el nivel 1 y 3 probetas de grado I, II, III, IV y V encontrándose mayormente probetas de grado I en un 24.1% y 29% para cada nivel respectivamente. En el nivel 2 se halló probetas de grado I, II, III, y IV mostrando el mayor porcentaje las probetas de grado I en un 27.6%.

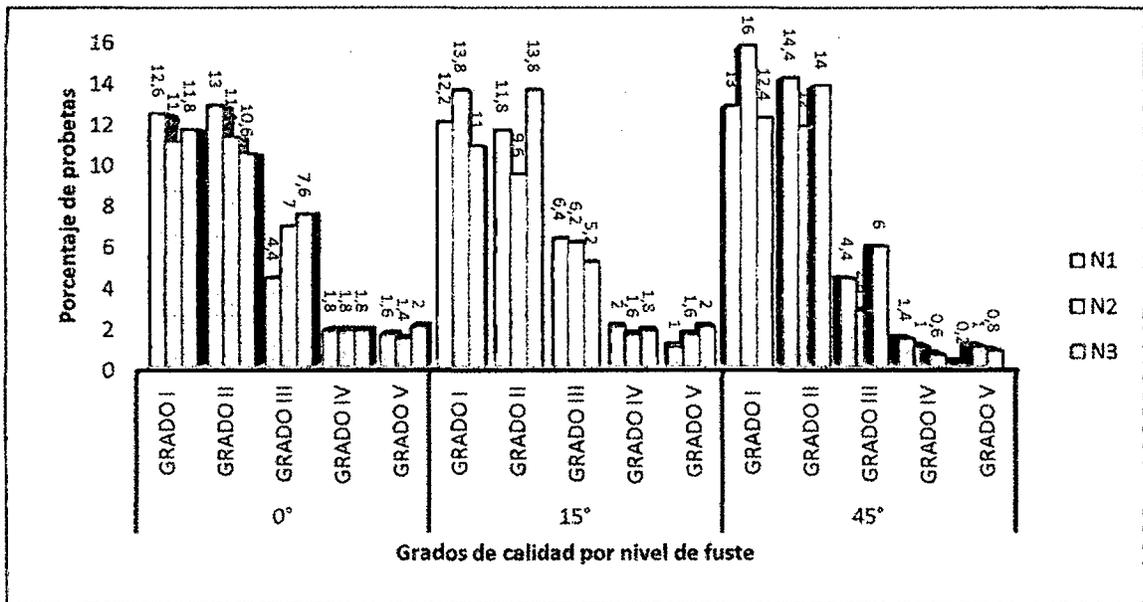
Al ejecutar el ensayo a un ángulo de 15°, se observa en el nivel 1, 2 y 3 probetas de grado I, II, III, IV y V encontrándose mayormente probetas de grado I en un 17.6%, 19.4% y 19.6% para cada uno de los niveles específicamente.

Realizando el ensayo a un ángulo de 45°, se observa en los niveles 1, 2 y 3 probetas de grado I, II, III, IV y V encontrándose mayormente probetas de grado I en un 19.4%, 19.6% y 17.4% para cada nivel particularmente.

Según lo observado también podemos decir que el defecto de grano arrancado de grado I es el que predominan en todo los niveles de fuste al trabajar con los tres ángulos de la cuchilla. Defecto que también fue encontrado por **Lluncor (1977)** y **Ninin (1984)** quienes manifiestan que en el ensayo de torneado se presenta el defecto de

grano arrancado; es el producto de un proceso de formación de la viruta por clivaje debido a la existencia de elementos de falla como radios y parénquima.

**Gráfico 38:** Distribución porcentual de los grados de **rugosidad** de las probetas por niveles de fuste



El gráfico 38 a continuación nos muestra la distribución del grado de calidad del defecto rugosidad por niveles de fuste, trabajando a 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla, dando los siguientes resultados:

Al ejecutar el ensayo a un ángulo de 0°, se observa en el nivel 1 y 2 probetas de grado I, II, III, IV y V encontrándose mayormente probetas de grado II en un 13% y 11.4% para cada nivel respectivamente. En el nivel 3 se halló también probetas de grado I, II, III, IV y V mostrando el mayor porcentaje las probetas de grado I en un 11.8%.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 15°, se observa en el nivel 1 y 2 probetas de grado I, II, III, IV y IV encontrándose mayormente probetas de grado I en un 12.2% y 13.8% para cada uno de los niveles específicamente. En el nivel 3 se halló también probetas de

grado I, II, III, IV y V mostrando el mayor porcentaje las probetas de grado II en un 13.8%.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 45°, se observa en los niveles 1 y 3 probetas de grado I, II, III, IV y IV encontrándose mayormente probetas de grado II en un 14.4% y 14% para cada nivel particularmente. En el nivel 2 se halló también probetas de grado I, II, III, IV y V mostrando el mayor porcentaje las probetas de grado I en un 16%.

Con los porcentajes obtenidos se puede decir que el defecto de rugosidad de grado I y II es el que predominan en todo los niveles de fuste al trabajar con los tres ángulos de la cuchilla.

#### 4.5.2. Prueba de independencia de los grados de calidad para los defectos encontrado en el torneado (grano arrancado, grano astillado, rugosidad)

**Cuadro 55:** Resumen de la prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs grados de calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°.

VARIABLES	GRANO ASTILLADO						TOTAL PROBETAS	VARIABLES	GRANO ARRANCADO						TOTAL PROBETAS	VARIABLES	RUGOSIDAD						TOTAL PROBETAS
	0°					Total x nivel			0°					Total x nivel			0°					Total x nivel	
	I	II	III	IV	V				I	II	III	IV	V				I	II	III	IV	V		
Niveles de fuste							Niveles de fuste							Niveles de fuste									
N1	138	22	6	1	0	167	N1	121	30	12	2	2	167	N1	63	65	22	9	8	167			
N2	144	13	4	1	2	164	N2	138	18	5	3	0	164	N2	56	57	35	9	7	164			
N3	157	6	3	3	0	169	N3	145	14	7	1	2	169	N3	59	53	38	9	10	169			
Total (%) grado	439	41	13	5	2	500	Total (%) grado	404	62	24	6	4	500	Total (%) grado	178	175	95	27	25	500			
Niveles de fuste	15°					Total x nivel	Niveles de fuste	15°					Total x nivel	Niveles de fuste	15°					Total x nivel			
N1	103	39	14	7	4	167	N1	88	45	22	7	5	167	N1	61	59	32	10	5	167			
N2	105	27	24	3	5	164	N2	97	40	16	3	8	164	N2	69	48	31	8	8	164			
N3	101	42	16	6	4	169	N3	98	42	13	6	10	169	N3	55	69	26	9	10	169			
Total (%) grado	309	108	54	16	13	500	Total (%) grado	283	127	51	16	23	500	Total (%) grado	185	176	89	27	23	500			
Niveles de fuste	45°					Total x nivel	Niveles de fuste	45°					Total x nivel	Niveles de fuste	45°					Total x nivel			
N1	94	42	25	5	1	167	N1	97	47	18	4	1	167	N1	65	72	22	7	1	167			
N2	102	28	22	5	7	164	N2	98	49	9	4	4	164	N2	80	60	14	5	5	164			
N3	101	39	20	7	2	169	N3	87	61	15	3	3	169	N3	62	70	30	3	4	169			
Total (%) grado	297	109	67	17	10	500	Total (%) grado	282	157	42	11	8	500	Total (%) grado	207	202	66	15	10	500			

**Cuadro 56:** Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs grados de calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°.

Defecto	Angulo de corte	Relacion entre variables	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	Interpretacion
				0.05		
GRANO ASTILLADO	0°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	17.24	15.5	*	Existe dependencia entre las dos variables
	15°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	8.45	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	45°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	10.61	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
GRANO ARRANCADO	0°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	15.13	15.5	*	Existe dependencia entre las dos variables
	15°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	6.6	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	45°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	7.84	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
RUGOSIDAD	0°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	6.72	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	15°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	7.85	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	45°	Niveles del fuste vs. Grados de calidad	13.89	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables

En el cuadro 56 apreciamos la prueba de independencia realizada a los grados de calidad encontrado por defecto y por ángulo de corte encontrando los siguientes resultados para cada defecto:

Grano astillado; ejecutando el ensayo a 0° las variables nivel de fuste vs grados de calidad muestran que si existe relacion entre estas variables, donde la presencia mayormente de probetas de grado I en cada uno de los niveles del fuste esta influenciada por este angulo de corte donde la presencia mayormente de probetas de grado I depende de este angulo de corte; realizando el ensayo a 15° vemos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en cada uno de los niveles se presenta de manera independiente del angulo de corte; ejecutando el ensayo a 45° notamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad tampoco existe ninguna relacion entre sus variables ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en cada uno de los niveles no esta influenciado por el angulo de corte que se realizo el ensayo.

Grano arrancado; ejecutando el ensayo a 0° observamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad si existe relacion entre estas variables, donde la presencia mayormente de probetas de grado I en cada uno de los niveles del fuste esta influenciada por este angulo de corte; realizando el ensayo a 15° vemos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en cada uno de los niveles se presenta de manera independiente del angulo de corte; ejecutando el ensayo a 45° notamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad tampoco existe ninguna relacion entre sus variables ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en cada uno de los niveles no esta influenciado por el angulo de corte que se realizo el ensayo.

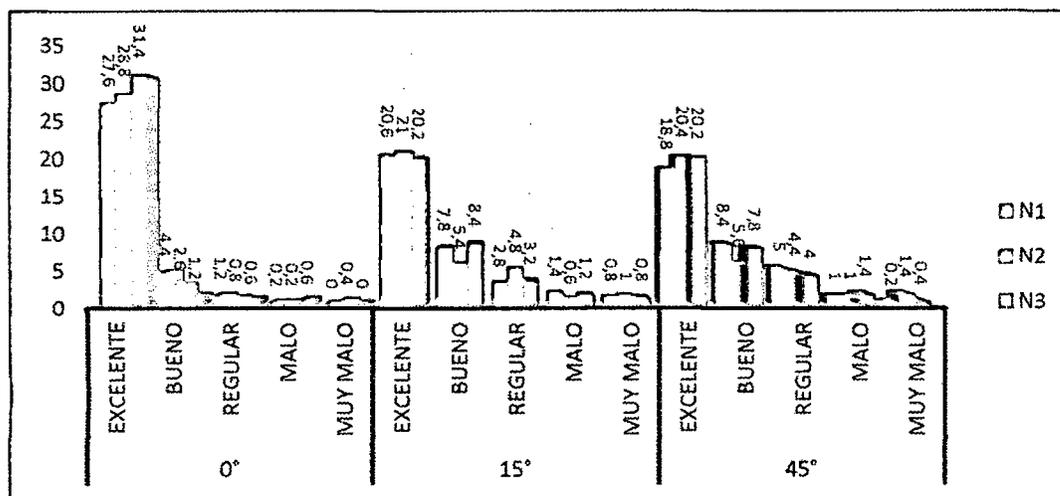
Rugosidad; ejecutando el ensayo a 0° observamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe relacion entre estas, donde la presencia mayormente de probetas de grado I en el nivel 3 y el mayor porcentaje de probetas de grado II en el nivel 1 y 2 no esta influenciada por este angulo de corte; realizando el ensayo a 15° notamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de grado I en el nivel 1 y 2 y el mayor porcentaje de probetas de grado II en el nivel 3 se presentan de manera independiente del angulo de corte; ejecutando el ensayo a 45° observamos que tampoco existe ninguna relacion entre sus variables nivel de fuste y grados de calidad donde la presencia mayormente de probetas de grado I en el nivel 2 y el mayor porcentaje de probetas de grado II en el nivel 1 y 3 no esta influenciado por el angulo de corte que se realizo el ensayo devriendose este comportamiento a otros factores como pueden ser la densidad por nivel, velocidad de alimentacion de la cuchilla, etc.

### 4.5.3. Calificación según los grados de calidad encontrados en el torneado.

**Cuadro 57:** Resumen general de la calificación según los grados de calidad encontrado en la madera de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland (SAPOTE)

NIVELES	ASTILLADO					ARRANCADO					RUGOSO		
	0°					0°					0°		
	E	B	R	M	MM	E	B	R	M	MM	E	B	R
N1	27.6	4.4	1.2	0.2	0	24.1	6	2.4	0.4	0.4	12.6	17.4	3.4
N2	28.8	2.6	0.8	0.2	0.4	27.6	3.6	1	0.6	0	11.2	18.4	3.2
N3	31.4	1.2	0.6	0.6	0	29	2.8	1.4	0.2	0.4	11.8	18.2	3.8
Total(%)	87.8	8.2	2.6	1	0.4	80.7	12.4	4.8	1.2	0.8	35.6	54	10.4
	15°					15°					15°		
N1	20.6	7.8	2.8	1.4	0.8	17.6	9	4.4	1.4	1	12.2	18.2	3
N2	21	5.4	4.8	0.6	1	19.4	8	3.2	0.6	1.6	13.8	15.8	3.2
N3	20.2	8.4	3.2	1.2	0.8	19.6	8.4	2.6	1.2	2	11	19	3.8
Total(%)	61.8	21.6	10.8	3.2	2.6	56.6	25.4	10.2	3.2	4.6	37	53	10
	45°					45°					45°		
N1	18.8	8.4	5	1	0.2	19.4	9.4	3.6	0.8	0.2	13	18.8	1.6
N2	20.4	5.6	4.4	1	1.4	19.6	9.8	1.8	0.8	0.8	16	14.8	2
N3	20.2	7.8	4	1.4	0.4	17.4	12.2	3	0.6	0.6	12.4	20	1.4
Total(%)	59.4	21.8	13.4	3.4	2	56.4	31.4	8.4	2.2	1.6	41.4	53.6	5

**Gráfico 39:** Distribución porcentual de la calificación del grano astillado por niveles de fuste



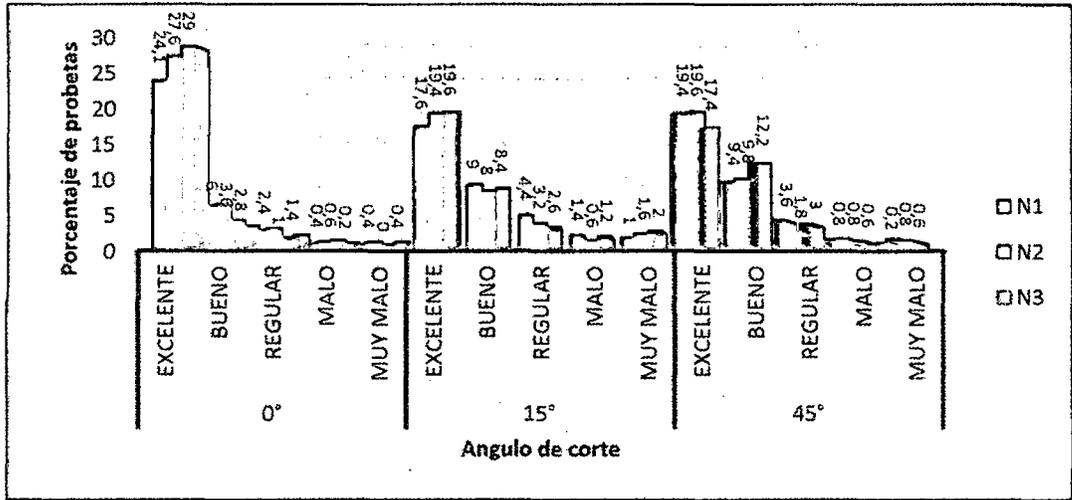
Observamos en el cuadro 57 y gráfico 39 el resumen general de la calificación de la madera según grado de calidad del defecto grano astillado en la superficie de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland trabajando con 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla. Encontrando los siguientes resultados:

En el defecto encontrado trabajando a un ángulo de corte de 0° se tiene que el total de probetas excelente producido fue 87.8%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 3 con 31.4%; bueno 8.2%, generándose mayor cantidad en el nivel 1 con 4.4%; regular 2.6%, encontrándose mayor cantidad en el nivel 1 con 1.2%; malo 1%, siendo el nivel 3 la que presenta la mayor cantidad con 0.6% y muy malo 0.4% manifestándolo solo el nivel 2.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 15° se tiene que el total de probetas excelente producido fue 61.8%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 2 con 21%; bueno 21.6%, generándose mayor cantidad en el nivel 3 con 8.4%; regular 10.8%, encontrándose mayor cantidad en el nivel 2 con 4.8%; malo 3.2%, siendo el nivel 1 la que presenta la mayor cantidad con 1.4% y muy malo 2.6% estando el mayor porcentaje en el nivel 2 con 1%.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 45° obtenemos que el total de probetas excelente producido fue 59.4%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 2 con 20.4%; bueno 21.8%, generándose mayor cantidad en el nivel 1 con 8.4%; regular 13.4%, encontrándose mayor cantidad en el nivel 1 con 5%; malo 3.4%, siendo el nivel 3 la que presenta la mayor cantidad con 1.4% y muy malo 2% estando el mayor porcentaje en el nivel 2 con 1.4%. Estando de acuerdo con lo que dice Bernui (1990) quien realizó estudios sobre las propiedades de torneado de 9 especies de la familia Bombacaceae y encontró que las maderas que tienen densidad media (de 0.42 a 0.57g/cm<sup>3</sup>) tienen un acabado de bueno a excelente para ángulos de corte de 0° y 15°. Además Sato (1976), realizó estudios en torneado y encontró que las maderas que tienen textura de media a fina y con densidad de media a alta se tornean con un buen acabado.

**Gráfico 40:** Distribución porcentual de la calificación del grano arrancado por niveles de fuste.



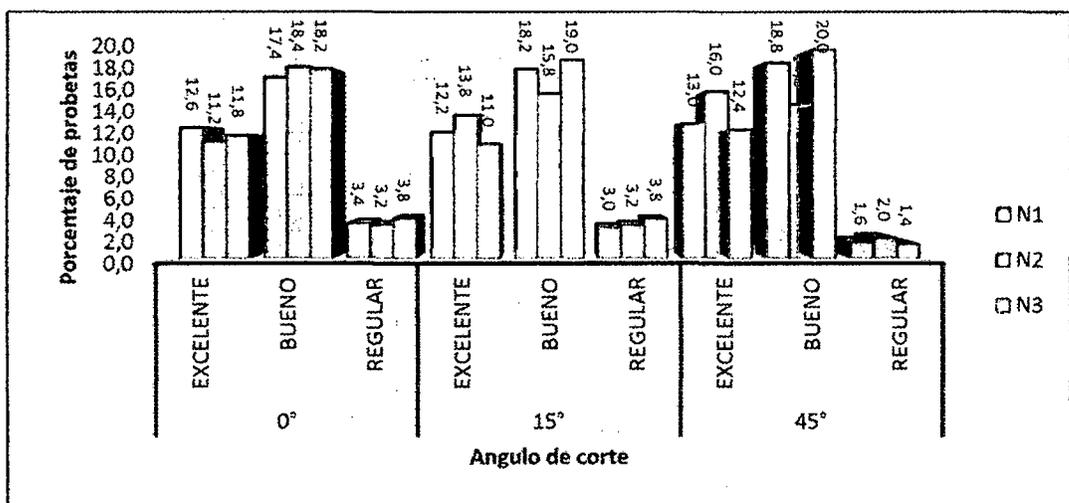
En el cuadro 57 y gráfico 40 apreciamos el resumen general de la calificación de la madera según grado de calidad del defecto grano arrancado en la superficie de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland trabajando con 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla. Encontrando los siguientes resultados:

Trabajando con un ángulo de corte de cuchilla de 0° encontramos que el total de probetas excelente producido fue 80.8%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 3 con 29%; bueno 12.4%, generándose mayor cantidad en el nivel 1 con 6%; regular 4.8%, encontrándose la mayor cantidad en el nivel 1 con 2.4%; malo 1.2%, siendo el nivel 2 la que presenta la mayor cantidad con 0.6% y muy malo 0.8% encontrándose un 0.4% en el nivel 1 Y 3.

Realizando el ensayo a un ángulo de corte de cuchilla de 15° encontramos que el total de probetas excelente producido fue 56.6%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 3 con 19.6%; bueno 25.4%, generándose mayor cantidad en el nivel 1 con 9%; regular 10.2%, encontrándose la mayor cantidad en el nivel 1 con 4.4%; malo 3.2%, siendo el nivel 1 la que presenta la mayor cantidad con 1.4% y muy malo 4.6% presentando el mayor porcentaje el nivel 3 con 2%.

Al efectuar el ensayo a un ángulo de 45° encontramos que el total de probetas excelente producido fue 56.4%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 2 con 19.6%; bueno 31.4%, generándose mayor cantidad en el nivel 3 con 12.2%; regular 8.4%, encontrándose la mayor cantidad en el nivel 1 con 3.6%; malo 2.2%, siendo el nivel 1 y 2 la que presentan la mayor cantidad con 0.8% y muy malo 1.6% presentando el mayor porcentaje el nivel 2 con 0.8%.

**Gráfico 41:** Distribución porcentual de la calificación del defecto rugosidad por niveles de fuste.



Según el cuadro 57 y gráfico 41 observamos el resumen general de la calificación de la madera según grado de calidad del defecto rugosidad en la superficie de *Matisia cordata* Humboldt, & Bonpland trabajando con 0°, 15° y 45° de ángulo de corte de la cuchilla. Encontrando los siguientes resultados:

El defecto de rugosidad muestra que trabajando con un ángulo de corte de 0° encontramos que el total de probetas excelente producido fue 35.6%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 1 con 12.6%; bueno 54%, generándose mayor cantidad en el nivel 2 con 18.4% y regular 10.4% encontrándose la mayor cantidad en el nivel 3 con 3.8%. Realizando el ensayo a un ángulo de 15° encontramos que el

total de probetas excelente producido fue 37%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 2 con 13.8%; bueno 53%, generándose mayor cantidad en el nivel 3 con 19% y regular 10% encontrándose el mayor porcentaje en el nivel 3 con 3.8%. Al efectuar el ensayo a un ángulo de 45° se encontró probetas excelente en un 41.4%, produciéndose mayor cantidad en el nivel 2 con 16%; bueno 53.6%, generándose mayor cantidad en el nivel 3 con 20% y regular 5% encontrándose el mayor porcentaje en el nivel 2 con 2%.

#### 4.5.4. Prueba de independencia de la calificación de los defectos encontrados en el torneado (grano astillado, grano arrancado, rugosidad)

**Cuadro 58:** Resumen de la prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°.

VARIABLES	GRANO ASTILLADO					TOTAL PROBETAS	VARIABLES	GRANO ARRANCADO					TOTAL PROBETAS	VARIABLES	RUGOSIDAD			TOTAL PROBETAS
	0°							0°							0°			
	CALIFICACION							CALIFICACION							CALIFICACION			
Niveles de fuste	E	B	R	M	MM	Total x nivel	Niveles de fuste	E	B	R	M	MM	Total x nivel	Niveles de fuste	E	B	R	Total x nivel
N1	138	22	6	1	0	167	N1	121	30	12	2	2	167	N1	63	87	17	167
N2	144	13	4	1	2	164	N2	138	18	5	3	0	164	N2	56	92	16	164
N3	157	6	3	3	0	169	N3	145	14	7	1	2	169	N3	59	91	19	169
Total (%) grado	439	41	13	5	2	500	Total (%) grado	404	62	24	6	4	500	Total (%) grado	178	270	52	500
Niveles de fuste	15°					Total x nivel	Niveles de fuste	15°					Total x nivel	Niveles de fuste	15°			Total x nivel
	E	B	R	M	MM			E	B	R	M	MM			E	B	R	
N1	103	39	14	7	4	167	N1	88	45	22	7	5	167	N1	61	91	15	167
N2	105	27	24	3	5	164	N2	97	40	16	3	8	164	N2	69	79	16	164
N3	101	42	16	6	4	169	N3	98	42	13	6	10	169	N3	55	95	19	169
Total (%) grado	309	108	54	16	13	500	Total (%) grado	283	127	51	16	23	500	Total (%) grado	185	265	50	500
Niveles de fuste	45°					Total x nivel	Niveles de fuste	45°					Total x nivel	Niveles de fuste	45°			Total x nivel
	E	B	R	M	MM			E	B	R	M	MM			E	B	R	
N1	94	42	25	5	1	167	N1	97	47	18	4	1	167	N1	65	94	8	167
N2	102	28	22	5	7	164	N2	98	49	9	4	4	164	N2	80	74	10	164
N3	101	39	20	7	2	169	N3	87	61	15	3	3	169	N3	62	100	7	169
Total (%) grado	297	109	67	17	10	500	Total (%) grado	282	157	42	11	8	500	Total (%) grado	207	268	25	500

E: excelente B: bueno R: regular M: malo MM: muy malo

**Cuadro 59:** Prueba de independencia de las variables del torneado (nivel de fuste) vs calidad en los ángulos de corte de 0°, 15° y 45°.

Defecto	Angulo de corte	Relacion entre variables	X <sup>2</sup> Calc	X <sup>2</sup> Tab	Signif.	Interpretacion
				0.05		
GRANO ASTILLADO	0°	Niveles del fuste vs. calidad	17.24	15.5	*	Existe dependencia entre las dos variables
	15°	Niveles del fuste vs. calidad	8.45	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	45°	Niveles del fuste vs. calidad	10.61	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
GRANO ARRANCADO	0°	Niveles del fuste vs. calidad	15.13	15.5	*	Existe dependencia entre las dos variables
	15°	Niveles del fuste vs. calidad	6.6	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	45°	Niveles del fuste vs. calidad	7.84	15.5	n.s	Existe independencia entre las dos variables
RUGOSIDAD	0°	Niveles del fuste vs. calidad	0.76	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	15°	Niveles del fuste vs. calidad	3.62	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables
	45°	Niveles del fuste vs. calidad	7.37	9.48	n.s	Existe independencia entre las dos variables

En el cuadro 59 apreciamos la prueba de independencia realizada a la calificación encontrado por defecto y por ángulo de corte encontrando los siguientes resultados para cada defecto:

Grano astillado; ejecutando el ensayo a 0° las variables nivel de fuste vs grados de calidad muestran que si existe relacion entre estas variables, donde la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles del fuste esta influenciada por este angulo de corte donde la presencia mayormente de probetas excelentes depende de este angulo de corte; realizando el ensayo a 15° vemos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles se presenta de manera independiente del angulo de corte; ejecutando el ensayo a 45° notamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad tampoco existe ninguna relacion entre sus variables ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles no esta influenciado por el angulo de corte que se realizo el ensayo.

Grano arrancado; ejecutando el ensayo a 0° observamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad si existe relacion entre estas variables, donde la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles del fuste esta influenciada por este angulo de corte; realizando el ensayo a 15° vemos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles se presenta de manera independiente del angulo de corte; ejecutando el ensayo a 45° notamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad tampoco existe ninguna relacion entre sus variables ya que la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en cada uno de los niveles no esta influenciado por el angulo de corte que se realizo el ensayo.

Rugosidad; ejecutando el ensayo a 0° observamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe relacion entre estas, donde la presencia mayormente de probetas de calidad bueno en cada uno de los niveles no esta influenciada por este angulo de corte; realizando el ensayo a 15° notamos que entre las variables nivel de fuste vs grados de calidad no existe ninguna relacion ya que la presencia mayormente de probetas de calidad bueno en cada uno de los niveles se presentan de manera independiente del angulo de corte; ejecutando el ensayo a 45° observamos que tampoco existe ninguna relacion entre sus variables nivel de fuste y grados de calidad donde la presencia mayormente de probetas de calidad excelente en el nivel 2 y el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno en el nivel 1 y 3 no esta influenciado por el angulo de corte que se realizo el ensayo devriendose este comportamiento a otros factores como pueden ser la densidad por nivel, velocidad de alimentacion de la cuchilla, el error humano al momento de evaluar, el filo de las cuchillas, etc.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

#### **5.1 En cepillado**

- a) De acuerdo a la calificación de las probetas podemos decir que el 97.9% califico como excelente y el 2.1% bueno.
  
- b) En la calificación de las probetas por nivel de fuste encontramos que el mayor porcentaje de probetas excelentes (100%) se encontró en el nivel 2 y el mayor porcentaje de probetas buenas (4.7%) se encontró en el nivel 3.
  
- c) En la calificación de las probetas por plano de corte encontramos que el mayor porcentaje de probetas excelentes (99%) se encontró en el plano oblicuo y el mayor porcentaje de probetas buenas (3.3%) se encontró en el plano tangencial.
  
- d) En la calificación de las probetas por sentido de corte encontramos que el mayor porcentaje de probetas excelentes (49.6%) se encontró en el sentido a favor del grano y el mayor porcentaje de probetas buenas (1.8%) se encontró en el sentido en contra al grano.

#### **5.2 En moldurado**

- a) De acuerdo a la calificación de las probetas podemos decir que en el defecto de grano arrancado el 96.6% califico como excelente y el 0.4% como bueno. En el defecto de vellosidad el 100% califico como excelente. Para el defecto de grano astillado el 68.7% califico como excelente, el 29.9% como bueno y el 1.4% como regular.
  
- b) En la calificación de las probetas por nivel de fuste encontramos que en el defecto de grano arrancado el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (100%) se presentan en el nivel 2 y3.  
Para el defecto de vellosidad observamos que el 100% de las probetas de cada nivel calificaron como excelente.

El grano astillado muestra el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (70%) en el nivel 3; el mayor porcentaje de calidad bueno (30.8%) en el nivel 2 y el mayor porcentaje de calidad regular (2.9%) en el nivel 1.

- c) En la calificación de las probetas por plano de corte encontramos que el 100% de las probetas del plano oblicuo y radial calificaron como excelente; En el defecto de vellosidad se encontró que el 100% de las probetas en cada plano de corte calificaron como excelente.

El grano astillado muestra el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (71.7%) en el plano radial, el mayor porcentaje de probetas buenas (31.6%) en el plano oblicuo y la mayor distribución porcentual de probetas de calidad regula (3.5%) en el plano tangencial.

- d) Respecto a la calificación de la probeta por sentido de corte observamos en el defecto de grano arrancado que el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (50%) se encontró en el sentido en contra del grano, el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (0.4%) se encontró en el sentido a favor del grano. En el defecto vellosidad se da una distribución equitativa del porcentaje de probetas de calidad excelente, correspondiendo el 50% para cada sentido de corte. Para el defecto de grano astillado el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (35.9%) y regular (1.1%) se encontró en el sentido en contra del grano y el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno (16.9%) se muestra en el sentido a favor del grano.

### **5.3 En lijado**

- a) De acuerdo a la calificación de la madera podemos decir que al realizar el ensayo con la lija N°60 y N°120 el 100% de las probetas califico como excelente.

- b) Con respecto a la distribución porcentual de la calificación por nivel de fuste y plano de corte, podemos decir que al realizar el ensayo con la lija N°60 y N°120 encontramos que el 100% de las probetas califico como excelente. Mientras que en la distribución porcentual de los grados de calidad por sentido de corte se da una distribución porcentual del 50% de probetas de calidad excelente para cada sentido de corte.

#### **5.4 En taladrado**

- a) Con respecto a la calificación de la madera por velocidad de giro de la cuchilla encontramos que a 890 rpm tenemos más probetas de calidad bueno (39.9%), encontrando también probetas de calidad excelente en un 0.9%, regular en un 33.8%, malo en un 16.7% y muy malo en un 8.7%. mientras que a 1580 rpm el porcentaje de probetas de calidad bueno aumenta en un 62.4%, incrementándose también probetas excelentes en 8.5% y descendiendo el porcentaje de probetas regular 24.6%), malo (3.8%) y muy malo (0.7%).
- b) En la distribución porcentual de la calificación de las probetas por nivel de fuste podemos decir que realizando el ensayo a una velocidad de giro de cabezal de 890 rpm se encontró el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (0.5%) y bueno (13.6%) en el nivel 2 y el mayor porcentaje de probetas de calidad regular (12.7%), malo (6.6%) y muy malo (4.5%) en el nivel 1. Realizando el ensayo a una velocidad de giro de cabezal de 1580 rpm observamos que el porcentaje de probetas con calidad de excelente y bueno aumentaron mientras que en las demás calidades el porcentaje de probetas se redujo encontrando así el mayor porcentaje de probetas de calidad excelente (3.8%) y bueno (23%) en el nivel 1, el mayor porcentaje de probetas de calidad regular (8.7%) en el nivel 1 y 2, el mayor porcentaje de probetas de calidad malo (1.9%) en el nivel 1 y el mayor porcentaje de probetas de calidad muy malo (0.5%) en el nivel 2.

- c) Para la distribución porcentual de la calificación de las probetas por plano de corte observamos que realizando el ensayo a una velocidad de giro de cabezal de 890 rpm se encontró el mayor porcentaje de probetas con calidad excelente (0.5%) en el plano oblicuo y radial, el mayor porcentaje de probetas con calidad bueno (15%) en el plano radial, el mayor porcentaje de probetas con calidad regular (12.7%) y malo (7.5%) en el plano oblicuo y el mayor porcentaje de probetas con calidad muy malo (4.7%) en el plano radial. Ejecutando el ensayo a una velocidad de giro de cabezal de 1580 rpm se encontró el mayor porcentaje de probetas con calidad excelente (3.5%) en el plano tangencial, el mayor porcentaje de probetas con calidad bueno (21.8%) en el plano radial, el mayor porcentaje de probetas con calidad regular (9.2%) en el plano oblicuo y radial, el mayor porcentaje de probetas con calidad malo (1.6%) en el plano oblicuo y el mayor porcentaje de probetas con calidad muy malo (0.5%) en el plano radial.
- d) En la distribución porcentual de la calificación de las probetas por ruptura del grano observamos que realizando el ensayo a una velocidad de giro de cabezal de 890 rpm se encontró el mayor porcentaje de probetas con calidad excelente (0.7%) y bueno (25.4%) en el fondo, el mayor porcentaje de probetas con calidad regular (14.3%), malo (12.4%) y muy malo (5.9%) en la ruptura de salida. Ejecutando el ensayo a una velocidad de giro de cabezal de 1580 rpm se encontró el mayor porcentaje de probetas con calidad excelente (5.6%) y bueno (26.8%) en el fondo de las probetas y el mayor porcentaje de probetas con calidad regular (18.8%), malo (3.3%) y muy malo (0.5%) en la ruptura de salida.

## 5.5 En torneado

- a) Los defectos encontrados en este ensayo trabajando con ángulos de corte de 0°, 15° y 45° fueron grano astillado, grano arrancado y rugosidad en grados I, II, III, IV y V las cuales se manifestaron en cada uno de las probetas, predominando el de grado I en todos los ángulos de corte.

- b) Con respecto a la distribución porcentual de los grados de las probetas por ángulo de corte encontramos que en los defecto de grano astillado y grano arrancado la mayor distribución porcentual de probetas de grado I se encuentra en el ángulo de corte de 0° (grano astillado 87.8%, grano arrancado 80.8%), mientras que en el defecto de rugosidad el mayor número de probetas de grado I (41.4%) lo muestra el ángulo de corte de 45°.
- c) En la distribución porcentual de la calificación del defecto grano astillado de las probetas por nivel de fuste observamos en cada ángulo de corte mayormente probetas de calidad excelente, encontrando en el ángulo de corte de 0° la mayor distribución de probetas excelentes (31.4%) en el nivel 3, en el ángulo de corte de 15° la mayor distribución de probetas con excelentes (21%) en el nivel 2, en el ángulo de corte de 45° la mayor distribución porcentual de probetas excelentes (20.4%) en el nivel 2.
- d) En la distribución porcentual de la calificación del defecto grano arrancado de las probetas por nivel de fuste observamos en cada ángulo de corte mayormente probetas de calidad excelente, encontrando en el ángulo de corte de 0° la mayor distribución de probetas excelentes (29%) en el nivel 3, en el ángulo de corte de 15° la mayor distribución de probetas excelentes (19.6%) en el nivel 3, en el ángulo de corte de 45° la mayor distribución porcentual de probetas excelentes (19.6%) en el nivel 2.
- e) En la distribución porcentual de la calificación del defecto rugosidad de las probetas por nivel de fuste observamos en cada ángulo de corte mayormente probetas de calidad excelente y bueno, encontrando en el ángulo de corte de 0° la mayor distribución de probetas excelentes (12.6%) en el nivel 1 y buenas (18.4%) en el nivel 2, en el ángulo de corte de 15° la mayor distribución de probetas excelentes (13.8%) en el nivel 2 y la mayor distribución de probetas buenas (19%) en el nivel 3, en el ángulo de corte de 45° la mayor distribución de probetas excelentes (16%) en el nivel 2 y la mayor distribución de probetas buenas (20%) en el nivel 3.

## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES

- ✓ Para el cepillado de la madera de esta especie se recomienda que la cepilladora trabaje con una velocidad de alimentación 12 m/min y con un ángulo de corte de cuchilla de 30° ya que bajo estas condiciones el 97.9% de las probetas se comportó como excelente.
  
- ✓ Para el lijado de la madera de esta especie podemos trabajar con la lija N° 60 o N° 120 ya que a ambas condiciones el 100% de las probetas califico como excelente.
  
- ✓ Para el moldurado de la madera de esta especie se recomienda trabajar con el sentido a favor del grano del plano oblicuo en nivel basal ya que bajo estas condiciones se encontró el mayor porcentaje de probetas excelentes.
  
- ✓ Para el taladrado de la madera de esta especie se recomienda trabajar con una velocidad de giro del cabezal de 1580 rpm ya que la magnitud del defecto tiende a reducirse a esta velocidad, generando así que se dé un incremento en la calidad predominante (bueno). Taladrar la madera de esta especie en el plano radial del nivel basal ya que bajo estas condiciones se encontró el mayor porcentaje de probetas de calidad bueno.
  
- ✓ Se recomienda torneear la madera de esta especie en el nivel apical con un ángulo de corte de 0° ya que bajo estas condiciones se encontró la mayor distribución porcentual de la calidad excelente.
  
- ✓ En la ejecución de cada uno de estos ensayos es recomendable afilar las cuchillas del elemento cortante continuamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARAUJO, V. 2013. Profesor principal de la FCFyA \_ UNU Consulta personal
- ARRASCUE, G 2013. COMPORTAMIENTO A LA TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Brosimum utile* Kunth (panguana) Y SU VARIACIÓN EN LOS DIFERENTES NIVELES DEL FUSTE, PROVENIENTE DE LA PROVINCIA DE PADRE ABAD - REGIÓN UCAYALI. Tesis para optar el título de Ingeniero forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú 172p.
- AROSTEGUI VARGAS, A. 1987. Estudio de trabajabilidad de la madera de selva baja (zona Pucallpa) IIAP-Pucallpa y CENFOR XII Pucallpa. Enero-Junio 7 p.
- BERNUI CABALLERO, R. 1990. Trabajabilidad de maderas de la familia bombacaceae de un bosque tropical húmedo. Tesis de grado. Ingeniero forestal UNALM. Lima-Perú. 133p.
- CHOTA RIOS, C. 2013. COMPORTAMIENTO A LA TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Apeiba membranaceae*. Spruce ex Benth (Maquizapa ñaccha) Y SU VARIACIÓN EN LOS DIFERENTES NIVELES DEL FUSTE PROVENIENTE DE LA PROVINCIA DE PADRE ABAD - REGIÓN UCAYALI. Tesis para optar el título de Ingeniero forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú 119p.
- CUPROFOR: Centro de Utilización y Promoción de Productos Forestales. 1999. Honduras, Centro América. <http://www.cuprofor.hn/investigacion.htm>.

- FLORES ROSAS, F. 2004. Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Micropholis* (Griseb) Pierre (Quina quina) procedente de Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú . 74p.
- GARCIA RIOS, H. 2006. Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Ficus insípida* Willd. (Ojerenaco) de la zona del Tamaya - Masisea (Alto Ucayali). Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 68p.
- GRIGORIEV, A. 1985. Estudio de Materiales para ebanistas y carpinteros. Edit. MIR. Moscú. 247 p.
- GUZMAN G, Y. 1979. Variación de algunas propiedades físicas y características anatómicas de *Pinus caribaea* provenientes de las plantaciones de Uverito. Estado de Managós. Tesis M.Sc. Mérida-Venezuela. 81p.
- HOYOS CARDOZO, J. 2008. Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Trichilia pleeana* (A. Juss) C. DC. (uchumullaca), del Bosque Macuya-Ucayali. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 87p.
- KOLLMAN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo I. Traducción de la 2da Edición Ministerio de Agricultura-Instituto Forestal de Investigaciones, Experiencias y Servicios de la madera. Madrid-España. 647 p.
- KOCH, P. 1964. Wood Machining Processes. The Ronald Press Company. New York. 530 p.

- LLUNCOR, D. 1977. Relaciones entre las características de cepillado de algunas maderas de Venezuela y sus propiedades físico-mecánicas y anatómicas. Tesis Magister Scientiae. Universidad de los Andes. Mérida. 78 p.
- LLUNCOR M, D.1989.Trabajabilidad de nueve especies maderables de la zona Selva Baja (AlpaHuayo-Jenaro Herrera). N°1. Temas Forestales. Pucallpa, Perú. 24p.
- NININ, L. 1984 "Texto de labrado mecanizado" Universidad de los Andes. Mérida Venezuela 264p.
- PANSIN, A. Y DE ZEEUW, C. 1980.Textbook of Wood Technology. Edic.Mc.-Graw. Hill, New Cork.450 p.
- SANGAMA DAVILA, L. 2008. Comportamiento a la trabajabilidad de la madera *CrotonlechleriMuellArg* (sangre de grado) de la zona de Yarinacocha. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 57p.
- SANCHEZ HERRERA, R. 2013 Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de la especie *Septotheca Tessmannii* (utucuro) en la zona de Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 140p.
- SANCHEZ S., L. 1996. Influencia de las fibras y elementos vasculares en el comportamiento al cepillado y moldurado de dieciséis especies maderables de Iquitos.

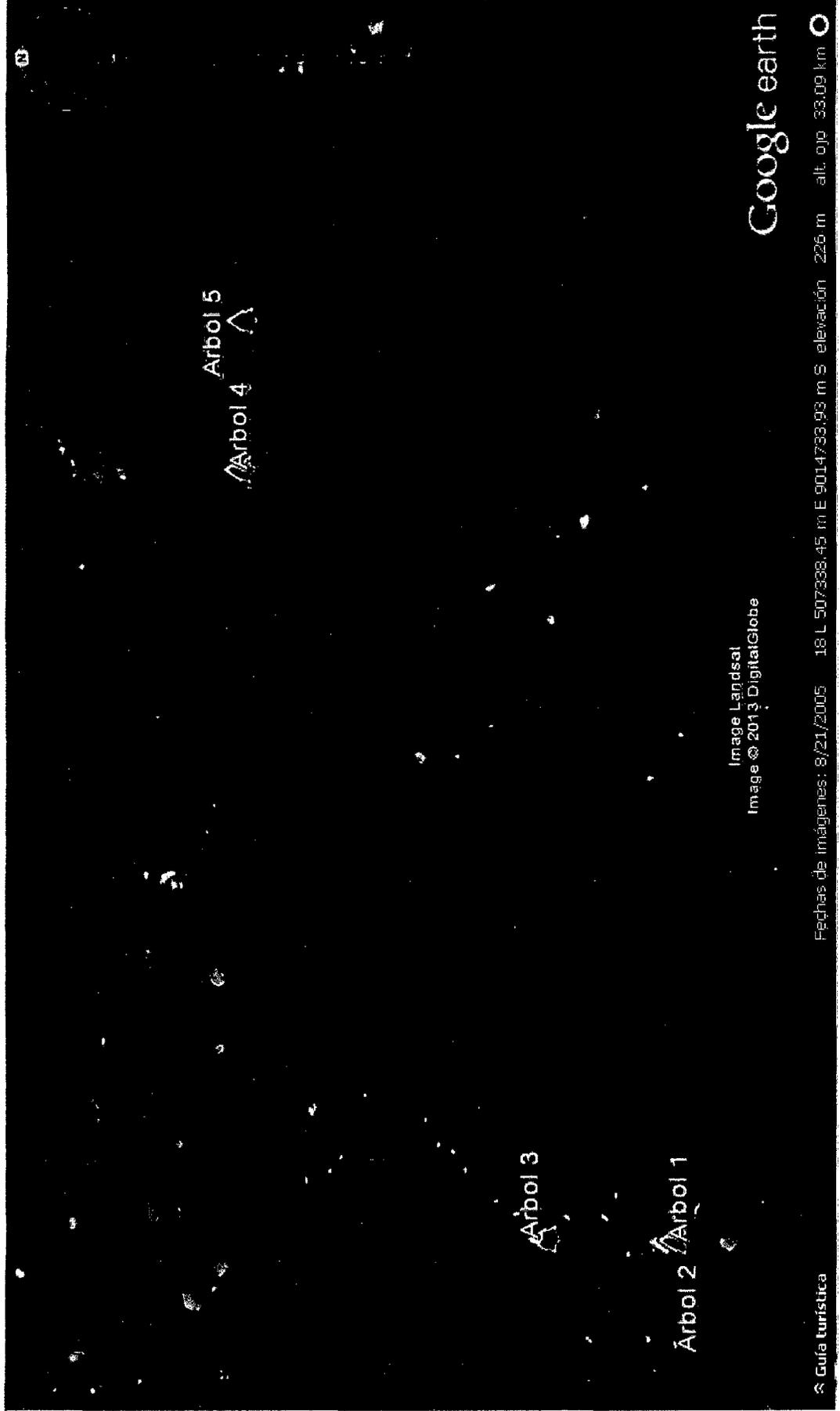
- SATO, A. 1976. Propiedades de Trabajabilidad de la Madera de doce especies del Perú. Tesis Ingeniero Forestal. UNALM. Lima - Perú. 110 p.
- SERRANO, J. Y SÁENZ, M. 2001. Trabajabilidad de Teca (*Tectonagrandis*) de Costa Rica y Panamá. Consultado el 07 de febrero del 2011. E-mail: iserrano@itcr.ac.cr o masenz@costarricense. cr.
- TAQUIRE, A. 1987. Propiedades Físicas a nivel radial, longitudinal y comportamiento al cepillado, moldurado, taladrado y lijado de Guazuma crinita Mart. (Bolaina blanca) Pucallpa. Tesis Ingeniero Forestal. UNCP — Huancayo, Perú. 180 p.
- TELLO YACTAYO, Gina M. (2007). Diferenciación anatómica de la madera de *Matisia bicolor* Duke (ZAPOTILLO) por niveles longitudinales del fuste en Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal: Universidad Nacional de Ucayali.
- TORRES, R. 1995 comportamiento de la madera de catorce especies forestales al taladrado y torneado. Tesis Ingeniero Forestal. Pucallpa. UNU. 62 p.
- TORRES. J. 1966. "Conservación de maderas en su aspecto práctico". Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigación y experiencias. Madrid España 97p.
- VALENCIA M. S. Y F. LOPEZ A 1999. Variación de la densidad de la madera dentro y entre arboles de *Pinusrudis* Endl., en Sierra las Alazanas, Artega, Coah. Foresta-AN. Nota Técnica No. 1.UAAAN. Saltillo, Coah. 17 p

# ANEXOS

**ANEXO 1**  
**COORDENADAS DE LA MUESTRA**

FECHA DE SELECCIÓN	ESPECIE	N° ARBOL(ex/pr)	COORDENADAS UTM (Y)	COORDENADAS UTM(X)	NOMBRE CIENTIFICO	DISTRITO	ZONA	D.A.P(cm)	ALTURA TOTAL(m)	ALTURA COMERCIAL (m)	TIPO DE BOSQUE
14/04/2011	Sapote	sa-1	9005830	18L 474117	<i>Matisia cordata</i>	Padre abad	San Alejandro	51/50	15.2	9.5	primario residual
14/04/2011	Sapote	sa-2	9006023	18L 474170	<i>Matisia cordata</i>	Padre abad	San Alejandro	51/59	15.8	10.3	primario residual
14/04/2011	Sapote	sa-3	9009795	18L 474089	<i>Matisia cordata</i>	Padre abad	San Alejandro	40/46	18.3	10.1	primario residual
17/05/2011	Sapote	sa-4	9019180	18L 494660	<i>Matisia cordata</i>	Irazola	A. Von Humbolt	42/39.5	19.5	12.36	primario residual
17/05/2011	Sapote	sa-5	9019222	18L 498665	<i>Matisia cordata</i>	Irazola	A. Von Humbolt	42/41	21	12.3	primario residual

# UBICACIÓN DE LOS 5 ARBOLES



## ANEXO 3

# IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)  
Estación Experimental Pucallpa



Herbario Regional de Ucayali

### CONSTANCIA

Se deja constancia que se realizó la verificación taxonómica de las muestras botánicas presentadas por AIDER, las mismas que a continuación se detalla:

❖ <i>Croton matourensis</i> Aubl	Aucatadijo
❖ <i>Apeiba membranacea</i> . Spruce ex Benth	Peine de Mono
❖ <i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Zapote
❖ <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Ana caspi
❖ <i>Jacaranda copala</i> (Aubl.) D. Don	Huamansamana
❖ <i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr.	Utucuro
❖ <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Pashaco Blanco
❖ <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	Panguana
❖ <i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa
❖ <i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Yacushapana amarilla

Así mismo las muestras quedan depositadas en el Herbario Regional de Ucayali, IVITA-Pucallpa.

Se expide la presente constancia para los fines convenientes del Solicitante.

Pucallpa, 25 de octubre del 2012

  
Blga. Mirella Clavo Peralta  
Resp. Herbario Regional de Ucayali - Pucallpa  
Registro CBP No. 1187



## ANEXO 4

### CARACTERISTICAS DE IDENTIFICACION MACROSCOPICAS DE zapote (*Matisia cordata*)

NIVEL DE RODAJA	zapote ( <i>Matisia cordata</i> )																	
	Z2					X	Z3					X	Z5					X
N° de anillos ´por 5 cm lineal	11	17	18	28	24	20	17	10	24	15	26	18	19	15	13	17	16	16
Diferencia entre albura y duramen	Poco diferenciado						No diferenciado						Poco diferenciado					
Tipo de porosidad	Difuso						Difuso						Difuso					
Medula	Exentrica						Exentrica						Exentrica					

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS	zapote ( <i>Matisia cordata</i> )		
	Z2	Z3	Z5
Color	2.5Y 8/4 pale yellow	2.5Y 8/6 yellow	10YR 8/6 yellow
Olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor
Sabor	Sin sabor	Sin sabor	Sin sabor
Brillo	Alto (seccion radial)	Alto (seccion radial)	Alto (seccion radial)
Textura	Media	Media	Media
Veteado	Arcos superpuestos (sec.tang.) Lineas verticales (seccion radial)	Arcos superpuestos (sec.tang.) Lineas verticales (seccion radial)	Arcos superpuestos (sec.tang.) Lineas verticales (seccion radial)
Grano	Recto		

CARACTERISTICAS GENERALES	zapote ( <i>Matisia cordata</i> )		
	Z2	Z3	Z5
Distribucion de los poros	Sentido radial	Sentido radial	Sentido radial
Forma de poros	Ovalados	Ovalados	Ovalados
Agrupacion de poros	Multiples 2, 3 y 4 simples en menor proporcion	Multiples 2, 3 y 4 simples en menor proporcion	Multiples 2, 3 y 4 simples en menor proporcion
Porosidad	Difuso	Difuso	Difuso
Parenquima	Parenquima apotraqueal reticulado	Parenquima apotraqueal reticulado	Parenquima apotraqueal reticulado
Tipos de radio	No estratificado	No estratificado	No estratificado
Presencia de inclusiones	Presencia de cristales (seccion radial)	Presencia de cristales (seccion radial)	Presencia de cristales (seccion radial)

**ANEXO 5**  
**MAQUINARIAS DE CARPINTERIA**

Descripción de la maquinaria utilizada

**a) CEPILLADORA REGRUESADORA**

- Marca : SICAR
- diámetro del cabezal porta cuchilla : 12 cm.
- Velocidad del cabezal porta cuchilla : 3600 rpm.
- Ángulo del cabezal : 35°
- Número de cuchillas en el cabezal : 4
- Ángulo de afilado de la cuchilla : 45°
- Calidad de cuchillas : acero rápido
- Velocidad de alimentación : 12 m/min.

**b) TALADRO DE BANCO**

- Marca : DINN
- Velocidad de giro del cabezal : 2600 rpm.
- Tipo de broca : doble hélice
- Diámetro de la broca : ½ pulgada
- Velocidad de alimentación : manual
- Ángulo de la broca : 45°

**c) MOLDURERA O TUPI**

- Marca : DINAMIC
- Diámetro del cabezal porta cuchilla : 4 cm.
- Ángulo de afilado de la cuchilla : 25°
- Velocidad de alimentación : manual
- Número de cuchillas : 1
- Calidad de cuchillas : acero rápido.

**d) LIJADORA DE BANDA**

- Marca : KAILYN

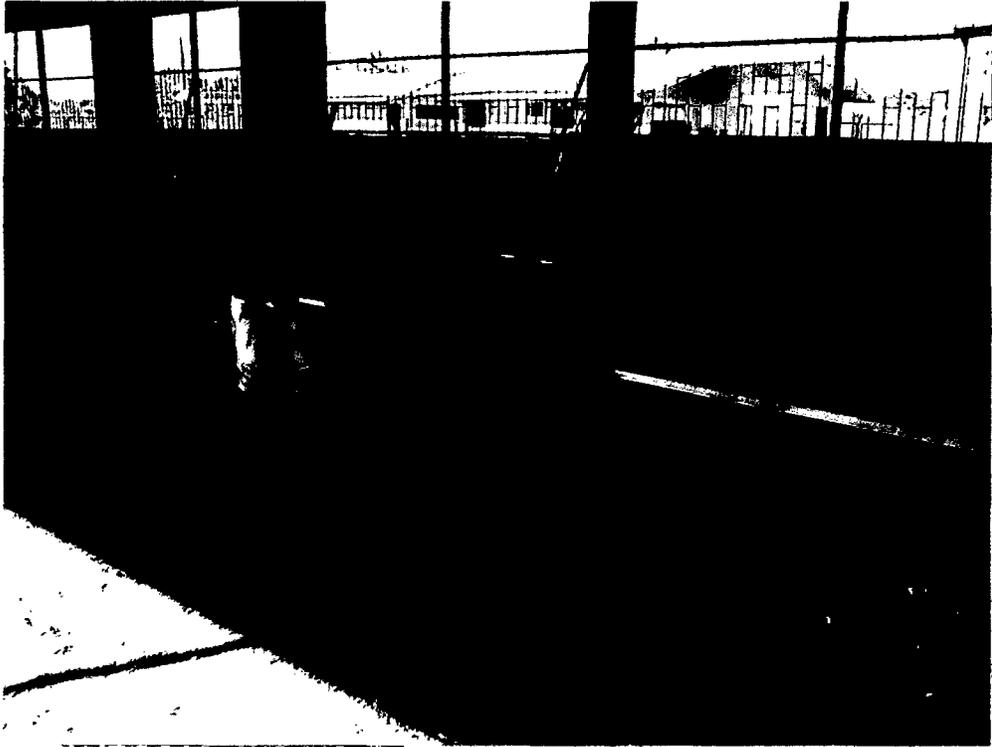
- Longitud de la lija : 60 cm.
- Ancho de la lija : 10 cm.
- Peso de la lijadora : 2 Kg.
- Presión de la lija : 0.05 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Tipo de lija : óxido de aluminio
- Grano de la lija : 60 y 120

**e) TORNO DE BANCO**

- Marca : INVICTA
- Velocidad de giro del cabezal : 2160 rpm.
- Velocidad de alimentación : manual
- Tipo de gubia : media caña
- Ancho de la gubia : ½ pulgada
- Ángulo de ataque : 0°, 15° y 45°

**ANEXO 6**  
**EJECUCION DE ENSAYOS**

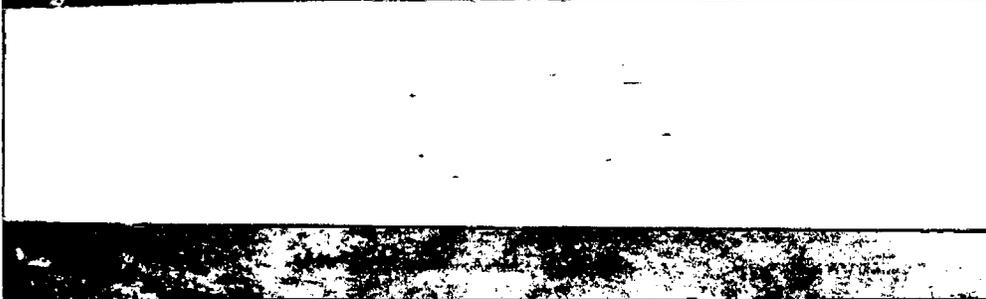
**1. EJECUCION DEL ENSAYO DE CEPILLADO**



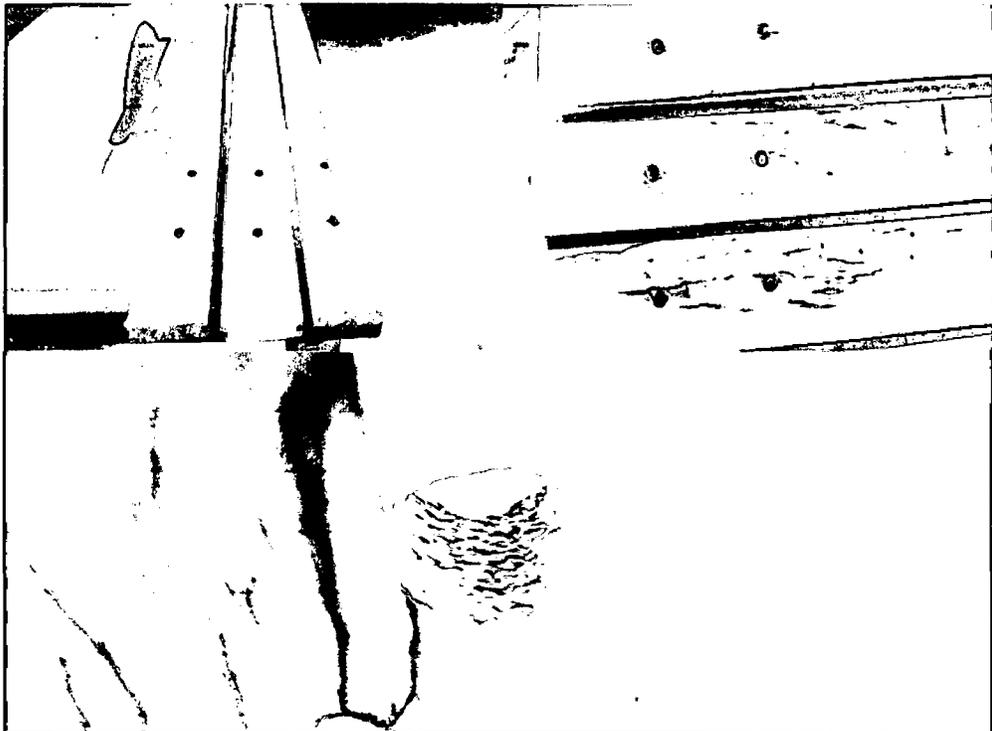
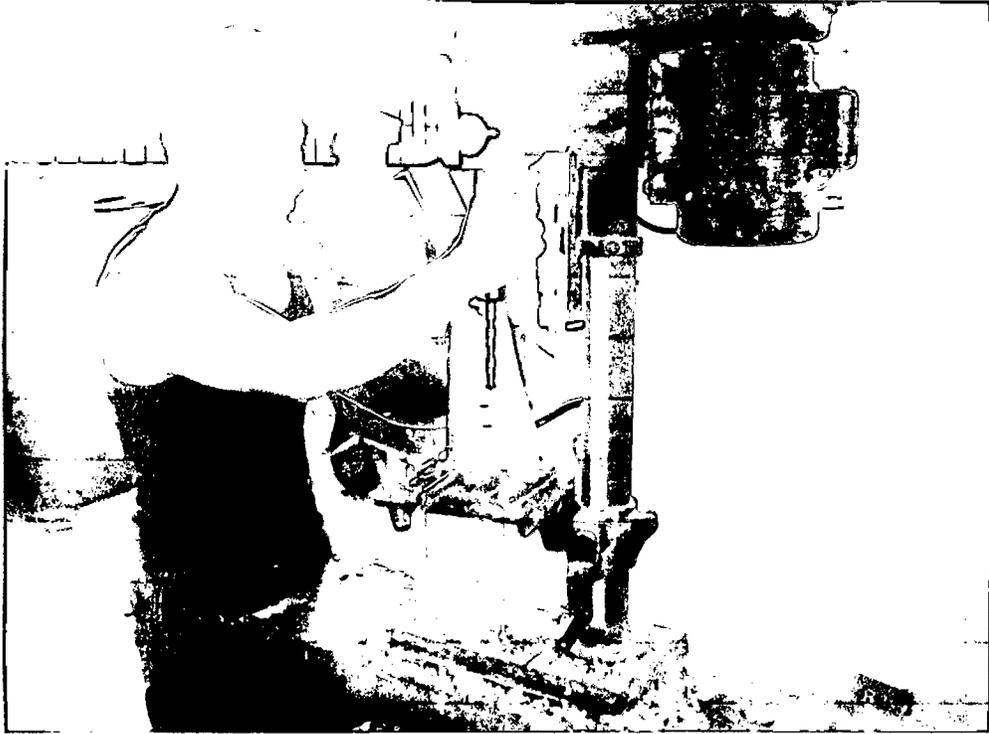
## 2. EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE MOLDURADO



### 3. EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE LIJADO



#### 4. EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE TALADRADO



## 5. EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE TORNEADO



6. GUBIA DE MEDIA CAÑA DE MEDIA PULGADA PARA EL ENSAYO DE TORNEADO

