

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA MADERA ROLLIZA  
DE HIGUERILLA (*Cunuria spruceana* Baillon) Y DE CEDRO  
HUASCA (*Cedrela sp.*), EN LA INDUSTRIA DEL LAMINADO”**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCION FORESTALES**

**JORGE BIRINO ALVAREZ MELO**

**PROMOCIÓN 2001**

**Tingo María – Perú**

**2008**

K50

A45

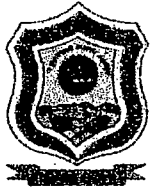
Alvarez Melo, Jorge B.

Evaluación del Rendimiento de la Madera Rolliza de Higuerilla (*Cunuria spruceana* Baillon) y de Cedro Huasca (*Cedrela sp.*), en la Industria del Laminado. Tingo María, 2008

109 h.; 10 tpls.; 27 cuadros; 60 fgrs.; 8 fórmulas; 35 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

CUNURIA SPRUCEANA BAILLON / CEDRELA SP. / RENDIMIENTO /  
LAMINA-MADERA / CALIDAD / MERCADO / METODOLOGÍA / TINGO  
MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de mayo de 2008, a horas 07:08' p.m. en la Sala de Conferencias de Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

## “EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LA MADERA ROLLIZA DE HIGUERILLA (*Cunuria spruceana* Baillon) Y DE CEDRO HUASCA (*Cedrela sp.*) EN LA INDUSTRIA DEL LAMINADO”

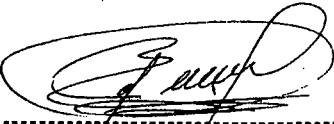
Presentado por el Bachiller: **JORGE BIRINO ALVAREZ MELO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"EXCELENTE"**.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 22 de mayo de 2008

  
.....  
Ing. M.Sc. **YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE**  
Presidente

  
.....  
Ing. **MANUEL BRAVO MORALES**  
Vocal

  
.....  
Ing. M.Sc. **ROBERT GILBERT PECHO DE LA CRUZ**  
Vocal

  
.....  
Ing. M.Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**  
Asesor

  
.....  
Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**  
Co asesor

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi querida madre, quien es mi fortaleza y luz en mi camino.

A mi padre y madre política, quienes me apoyaron en su momento.

Con mucho cariño a mis hermanos, por sus valiosos y oportunos consejos.

A mi esposa y mis amados hijos, quienes son la razón de ser de mi vida.

A mis queridos sobrinos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Empresa Plywood Supplies E.I.R.L., como patrocinadora de la presente Tesis y particularmente a su Gerente General Señor Kiyoshi Itakura Ozaki, quien gentil y amablemente me brindó las facilidades necesarias, para ejecutar el presente trabajo de investigación.

A los señores ingenieros Ricardo Ochoa Cuya y Jorge Vergara Palomino, quienes en su calidad de asesores de Tesis, me orientaron oportunamente para el logro de los objetivos planteados y consecuentemente culminar exitosamente este trabajo.

A los señores ingenieros Ytavclerh Vargas Clemente, Manuel Bravo Morales y Robert Pecho de la Cruz, por sus sabios consejos y orientaciones para la correcta redacción de la presente tesis.

A mis padres, hermanos y demás familiares, quienes me brindaron apoyo permanente y constantes recomendaciones para cumplir satisfactoriamente mis objetivos y consecuentemente concretar el presente trabajo de investigación.



2.10.1. La compresión paralela al grano .....	18
2.10.2. La compresión perpendicular al grano .....	18
2.10.3. Viscoelasticidad .....	19
2.11. Precalentamiento de trozas .....	20
2.11.1. Proceso de acondicionamiento de la madera .....	21
2.11.2. Efecto del diámetro de las trozas en el tiempo de acondicionamiento .....	21
2.11.3. Ventajas del calentamiento .....	24
2.11.4. Temperatura de la madera durante el corte o rebanado de la chapa .....	24
2.12. Grado de aprovechamiento o rendimiento .....	26
2.13. Características generales y descripción de las especies usadas .....	30
2.13.1. Especie <i>Cunuria spruceana</i> Baillon (Higuerilla) .....	30
2.13.2. Especie <i>Cedrela sp.</i> (Cedro huasca) .....	32
2.14. Chapas de madera .....	34
2.14.1. Antecedentes .....	34
2.14.2. Definiciones .....	36
2.14.2.1. Clasificación según el método de producción .....	38
a) Chapa debobinada o periférica .....	38
b) Chapas rebanadas .....	38
2.14.2.2. Aplicaciones de las chapas .....	40
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1. Ubicación política y geográfica de la zona .....	41
3.1.1. Ubicación del área de estudio .....	41
3.1.2. Fisiografía y tipos de bosque .....	41
3.2. Materiales, maquinaria, equipos y herramientas .....	42
3.2.1. Materiales .....	42
3.2.2. Maquinaria .....	42
3.2.3. Equipos .....	42

3.2.4. Herramientas .....	43
3.3. Metodología .....	43
3.3.1. Fase de precampo .....	43
3.3.1.1. Recopilación de información .....	43
3.3.1.2. Planeamiento del trabajo .....	43
3.3.2. Fase de campo .....	43
3.3.2.1. Selección de trozas para evaluación .....	43
3.3.2.2. Determinación de densidad y contenido de humedad de la madera por especie .....	44
3.3.2.3. Habilitación de la madera para el laminado ...	46
3.3.2.4. Descortezado (pelado) de trozas y bloques ....	46
3.3.2.5. Ablandamiento de la madera .....	46
3.3.2.6. Ajuste adecuado de los elementos de corte ..	47
3.3.2.7. Abastecimiento con materia prima habilitada	47
3.3.2.8. Debobinado y laminado propiamente dicho ..	47
3.3.2.9. Perfilado y preevaluación de las muestras de chapas y centros obtenidos .....	48
a) Perfilado o guillotinado de láminas .....	48
b) Secado de láminas .....	48
c) Preevaluación de láminas obtenidas .....	48
d) Medidas húmedas y secas de láminas ...	49
e) Contracción de chapas y centros .....	49
f) Clasificación de chapas y centros .....	52
g) Empaquetado y envío de láminas .....	55
3.3.3. Fase de gabinete .....	56
3.3.3.1. Procesamiento de datos .....	56
3.3.3.2. Análisis estadístico .....	56
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	57
4.1. Evaluación de trozas .....	57
4.1.1. Calidad de trozas .....	57
4.1.2. Promedio de diámetros (cm) y volumen (pt) por calidad	



de trozas evaluadas .....	59
4.2. Evaluación cuantitativa y cualitativa de trozas de Higuierilla .	63
4.2.1. Evaluación del rendimiento (volumen húmedo y seco)	63
4.2.2. Evaluación de la producción cualitativa de láminas para centros .....	70
4.3. Evaluación cuantitativa y cualitativa de trozas de Cedro huasca .....	75
4.3.1. Evaluación de rendimiento (volumen húmedo y seco) .	75
4.3.2. Evaluación del rendimiento por etapa productiva en la elaboración de chapas de Cedro huasca .....	79
4.3.3. Promedio total de láminas obtenidas por producto .....	81
4.4. Análisis estadístico del diámetro promedio y volumen rollizo	85
4.4.1. Descriptivos estadísticos .....	85
4.4.2. Análisis de varianza del volumen rollizo (m <sup>3</sup> ) por calidad de troza por especie .....	85
4.4.3. Planteo de hipótesis y análisis de correlación .....	86
4.5. Análisis estadístico del volumen laminado .....	87
4.5.1. Descriptivos estadísticos .....	87
4.5.2. Análisis de varianza .....	88
4.5.3. Análisis de correlación .....	88
4.6. Análisis estadístico de la evaluación cualitativa de láminas para centros .....	90
4.6.1. Análisis de varianza .....	90
4.6.2. Análisis de correlación .....	90
4.7. Análisis estadístico de la evaluación cuantitativa de chapas .	91
4.7.1. Análisis de varianza .....	92
4.7.2. Análisis de correlación .....	93
4.8. Análisis estadístico de la evaluación cualitativa de láminas para chapas .....	93
4.8.1. Análisis de varianza de variables evaluadas .....	94
V. CONCLUSIONES .....	97

VI.	RECOMENDACIONES .....	99
VII.	ABSTRACT .....	101
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
	ANEXOS .....	109
	Apéndice 1. Zona de estudio .....	110
	Anexo A. Ubicación de la Planta Principal de la Empresa Plywood Supplies .....	110
	Apéndice 2. Gráficos y dimensiones de trozas evaluadas .....	111
	Anexo A. Habilitación de trozas de Cedro huasca .....	111
	Anexo B. Habilitación de trozas de Higuierilla .....	112
	Apéndice 3. Formatos para registro y evaluación de trozas y láminas ....	113
	Anexo A. Formato 1. Registro y evaluación de trozas .....	113
	Anexo B. Formato 2. Habilitado de trozas de Cedro huasca .....	114
	Anexo C. Formato 3. Evaluación cuantitativa de chapas .....	115
	Anexo D. Formato 4. Perfilado de chapas .....	116
	Anexo E. Formato 5. Contracción dimensional de chapas .....	117
	Anexo F. Formato 6. Evaluación Cualitativa de Chapas (Norma ITINTEC 251.045) .....	118
	Anexo G. Formato 7. Habilitación de trozas de Higuierilla .....	119
	Anexo H. Formato 8. Evaluación cuantitativa de centros .....	120
	Anexo I. Formato 9. Perfilado de almas o centros .....	121
	Anexo J. Formato 10. Contracción dimensional de centros .....	122
	Anexo K. Formato 11. Evaluación Cualitativa de Almas (Norma ITINTEC 251.058) .....	123
	Apéndice 4. Flujograma de producción de láminas de madera .....	124
	Anexo A. Evaluación del proceso productivo de chapas de Cedro huasca .....	124
	Anexo B. Evaluación del proceso productivo de centros de Higuierilla .....	125

Apéndice 5. Trozas evaluadas durante el trabajo de investigación .....	126
Anexo A. Datos obtenidos de las trozas evaluadas de Higuierilla .	126
Anexo B. Datos obtenidos de las trozas evaluadas de Cedro huasca .....	127
Apéndice 6. Merma (pérdida) de volumen rollizo durante el laminado .....	128
Anexo A. Merma en la producción de chapas de Cedro huasca (trozas "A") .....	128
Anexo B. Merma en la producción de chapas de Cedro huasca (trozas "B") .....	129
Apéndice 7. Evaluación de probetas en laboratorio .....	130
Anexo A. Contenido de humedad y densidad básica de Cedro huasca .....	130
Anexo B. Contenido de humedad y densidad básica de Higuierilla .....	132
Anexo C. Evaluación de la contracción dimensional de probetas de Higuierilla y Cedro huasca .....	134
Apéndice 8. Fotografías tomadas durante las evaluaciones .....	135
Anexo A. Evaluación del abastecimiento y habilitación de trozas .	135
Anexo B. Evaluación del laminado de trozas y bloques .....	138
Anexo C. Evaluación del perfilado y guillotinado de láminas .....	140
Anexo D. Evaluación del pre secado y secado de láminas .....	141
Anexo E. Evaluación de chapas y centros durante el empaquetado y almacenamiento de láminas .....	143
Anexo F. Transporte de chapas y centros empaquetados .....	145
Anexo G. Evaluación en laboratorio de probetas de Higuierilla y Cedro huasca .....	146
Apéndice 9. Terminologías y gráficos bibliográficos .....	149
Anexo A. Terminologías establecidas por la Norma ITINTEC 251.038 (1984) .....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Clasificación de la madera según su densidad básica .....	15
2. Temperatura y tiempo de cocción para trozas con densidad verde de 0,5 .....	23
3. Rango de temperaturas de calentamiento en función a la densidad de la madera .....	23
4. Temperatura de ablandamiento para siete maderas tropicales peruanas .....	24
5. Características físicas para clasificación de las trozas .....	44
6. Clasificación según la contracción volumétrica (CV) .....	51
7. Clasificación de la relación de contracción tangencial – radial .	52
8. Clasificación de chapas de madera según la Norma ITINTEC 251.045 .....	53
9. Clasificación de centros (almas) de madera según la Norma ITINTEC 251.058 .....	54
10. Características más frecuentes evaluadas en las láminas para centros .....	72

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Promedio de diámetros y volumen de trozas de Higuierilla .....	60
2.	Promedio de diámetros y volumen de trozas de Cedro huasca	61
3.	Rendimiento promedio de trozas de Higuierilla .....	64
4.	Promedio total del volumen de merma durante el proceso productivo de láminas para centros de Higuierilla .....	68
5.	Promedio total de láminas para centros por calidad de Higuierilla .....	71
6.	Rendimiento promedio de trozas de Cedro huasca .....	75
7.	Promedio total del volumen de merma en el proceso productivo de láminas para chapas de Cedro huasca .....	79
8.	Promedio total de láminas para chapas por calidad .....	81
9.	Promedio total de chapas de cara vs. chapas de trascara de Cedro huasca .....	83
10.	Descriptivos estadísticos de diámetro promedio y volumen rollizo .....	85
11.	Análisis de variancia del volumen rollizo ( $m^3$ ) por calidad de troza por especie .....	86
12.	Correlación del diámetro promedio (cm) vs. volumen rollizo ( $m^3$ ) por calidad de troza por especie .....	87
13.	Resumen de estadísticos descriptivos de volumen laminado (pt), por calidad de troza por especie .....	88
14.	Análisis de variancia de volumen laminado por calidad de troza .....	88
15.	Correlación de la calidad de trozas ("A" y "B") vs. volumen Laminado ( $m^2$ ) para la especie Higuierilla .....	89
16.	Análisis de variancia del porcentaje de centros de primera y de segunda obtenidas por calidad de troza de Higuierilla .....	90
17.	Correlación de volumen de láminas de primera ( $m^2$ ) vs.	

	volumen de láminas de segunda (m <sup>2</sup> ) de Higuierilla .....	91
18.	Resumen de estadísticos descriptivos de volumen laminado (pt), por calidad de troza .....	92
19.	Análisis de variancia del volumen laminado por calidad de troza .....	92
20.	Correlación de la calidad de trozas ("A" y "B") vs. volumen laminado (m <sup>2</sup> ) para la especie Cedro huasca .....	93
21.	Análisis de variancia del porcentaje de chapas de cara grados A, B y C obtenidas por calidad de trozas .....	94
22.	Análisis de variancia del porcentaje de chapas de trascara grados D y E obtenidas por calidad de troza de Cedro huasca ..	95
23.	Correlación del volumen rollizo (pt) vs volumen laminado (m <sup>2</sup> ) chapas de cara vs chapas trascara por calidad de troza .....	96
24.	Promedio del volumen de merma de trozas de Cedro huasca (calidad "A") .....	128
25.	Promedio del volumen de merma de trozas de Cedro huasca (calidad "B") .....	129
26.	Evaluación del Contenido de Humedad y Densidad Básica por desplazamiento de volumen con probetas de Cedro huasca ....	130
27.	Evaluación del Contenido de Humedad y Densidad Básica por desplazamiento de volumen con probetas de Higuierilla .....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Promedio de diámetros y volumen de trozas de Higuierilla .....	60
2. Promedio de diámetros y volumen de trozas de Cedro huasca ...	61
3. Rendimiento promedio de trozas "A" de Higuierilla .....	65
3a. Rendimiento promedio de trozas "B" de Higuierilla .....	66
3b. Rendimiento promedio total de trozas de Higuierilla .....	67
4. Promedio total del volumen de merma durante el proceso productivo de láminas para centros de Higuierilla .....	70
5. Promedio total de láminas para centros por calidad de Higuierilla .....	73
6. Rendimiento promedio de trozas "A" de Cedro huasca .....	76
6a. Rendimiento promedio de trozas "B" de Cedro huasca .....	77
6b. Promedio total de rendimiento de trozas de Cedro huasca .....	78
7. Promedio total de merma en la producción de chapas de Cedro huasca .....	81
8. Promedio total de chapas clasificadas por calidad .....	82
9. Promedio total de chapas de cara vs. chapas de trascara .....	84
10. Mapa de ubicación del lugar donde se ejecutó el trabajo de investigación .....	110
11. Longitud promedio de las trozas de Cedro huasca .....	111
12. Aserrío longitudinal de trozas .....	111
13. Bloque triangular habilitado mediante aserrío en punta .....	111
14. Bloque en forma de trapecio listo para ser laminado .....	111
15. Longitud promedio de las trozas de Higuierilla .....	112
16. Corte transversal de trozas para abastecer al torno debobinador	112
17. Rollizo residual (polín) luego del debobinado .....	112
18. Diámetros promedio de las trozas de Higuierilla .....	126
19. Volumen rollizo (pt) de las trozas de Higuierilla .....	126
20. Diámetros promedio de las trozas de Cedro huasca .....	127

21.	Volumen rollizo (pt) de las trozas de Cedro huasca .....	127
22.	Volumen de merma del laminado de trozas de Cedro huasca (calidad "A") .....	128
23.	Volumen de merma del laminado de trozas de Cedro huasca (calidad "B") .....	129
24.	Variables evaluadas de las probetas de Cedro huasca .....	131
25.	Variables evaluadas de las probetas de Higuierilla .....	133
26.	Evaluación de la contracción de probetas de Higuierilla .....	134
27.	Evaluación de la contracción de probetas de Cedro huasca .....	134
28.	Descarga de madera rolliza de Cedro huasca en patio de trozas	135
29.	Aserrío longitudinal de trozas de Cedro huasca .....	135
30.	Descortezado (pelado) de trozas y bloques .....	136
31.	Ablandamiento (cocción) de trozas .....	136
32.	Abastecimiento con trozas al torno debobinador .....	137
33.	Abastecimiento con bloques a laminadora Taihei .....	137
34.	Obtención de centros por debobinado de trozas de Higuierilla ...	138
35.	Bloque de Cedro huasca en proceso de laminado (desbastado)	138
36.	Evaluación de la producción de chapas de Cedro huasca Obtenidas mediante corte central tangencial .....	139
37.	Perfilado de centros o almas de Higuierilla .....	140
38.	Guillotinado de chapas de Cedro huasca .....	140
39.	Pre secado al ambiente de centros de Higuierilla .....	141
40.	Evaluación de las dimensiones húmedas de chapas de Cedro huasca .....	141
41.	Evaluación de las dimensiones secas de chapas de Cedro huasca .....	142
42.	Secado artificial de centros de Higuierilla .....	142
43.	Clasificación de chapas por calidad .....	143
44.	Empaquetado y almacenamiento de chapas clasificadas .....	143
45.	Láminas para centros clasificados y empaquetados .....	144
46.	Traslado de chapas de Cedro huasca a Lima .....	145
47.	Traslado de centros de Higuierilla a Lima .....	145



48.	Secado de muestras de láminas para hallar Contenido de Humedad .....	146
49.	Probetas de Higuierilla y Cedro huasca .....	146
50.	Registro del volumen de probetas mediante desplazamiento de agua .....	147
51.	Registro del peso de probetas sumergidas .....	147
52.	Secado artificial de probetas .....	148
53.	Determinación del peso seco de probetas .....	148
54.	Caras externas de un tablero contrachapado .....	149
55.	Cara abierta y cerrada de una lámina de madera .....	149
56.	Cuchillo de debobinadora .....	150
57.	Compresión de la madera durante el debobinado .....	150
58.	Chapa periférica .....	151
59.	Chapa discontinua de desenrrollo central .....	151
60.	Chapa discontinua de desenrrollo tangencial .....	151

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula	Página
1. Contenido de humedad .....	45
2. Densidad básica .....	46
3. Contracción radial .....	49
4. Contracción tangencial .....	50
5. Contracción longitudinal .....	50
6. Contracción superficial .....	50
7. Contracción volumétrica .....	51
8. Relación T/R .....	51

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de evaluar el rendimiento de la madera rolliza de Higuierilla (*Cunuria spruceana* Baillon) y de Cedro huasca (*Cedrela sp.*), en la industria del laminado, considerando para ello dos calidades de trozas ("A" y "B"), encontrando que, las trozas de calidad "A" de ambas especies originaron un alto rendimiento en cuanto a cantidad (volumen) de láminas para centros y chapas de Higuierilla y Cedro huasca, respectivamente, demostrando así que hay una correlación directamente proporcional entre el diámetro y volumen laminado de las trozas; no obstante, respecto a la calidad de láminas producidas, dicha relación no se cumple, pues de algunas trozas de calidad "A" se obtuvo láminas de baja calidad y viceversa, de trozas de calidad "B" se obtuvo láminas de buena calidad, determinando que en ambos casos la calidad de la madera rolliza está asociada fundamentalmente a la presencia o ausencia de defectos en las láminas y consecuentemente, existe una relación directamente proporcional entre ambas variables.

Además, se determinó que el aprovechamiento de la madera rolliza de Higuierilla, corresponde a  $0,49 \text{ m}^2/\text{pt}$ , de láminas para centros con 3,5 mm de espesor, lo que equivale a un rendimiento de 46,16% de láminas secas; mientras que el aprovechamiento de las trozas de Cedro huasca corresponde a  $1,52 \text{ m}^2/\text{pt}$ , de láminas para chapas con 0,7 mm de espesor, lo que equivale a un rendimiento de 53,61% de láminas secas.

Asimismo, se determinó la cantidad de láminas obtenidas para chapas de cara y trascara de Cedro huasca, siendo la proporción entre éstas de 80,77% y 19,13%, respectivamente, mientras que la cantidad de láminas obtenidas para centros de primera y centros de segunda de Higuierilla, fue en una proporción de 69,85% y 30,15%, respectivamente.

## I. INTRODUCCIÓN

El bosque tropical de nuestro país, alberga diversas especies forestales con aptitudes para la industria del laminado sean éstas de uso actual o potencial; sin embargo, no se tiene conocimiento básico sobre las mejores técnicas de aprovechamiento y rendimiento de la madera rolliza de dichas especies, lo que conlleva al desconocimiento de la calidad del producto a obtener, el costo que demanda su proceso y otros aspectos importantes que son necesarios considerar para una industria laminadora eficiente.

Asimismo, en este tipo de industria es muy importante tomar en cuenta la calidad de las láminas a obtenerse, considerando que su uso es principalmente de revestimiento ornamental, por ello, la calidad de las chapas y centros de madera se atribuye a muchos factores, siendo, los más importantes: la cantidad y calidad de la materia prima, acondicionamiento de la madera previo al corte, operatividad de la maquinaria y la capacitación del operador.

No obstante, en nuestro país esta industria, se ha caracterizado por utilizar un reducido número de especies forestales, debido básicamente a la falta de investigación y a un bajo nivel tecnológico de aprovechamiento, lo que

motiva a utilizar otras especies que además de poseer características adecuadas para el laminado, representan un potencial sostenible en el tiempo.

Tal es el caso de la Higuierilla y el Cedro huasca, cuya madera rolliza, durante el proceso de laminado, la cantidad y calidad de las trozas, así como sus características físicas y fitosanitarias, influyen en el rendimiento y producción de láminas para centros y chapas decorativas, respectivamente.

En tal sentido, mediante el presente estudio se evaluó y determinó el rendimiento de la madera rolliza de Higuierilla, en la producción de centros por corte periférico, y de Cedro huasca en la obtención de chapas decorativas, por corte central tangencial, durante el proceso de laminado, contribuyendo e incrementando el conocimiento tecnológico del uso de éstas especies, maximizando los beneficios, y minimizando los costos de producción.

Teniendo en cuenta estas premisas y considerando la importancia del estudio en la industria de laminado, para definir lineamientos de un plan de aprovechamiento de dichas especies, socialmente aceptable, económicamente rentable y ecológicamente adaptable, se planteó los siguientes objetivos:

1. Determinar el rendimiento de la madera rolliza de Higuierilla por corte periférico y de Cedro huasca por corte central tangencial, en la industria del laminado.

2. Evaluar la influencia de la calidad de trozas de Cedro huasca e Higuierilla en la producción de chapas y centros para tableros decorativos.

3. Determinar la cantidad de láminas para enchapes y centros por *calidad* a obtenerse de la madera rolliza de Higuierilla y Cedro huasca, para buscar nuevas opciones de mercado nacional e internacional.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La industria maderera en el Perú

Actualmente en nuestro País se ha comprobado que los recursos forestales maderables son aprovechados en su gran mayoría sin darles valor agregado, ante lo cual, la Universidad cumpliendo su rol en la sociedad, debe hacer propuestas para darle mayor valor agregado a los distintos recursos forestales maderables del país antes que sean aprovechadas. La industrialización es una forma de conseguirlo; pero para que la industrialización sea efectiva debe sustentarse en la investigación; y esta debe ser muy puntual, en especial en la tecnología sin embargo, se ha creído conveniente comenzar obteniendo información sobre aspectos generales, para conocer con mayor amplitud lo relacionado con el problema a investigar y que permita perfilar una propuesta válida para el desarrollo del País (CARRIÓN y SOLANO, 2002).

Tal es así que entre las actividades principales en el primer nivel están las extractoras o de aprovechamiento forestal; en el nivel de transformación intermedia o primera transformación se encuentran las siguientes actividades: aserraderos y laminadoras; y como actividades genéricas de creadores de producto o segunda transformación aparecen:



carpinterías, mobiliarios, y artesanías. El siguiente nivel, los comercializadores, es realmente amplio y abarca desde comercializadores de madera habilitada, partes y piezas hasta comercializadores de mobiliario (IGE, 2003).

## **2.2. La industria del laminado**

Según IICA / GTZ (2002), indica que la industria de láminas y contrachapados se desarrolló a partir del final de la década del '70 e inicios de los '80. Los equipos principales (debobinadoras, rebanadoras y secadoras) de las líneas orientadas para la producción de láminas se basan en importaciones, oriundas principalmente de Alemania (RFR y SCHILD), Brasil (FEZER), Italia (CREMONA) y Japón (TAKEUCHI KOGO, TAKEKAWA, TAIHEI, AZUMI).

CASTRO (2000), menciona que en la industria actual del laminado, se hacen girar contra una larga cuchilla los troncos descortezados y ablandados al vapor. La madera se va "pelando", formando una cinta continua que se corta. Las chapas se encolan unas encima de otras alternando el sentido de la veta (dirección de las fibras de la madera), aumentando la resistencia del contrachapado. Luego, las chapas se comprimen y se calientan en prensas hidráulicas, que las adhieren de forma permanente a sus bases.

Asimismo, entre las variedades del contrachapado se encuentra la madera laminada, donde las láminas tienen la veta en la misma dirección, de manera que pueden doblarse; su flexibilidad depende de la madera utilizada. Los tableros de contrachapado tienen un núcleo central de bloques paralelos

de madera, cubierta por ambas caras con láminas de madera. Éstos tableros se utilizan en puertas, armarios y tabiques divisorios (CASTRO, 2000).

Además, la excesiva dispersión de la madera natural, desde el punto de vista mecánico, son penalizadas excesivamente en las normas. Otra cosa es trabajar con la madera laminada, ya que sus características la ponen a la altura de materiales más homogéneos como el acero o el hormigón armado. Igualmente, la diferencia se nota, con la madera natural en las dimensiones que se pueden obtener, no solo en los largos sino también por la geometría que se puede ejecutar tanto en las secciones como en las piezas mismas. Esto explica porque este material debe ser considerado con sus cualidades propias y no como un derivado de la madera (CTE, 2003).

En industrias donde la chapa de madera se emplea como materia prima para revestimiento (industria del tablero y mueble), éstas deben ser inspeccionadas para asegurar una correcta tonalidad y que esté libre de defectos. La automatización de esta labor puede reducir drásticamente los tiempos de inspección además de garantizar la tolerancia "0" frente a la posible existencia de defectos en la chapa (AVT, 2000).

### **2.3. Maquinaria para la producción de láminas de madera**

En el proceso productivo de láminas para chapas decorativas y almas o centros, se pueden citar las siguientes máquinas: torno debobinador, laminadoras horizontal, vertical y longitudinal. French (1977), citado por

OCHOA (2002), indica que los tornos y las laminadoras deberían ser analizados cuidadosamente con el fin de que la disposición de todos los tipos de desperdicios no retarde la producción de láminas de calidad.

### **2.3.1. Torno debobinador**

Debe ser resistente, y los ejes en donde los cabezales sujetan las trozas a ser debobinadas, deben girar correctamente en sus cojinetes, a pesar del peso, aceleración y desaceleración de las trozas. Cuando un torno está operando frecuentemente se retienen astillas de madera frente a la barra de presión, de tal manera que influyen en la producción de chapas defectuosas. Estas astillas, deben ser removidas por retracción de la barra de presión permitiendo así su paso, pero, esta barra debe ser regresada inmediata y precisamente a su posición inicial (French, 1977, citado por OCHOA, 2002).

## **2.4. Elementos de corte**

### **2.4.1. Cuchillas**

Son de grandes dimensiones, desde 720 x 100 x 10 mm hasta 3350 x 200 x 18 mm y se encajan en el carro portaherramientas. Pueden ser monobloques o del tipo compuesto. En éste último caso la arista está elaborada en un acero especial más resistente al desafilado que el material que constituye el cuerpo del cuchillo (DEVLEGER, 1991).

Las cuchillas son responsables por la calidad del producto final en la producción de láminas; para que aquellas tengan flexibilidad y una larga vida

útil de corte, además del uso del material correcto, es necesario un tratamiento térmico adecuado para garantizar el alto desempeño (DEMUTH, 2000).

#### **2.4.2. Barra de presión**

Su función es ejercer presión, de tal forma que se comprima la madera del bloque justo por encima del filo de la cuchilla y así obtener la chapa por acción de corte y no por rajadura. Esta presión es importante para control del espesor, suavidad del corte y la profundidad de las grietas (French, 1977, citado por OCHOA, 2002).

Asimismo, Feihl (1971) y Muller (1968), citados por DEVLIEGER (1991), mencionan que para evitar el desarrollo de las grietas de debobinado, se comprime la madera en la zona cercana a la arista del cuchillo, utilizando para este efecto una barra de presión o viga de apriete.

#### **2.5. El debobinado**

Consiste en cortar y reducir la troza según una espiral de Arquímedes, obteniendo una cinta de madera o chapa. Ésta lámina durante el debobinado no tiene que quebrarse, debe presentar excelente calidad de superficie y un espesor constante. El proceso exige una sincronización precisa entre el movimiento del carro portaherramientas y la rotación de la troza, de tal manera que el avance del cuchillo corresponde a un valor igual al espesor de la chapa, para cada vuelta de la troza (DEVLIEGER, 1991).

La chapa obtenida es floreada, resultado de un corte paralelo a los anillos de crecimiento. Por el efecto de cuña producido por el espesor del cuchillo, la madera en la zona frontal a la arista del cuchillo tiende a hendirse prematuramente antes del corte propiamente dicho y en direcciones de menor cohesión entre fibras, lo que trae como consecuencia defectos de superficie en la chapa (Feihl, 1971 y Muller, 1968, citados por DEVLIEGER, 1991).

En cuanto a la velocidad del debobinado, estudios anteriores concluyen que es preferible debobinar a velocidad reducida entre 30 y 60 m/min para optimizar la calidad de la chapa (Cade y Chong; Gupta *et. al.*, 1969, citados por DEVLIEGER, 1991).

## **2.6. El laminado**

La madera laminada ha permitido salvar con un elemento único, en arco, una luz antaño imposible aun con las más complejas y pesadas armaduras triangulares. Puede adaptarse a formas curvas, quebradas o mixtilíneas. Permite limitar hasta parámetros imperceptibles los problemas de agrietamientos, alaveos y demás deformaciones inherentes al origen vivo, heterogéneo y anisotrópico del material (CTE, 2003).

La noción más innovadora del laminado es cuestión conceptual, es decir, la "negación" de la madera. Para poder tener mejores comportamientos se deja la idea de emplear la madera tal como la ofrece la naturaleza. Así la madera se descompone en tablas, láminas, listones, fibras, etc. y luego se

recompone para realizar laminados compuestos con resinas. Ésta es la lógica moderna de algunas industrias forestales, sobre todo, las que se dedican a la producción y construcción de estructuras, donde se requieren materiales con características mecánicas con precisión, invariabilidad en la prestación, durabilidad y certificación, para que el mismo resulte calculable (CTE, 2003).

## **2.7. Características de las trozas para el laminado**

No es fácil encontrar troncos aptos para la elaboración de chapas de madera. No se comercializan más que 600 especies a pesar de que el bosque ofrece 40 000 especies de madera diferentes. El 30 por ciento de la tierra está cubierto de bosques, de los cuales aproximadamente 27 millones de kilómetros cuadrados son bosques cerrados. Sólo 28 especies cubren el 75 por ciento de la demanda de madera industrial, y nada más que una fracción de estas maderas es adecuada para la elaboración de chapas (DANZER, 2001).

Tuset y Durand (1979), citados por OCHOA (2002), indican que la calidad de la madera rolliza está asociada fundamentalmente a la presencia o ausencia de defectos, los cuales, se definen como imperfecciones o irregularidades que afectan las propiedades físicas, mecánicas o químicas de la madera, limitando sus posibles usos, tal como sucede con la presencia de grietas o rajaduras que perjudican el normal aprovechamiento de la madera al reducir sus propiedades de resistencia mecánica.

Además de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, también deben ser consideradas las características del árbol y la troza; así Lutz (1978), citado por OCHOA (2002), indica las siguientes características de interés en las trozas para el laminado: diámetro y forma de la troza, ahusamiento, excentricidad y curvatura, madera anormal, rajaduras en los extremos de las trozas debido a las fuerzas del crecimiento. Asimismo, ROMERO (1990), menciona que para efectuar un estudio de factibilidad técnico económico, se debe tomar en cuenta la calidad y clasificación de las trozas.

Cuando se trata de calidad del producto no debe limitarse esfuerzos, pues, se debe clasificar y seleccionar cuidadosamente las mejores maderas del mundo, desplazándose en la medida de lo posible allá donde ellas se encuentren; porque sólo cuando se parte de materias primas de primera es posible elaborar productos en los que podrá descubrir toda la belleza que la Naturaleza ha ido sedimentando a través del tiempo, y transformadas mediante un complejo proceso de fabricación, en chapas de alta calidad listas para su inmediata utilización. Posteriormente, dependiendo de la especie con la que se trabaje y de la apariencia final que se pretenda conseguir, se debe aplicar la técnica de corte más adecuada (TIMBERCOM, 2002).

## **2.8. Características anatómicas de la madera para el laminado**

Las características de las especies forestales empleadas en la producción de chapas son variables, siendo imposible precisar un conjunto de propiedades que se adopten aproximadamente a todas las especies, sin

embargo, cuando una especie es interesante, es fácil identificar algunos defectos bajo la forma de trozas, y posteriormente, descubrir otros durante el desbastado (aserrío previo al laminado), y recién a partir de allí determinar una operación óptima para el laminado (Ríos, 1983, citado por OCHOA, 2002).

Asimismo, Ríos (1983), citado por OCHOA (2002), menciona que es importante considerar que ésta industria en comparación con otras, si bien requiere la mejor información geométrica de la troza, desde el punto de vista de rendimiento cuantitativo no es esencial, existiendo otras características que definitivamente califican la aptitud de una especie a la producción de láminas que son: color, veteado, lustre y nudos.

### **2.8.1. Color**

Es una de las características básicas que se debe considerar en la producción de láminas, así se tiene que las preferencias de los consumidores se orientan a aquellas especies que marcan cierto contraste de color, no tolerando sin embargo, las diferencias que existen entre albura y duramen.

### **2.8.2. Veteado**

Es el resultado de los contrastes existentes entre los anillos de crecimiento de densidad diferente, de la disposición de los vasos, los radios de la textura y la orientación de las fibras, así como de la distribución del parénquima, produciendo diferentes aspectos según la orientación que se da



durante el laminado; sin embargo, en ciertas especies la orientación del grano es el elemento básico que determina la veta.

### **2.8.3. Lustre**

Es la variación del reflejo que produce la superficie de las fibras según el ángulo visual, esto es muy importante, pues permite obtener de la madera la sensación de profundidad y la variación de tonalidad según el ángulo del cual se observa, produciendo lo que se llama la “vida de la madera”.

### **2.8.4. Nudos**

Un nudo es la parte correspondiente a una rama que ha sido englobada progresivamente al tronco durante su crecimiento en diámetro. Hasta hace unos años atrás constituía en la producción de chapas, un defecto que menospreciaba la calidad, sin embargo, la moda y los gustos cambian y evolucionan, constituyendo hoy en día un complemento en el efecto decorativo, siempre y cuando éste sea adherente a la madera circundante y tenga continuidad orgánica con el resto de la madera.

La madera con nudos es más difícil de trabajar, empleando cualquier tipo de herramienta. Si se utilizan máquinas, éstas desprenden las fibras próximas a los nudos y forman asperezas sobre la superficie de las láminas obtenidas (MIGUEL, 1988).

## **2.9. Propiedades físicas de la madera apta para el laminado**

### **2.9.1. Densidad**

Tiene influencia durante el laminado de la madera. Lutz (1974), citado por OCHOA (2002), indica que a pesar de un manejo apropiado de las condiciones del proceso de laminado, es más difícil cortar madera en los dos extremos del rango de los valores de densidad. De maderas muy livianas se obtienen láminas con una superficie fibrosa; por el contrario, maderas pesadas tienden a desarrollar grietas profundas en la chapa a medida que pasan a través de las cuchillas; por lo general, las especies con densidad media entre 0,40 y 0,60 gr/cm<sup>3</sup>, se cortan mejor durante el proceso de laminado.

#### **2.9.1.1. Efecto de la densidad de la madera en el tiempo de acondicionamiento.**

La densidad de la madera es uno de los factores determinantes del tiempo de calentamiento para su acondicionamiento y posterior rebanado o desenrollado. Feihl (1971) y Feihl y Godin (1975), citados por ZAVALA y LARA (1998), indican que se requiere más tiempo para calentar una troza de alta densidad que una de baja densidad, estableciendo que la madera de diferentes especies con densidad anhidra similar, pero con densidad verde diferente, las de mayor densidad verde requieren de mayores tiempos de calentamiento. Con base en sus experimentos encontraron que las trozas de alta densidad requieren 25% más tiempo de calentamiento que las de densidad media, en tanto que las de densidad baja requieren un 25% de menos tiempo de calentamiento, con relación a las de densidad media (ZAVALA y LARA, 1998).

ALCÁNTARA y BRAVO (1983), mencionan que existen métodos matemáticos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera. La siguiente tabla clasifica a la madera según su densidad básica:

Tabla 1. Clasificación de la madera según su densidad básica (DB)

Nº de grupo	Rango (gr/cm <sup>3</sup> )	Clasificación
1	Menos de 0,30	Muy baja (MB)
2	de 0,31 a 0,40	Baja (B)
3	de 0,41 a 0,60	Media (M)
4	de 0,61 a 0,80	Alta (A)
5	más de 0,81	Muy Alta (MA)

Fuente: ALCÁNTARA y BRAVO (1983).

Fleischer (1959), citado por ZAVALA y LARA (1998), establece que la velocidad de calentamiento varía inversamente con el peso específico y que la diferencia de especies, indistinta del peso específico, es insignificante. Adicionalmente, presenta gráficas para determinar la temperatura de corte en función de la densidad de la madera y establece la relación entre estos dos factores con base en la difusibilidad térmica que cambia con la densidad.

Zavala (1991), citado por ZAVALA y LARA (1998), presenta los tiempos de calentamiento de especies con diferentes densidades utilizados en las industrias de madera contrachapada de la zona metropolitana de la Ciudad de México, los cuales no tienen relación aparente con las densidades de las especies. También señala que esta discrepancia, se debe al desconocimiento

de los industriales acerca de los procesos óptimos de calentamiento, acordes con las características de las maderas y con la calidad de las chapas.

### **2.9.2. Contenido de humedad**

Feihl (1971), citado por OCHOA (2002), menciona que una troza debe estar en condición verde para un buen laminado, pues en trozas secas se originan rajaduras centrales produciendo láminas ásperas divididas en los extremos. El contenido de humedad es importante en el secado de las láminas.

French (1977) y Lutz (1974), citados por OCHOA (2002), indican que un corte pobre resulta si el contenido de humedad en la madera está por debajo del punto de saturación de las fibras, y si las cavidades celulares están llenas de agua, debiéndose cortar la madera antes que el contenido de la troza esté por debajo del punto de saturación.

ROMERO (1990), indica que el contenido de humedad es muy desigual en las diversas partes de una troza: es mayor en la albura y anillos periféricos y cada vez menor en los anillos internos.

### **2.9.3. Permeabilidad**

Es importante en el laminado, secado y encolado de chapas. Maderas permeables son más fáciles de cortar pues el agua se expulsa con facilidad. El contrachapado con láminas permeables por naturaleza, son menos sujetas al englobamiento durante el prensado, que el contrachapado hecho de

maderas menos permeables. Por el contrario, láminas extremadamente permeables pueden requerir más cola o cambios en las técnicas de encolado para obtener buenos resultados (Lutz, 1974, citado por OCHOA, 2002).

#### **2.9.4. Contracción**

Un pequeño grado de contracción es deseable en maderas para laminado; una contracción alta es indeseable, por sus efectos negativos en esta industria, pues causan rajaduras en las láminas cuando están en uso, además, causa torceduras a menos que estos se encuentren perfectamente balanceados. Entre la contracción tangencial, radial y volumétrica, la tangencial es un excelente indicador de su desempeño en el secado, e indica la contracción del espesor de las láminas (Lutz, 1974, citado por OCHOA, 2002).

Scott (1961) y Lutz (1978), citados por OCHOA (2002), indican que contracción es la disminución de las medidas en los planos de la madera; y la contracción tangencial es paralela a los anillos de crecimiento, y es dos veces mayor a la contracción radial, que es perpendicular a los radios. Asimismo, la contracción longitudinal es en dirección al eje del árbol, y es muy pequeña, (de 0,1 a 0,2% de la longitud total). No obstante, las maderas más pesadas se contraen en sentido tangencial, y las livianas lo hacen en sentido radial.

#### **2.9.5. Textura**

Lutz (1974), citado por OCHOA (2002), indica que la textura tiene relativa importancia en el cortado y secado de chapas, pero, puede ser

importante en el acabado; Sin embargo, especies con una textura homogénea se desarrollan más suavemente que otras, y esto es cierto en trozas cuya médula es excéntrica (Feihl, 1971, citado por OCHOA, 2002).

#### **2.9.6. Grano**

El grano recto es deseable para un proceso fácil de laminado y también para la mayoría de los usos finales; las trozas de grano recto son asimismo más fáciles de cortar que las maderas de grano irregular, y la lámina es más probable que permanezca plana (Lutz, 1974, citado por OCHOA, 2002).

### **2.10. Propiedades mecánicas de la madera apta para laminado**

#### **2.10.1. La compresión paralela al grano**

Es importante cuando el contrachapado es usado como revestimiento sometido a esfuerzo.

#### **2.10.2. La compresión perpendicular al grano**

Es una propiedad importante cuando está presente una carga, como en el caso de una congeladora sobre un contrachapado de falso piso. Sin embargo, ROMERO (1990), indica que una sobre fatiga insistente de compresión originada por vientos intensos, peso de la nieve acumulados en las ramas, y el peso propio cuando el árbol crece inclinado, produce un exceso de tejido fibroso y una deficiencia de vasos, al contrario que la madera en tensión.

Asimismo, ALCÁNTARA y BRAVO (1983), mencionan que la madera apta para la producción de chapas, debe reunir los siguientes requisitos: buena resistencia mecánica, facilidad para el encolado, buen comportamiento al secado, relación T/R menos de 2,0, debe proceder de árboles con diámetro adecuado con alta producción de maderas limpias, buen veteado, medio o pronunciado y ausencia de sílice.

### **2.10.3. Viscoelasticidad**

Es una propiedad de la madera como material viscoso pero, al mismo tiempo presenta determinadas propiedades elásticas, como la capacidad para almacenar energía de deformación, y en el que la aplicación de tensión produce la elevación de una deformación que lo aproxima lentamente a su valor de equilibrio (MALGORN, 2007).

Los elementos estructurales de madera sometidos a cargas permanentes sufren deformaciones, lo que indica un carácter viscoso del material. Para asegurar la fiabilidad de la estructura, se deben ejecutar evaluaciones previas, originadas por el resultado elástico y del comportamiento diferido de la madera, con la finalidad de demostrar el carácter viscoelástico del mismo, manifestado por la diferencia en los valores del Módulo de Elasticidad estático y dinámico de la madera (SOTOMAYOR y VILLASEÑOR, 2006).

### **2.11. Precalentamiento de las trozas**

El secreto de la continuidad en la alta calidad de las chapas de madera, consiste en la vaporización o cocción, de los troncos. Casi todas las especies de madera se introducen en el cocedero antes de ser laminadas. De este modo se facilita la transformación ya que la madera se suaviza y permite cortes exactos y limpios. Este procedimiento, además, determina la coloración de la chapa ya que influye positivamente en los matices de la misma. Según la especie de madera, el tiempo de vaporización puede durar desde pocas horas hasta más de 100 horas e incluso ligeras variaciones en la temperatura o la modificación del tiempo de vaporización puede dar lugar a una alteración del color no deseada de la chapa (DANZER, 2001).

En el coeficiente de aprovechamiento y en la calidad de la chapa, influyen las características de las trozas, los sistemas de calentamiento que a veces no son los más apropiados de acuerdo a las características de las especies, ni a los diámetros de las trozas (Devlieger, 1991, citado por ZAVALA y HERNÁNDEZ, 2002). La ineficiencia de los sistemas de calentamiento de trozas, genera chapas que se degradan en las diferentes fases productivas del triplay, reduciendo la calidad original de la chapa y aumentando los desperdicios ocasionados por el manejo de chapa más rígida o menos plástica, y antes del secado (Baldwin, 1995; Zavala y Trujillo, 1993; Zavala y Lara, 1998, citados por ZAVALA y HERNÁNDEZ, 2002).



### **2.11.1. Proceso de acondicionamiento de la madera**

En el proceso de corte de las trozas influyen varios factores determinantes de la calidad de la chapa, destacando la temperatura y el contenido de humedad de la madera al momento del torneado o rebanado. La temperatura de corte de la madera se logra sometiéndola a un proceso de calentamiento, cuya eficiencia depende del medio termoconductor empleado y de las características de las especies procesadas, destacando el diámetro de las trozas, la densidad y el contenido de humedad de la madera (Lutz *et al.*, 1967; Lutz y Patzer, 1976; Walter 1974, citados por ZAVALA y LARA, 1998).

### **2.11.2. Efecto del diámetro de las trozas en el tiempo de acondicionamiento**

Durante el calentamiento de la madera por inmersión en agua, las temperaturas y los tiempos varían en función de las dimensiones de las trozas. Feihl (1971), citado por ZAVALA y LARA (1998), indica que el tiempo de calentamiento aumenta aproximadamente con el cuadrado del diámetro y establece que si una troza de diámetro  $D_1$  requiere  $T_1$  horas para calentarse, el tiempo de calentamiento  $T_2$  de una troza de diámetro  $D_2$  será de  $T_1 \times (D_2/D_1)^2$ . Además, Feihl y Godin (1975), citados por ZAVALA y LARA (1998), establecen que el tiempo de calentamiento aumenta 4 veces cuando el diámetro de las trozas se duplica ( $2 \times 2 = 4$ ) y nueve veces cuando el diámetro se triplica ( $3 \times 3 = 9$ ) y así sucesivamente; si una troza de 30 cm requiere 10 h; una de 46 cm requiere 22.5 h; una de 60 cm requiere de 40 h; una de 76 cm

requiere de 62 h, etc. Debido a esta diferencia en los tiempos de calentamiento, sugieren que las trozas se segreguen en grupos en función del diámetro.

En general, Baldwin (1995) y Moreno y Devlieger (1991), citados por ZAVALA y LARA (1998), establecen una relación directa de diámetros de las trozas con los tiempos de calentamiento, basados en experimentos con diferentes especies, sin llegar a establecer una regla tan específica como en los dos casos anteriores.

Se recurre a un calentamiento de trozas previo al debobinado, si el propósito es obtener un ablandamiento y un aumento de la flexibilidad de la madera, lo que permite disminuir la intensidad de las grietas de debobinado por clivaje y una elaboración de chapas con superficies idóneas. El debobinado es satisfactorio con este tratamiento en trozas con contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras (Lutz, 1974, citado por DEVLIEGER, 1991).

Los nudos se ablandan en las mismas condiciones que la madera circundante a ellos; la transmisión de calor es dos veces más rápida en el sentido longitudinal de las fibras que transversalmente (Kollmann, 1959, citado por DEVLIEGER, 1991). En el debobinado de trozas que no han sido sometidas a calentamiento, el nudo por ser extremadamente duro puede, dañar el cuchillo, causando melladuras en la arista, las cuales, dejan marcas en forma de líneas perpendiculares a las fibras sobre la superficie de la chapa o lámina.

Feihl (1972), citado por DEVLIEGER (1991), indica que el tiempo de calentamiento debe ser suficientemente largo para calentar la madera hasta el rollizo residual (polín), la cual, depende de la densidad verde de la especie y del diámetro del rollizo. La influencia de este factor es predominante, determina que el tiempo de calentamiento aumenta como el cuadrado del diámetro.

Tabla 2. Temperatura y tiempo de cocción para trozas con densidad de 0,5

Diámetro (cm)	Temperatura de la poza (°C)	Temperatura final del polín (°C)	Tiempo (hrs)
35	65	60	13
60	43	38	34
60	65	60	36
60	88	83	36

Fuente: Feihl (1972), citado por DEVLIEGER (1991)

Tabla 3. Rango de temperaturas de calentamiento en función a la densidad de la madera

Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Rango de temperaturas (°C)		
	Mínimo	Máximo	Promedio
0,30	--	12,7	4,4
0,35	12,7	29,4	21,0
0,40	29,4	46,1	37,8
0,45	46,1	62,7	54,4
0,50	60,0	73,9	65,6
0,55	71,7	85,0	76,7
0,60	82,2	96,1	87,8
0,65	90,6	--	98,9

Fuente: French (1977), citado por OCHOA (2002)

Tabla 4. Temperatura de ablandamiento para siete maderas tropicales peruanas

Nombre común	Nombre científico	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Temp. (°C)
Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> Macbr	0,63	85
Mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i> R. Et P.	0,57	85
Requia	<i>Guarea kunthiana</i> A. juss	0,52	80
Shimbillo	<i>Inga marginata</i> Willd	0,60	90
Tamamuri	<i>Brosimun lactescens</i> Berg	0,61	85
Manchinga	<i>Brosimun alicastrum</i> Sw.	0,60	80
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i> Nich	0,87	98

Fuente: JULCA (1986)

### 2.11.3. Ventajas del calentamiento

El proceso de ablandamiento o calentamiento de la madera previamente a su corte para la producción de chapa, se considera necesario para especies duras o de alta densidad, de grano irregular o con veteado pronunciado, en maderas resinosas donde puede interferir la resina con otras fases de preparación de la chapa y producción del tablero y cuando se desea producir chapa con espesores mayores de 3,2 mm (1/8 pulgada), que de no estar calentada se generarían grietas pronunciadas y pérdidas excesivas de material (Fleischer, 1959; Lutz, 1974, citados por ZAVALA y LARA, 1998).

### 2.11.4. Temperatura de la madera durante el corte de las chapas

La temperatura de la madera al momento del corte determina la calidad de la chapa respecto a su tersura, rajaduras, grietas y vellosidades,

además de la facilidad o dificultad del corte. Estos factores reflejan la importancia de precisar el rango óptimo de temperaturas de la madera previamente a su procesamiento. Se considera en general que las maderas suaves (peso específico menor de  $0,40 \text{ g/cm}^3$ ), no requieren de calentamiento para obtener chapa de buena calidad (Feihl y Godin, 1975; Lutz, 1978, citados por ZAVALA y LARA, 1998).

Maclean (1954), citado por DEVLIEGER (1991), indica que un exceso de temperatura conduce a un desfibrado superficial de la madera en el transcurso del debobinado por efecto del roce de la barra de presión, produciendo chapas con pelusa. Períodos excesivos de calentamiento provocan la aparición de grietas en las extremidades del rollizo y acebolladuras entre madera temprana y tardía, disminuyen la durabilidad y el módulo de rotura en la madera en un 10%, y aumentan generalmente el coeficiente de contracción de la chapa (Lutz, 1974, citado por DEVLIEGER, 1991).

La temperatura óptima de laminado de cada especie, depende de la densidad de la madera. Así, las blandas (densidad 0,35) y sin nudos no requieren de cocción para ser debobinadas en espesor inferior a 3 mm; en los otros casos es necesario determinar por experimentación el grado de temperatura adecuada, tomando en cuenta las características de la madera, la calidad de la chapa obtenida y los objetivos de producción (Lutz, 1974, citado por DEVLIEGER, 1991).

MIGUEL (1988), menciona que la temperatura de calentamiento guarda relación directa con la densidad de la madera. Además, el tiempo de calentamiento depende de las dimensiones de los bloques, de la tasa de difusividad de la madera y del medio de calentamiento (agua y vapor).

## **2.12. Grado de aprovechamiento o rendimiento**

La industria del laminado requiere de trozas cuyos aspectos físicos, forma y estado fitosanitario hayan sido controlados. Estas exigencias se justifican tanto para mantener una productividad alta en el proceso como para obtener un grado de aprovechamiento óptimo de la materia prima, el que alcanza generalmente un 43% en la industria de contrachapado (Hochard, 1970, citado por DEVLIEGER, 1991).

Además, agrega que bajo estas condiciones, la mayor pérdida al producir láminas debobinadas ocurre en el cilindro residual (polín) y en el redondeo. Si con las técnicas actuales se ahorran materia prima al debobinar hasta un rollizo residual reducido, en general, el volumen de pérdida al estado verde se minimiza a medida que el diámetro debobinable de la troza aumenta.

Asimismo, DANZER (2001), indica que el mercado ofrece madera en diversas presentaciones, dentro de las cuales, las láminas tienen una participación importante. En estas se ha tomado el recurso natural para procesarlo con el fin de aprovecharlo al máximo y reconstituirlo para obtener

productos de características propias a nivel estructural, que conserven la estética de la madera como vetas, color y textura.

De acuerdo con Anafata (1981), citado por ZAVALA y HERNÁNDEZ (2002), en la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de chapas se requiere en promedio 2,5 m<sup>3</sup> de madera en rollo, lo que significa que la industria triplayera aprovecha el 40%, y el 60% restante se considera desperdicio o subproducto. Este porcentaje de aprovechamiento se puede aumentar mediante el análisis de cada fase del proceso de elaboración de los tableros, tendiente a detectar y corregir las fallas del proceso y con el establecimiento de programas de control de la producción para minimizar la pérdida de chapa (Baldwin, 1995; Moreno y Espejel 1983, citados por ZAVALA y HERNÁNDEZ, 2002).

Algunos de los factores que influyen en el aprovechamiento de la madera para la producción de triplay, se relacionan directamente con los periodos y sistemas de almacenamiento de las trozas que pueden afectar su calidad; Sellers (1985) y Shmulsky (2002), citados por ZAVALA y HERNÁNDEZ (2002), determinaron que aún cuando el almacenamiento sea en estanques, si es por periodos prolongados, mayores de seis meses, la calidad de la chapa se reduce significativamente por el desarrollo de superficies ásperas, por la variación en espesor y en contenido de humedad de chapas secas, por grietas y por reducción de la activación de la superficie.

En la producción de chapas, influyen las características de las especies, los diámetros y la calidad de trozas, como lo establece Woodfin (1978), citados por ZAVALA y HERNÁNDEZ (2002), cuando evaluó 2802 trozas, determinando una pérdida de chapas en abeto Douglas de 5,53% por redondeo, 6,11% de chapa rechazada, 21,79% de pérdida en la guillotina, un 9,35% en el polín, de 1,99% de chapa de recorte y un aprovechamiento de chapa seca en bruto de 52,02% (ZAVALA y HERNÁNDEZ, 2002).

En el aprovechamiento de 698 trozas de pino ponderosa se determinó una pérdida de 11,29% por redondeo, 0,76% de chapa rechazada, 16,80% de pérdida en la guillotina, un 22,88% por el bolo o rollito, de 0,67% de chapa de recorte y un aprovechamiento de chapa seca en bruto de 44,98%; en este caso, el bajo aprovechamiento se debió al reducido diámetro de las trozas que no rebasaron las 20 pulgadas (ZAVALA y HERNÁNDEZ, 2002).

Estos resultados son posibles si se cumplen las condiciones óptimas de debobinado: ajuste preciso de máquinas, mantención y afilado de herramientas de corte, utilización de un sistema óptimo para centrar las trozas, topes de arrastre ajustable en diámetros y sistema anti pandeo para debobinar trozas hasta un rollizo residual de diámetro reducido (DEVLIEGER, 1991).

Lutz (1974), citado por OCHOA (2002), indica que el rendimiento y calidad de las chapas decorativas son afectados por la calidad de la troza, el cuidado que se da a ésta, al bloque de laminado durante su almacenamiento,



por el calentamiento de la madera antes del corte y por las condiciones mecánicas de instalación y operación de la laminadora. Además, OCHOA (2002), menciona que la materia prima influye en los rendimientos y afecta a los costos de producción; asimismo, agrega que en un programa de control de calidad, es fundamental el conocimiento de las características de la materia prima referidas a especies, dimensiones y a la calidad propiamente dicha.

ADAMS y OK MA (2002), indican que el desarrollo de las industrias de tableros de madera dependerá en gran medida de la oferta de madera en troza. La industria de contrachapados es más productiva cuando utiliza trozas cilíndricas de buen diámetro; dependiendo de madera en troza nacional de gran tamaño y de trozas de madera tropical del sudeste asiático, las islas del Pacífico y África.

El tipo de corte que se utiliza en el laminado influye en el rendimiento de la madera rolliza en la producción de chapas decorativas, tal es así que, se obtiene mayor rendimiento de trozas que son desbastadas de forma ortogonal o de bloque único (ROMERO, 1990).

TIMBERCOM (2002), dice que una industria que depende de la madera, debe compartir la preocupación actual por el medio ambiente. Por eso, se debe trabajar con chapas de madera de hojas muy delgadas, producidas con avanzadas técnicas de corte. Esto permite obtener el máximo rendimiento

de un tronco, preservando así uno de los más valiosos recursos naturales de los que se ha servido el hombre desde el inicio de los tiempos: la madera.

## **2.13. Características generales y descripción de las especies usadas**

### **2.13.1. Especie. *Cunuria spruceana* Baillon (Higuerilla). Según el INIA**

(1995), se obtuvo la siguiente información:

Familia. Euphorbiaceae.

Nombres comunes. Higuerilla, Higuerilla negra, Shiringomasha, Carapacho (Perú). Yetcha, Reventillo (Colombia). Cunuri (Venezuela).

Nombre comercial internacional. Higuerilla

Distribución Geográfica. La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario, se encuentra en los departamentos de Loreto, Huánuco, Pasco y Ucayali, entre 0 y 500 msnm. La especie existe en cantidades considerables en la Amazonía del Perú.

Árbol. Alcanza 35 m de altura y 100 cm de diámetro; tronco circular; aletones poco desarrollados. La corteza superficial del tronco es de color rojo negrusco; cuando se raspa con un machete, la superficie se toma blanquecina; la corteza muerta se desprende en pedazos alargados de unos 3 mm de espesor, los cuales son más amplios al aumentar el diámetro del árbol. Corteza viva compuesta de dos capas, una externa compacta, con sectores blanquecinos sobre fondo pardo y otra interna laminar, de color pardo

blanquecino, de unos 3 mm de espesor. Al corte con el machete, exuda látex blanco, abundante y ligeramente amargo.

Características físicas de la madera. Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco rosáceo y las capas internas (duramen) de color rojo y de forma regular, observándose entre ambas capas un gran contraste de color. En la madera seca al aire la albura se toma de color rosado HUE 7/4 5YR y el duramen marrón rojizo HUE 5/4 5YR. (Munsell Soil Color Charts). Olor: No distintivo. Lustre o brillo: Opaco a medio. Grano: Recto. Textura: Gruesa. Veteado: Bandas paralelas de color oscuro, líneas verticales.

Características tecnológicas. La Higuerilla es una madera de densidad básica baja, que presenta contracciones lineales bajas y contracción volumétrica moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media.

Propiedades Físicas. Densidad básica 0,40 g/cm<sup>3</sup>. Contracción tangencial 6,75%. Contracción radial 3,43%. Contracción volumétrica 8,92%. Relación T/R 2,20.

Propiedades Mecánicas. Módulo de elasticidad en flexión 94 000 kg/cm<sup>2</sup>. Módulo de rotura en flexión 403 kg/cm<sup>2</sup>. Compresión paralela (RM) 209 kg/cm<sup>2</sup>. Compresión perpendicular (ELP) 31 kg/cm<sup>2</sup>. Corte paralelo a las fibras

47 kg/cm<sup>2</sup>. Dureza en los lados 136 kg/cm<sup>2</sup>. Tenacidad (resistencia al choque) 3,50 kg - m.

Recomendaciones técnicas. La madera es moderadamente difícil de aserrar por el contenido de látex y es relativamente de fácil trabajabilidad. Se comporta bien al secado natural y se realiza durante 23 días por el método de apilado en caballete, en el secado artificial se recomienda la utilización de un programa severo. Tiene baja durabilidad natural pues es susceptible a ataques biológicos, se recomienda tratamientos preventivos de la troza inmediatamente después de su extracción; se preserva fácilmente con métodos vacío-presión y baño caliente y frío presentando buena impregnabilidad.

Utilidad. La madera aserrada se usa para construcción de interiores, estructuras, carpintería de obra, chapas, paneles decorativos, machihembrados, muebles, cajonería liviana, tiene un elevado uso potencial.

**2.13.2. Especie.** *Cedrela sp.* (Cedro huasca). El Ministerio de Agricultura – MINAG (1995), menciona las siguientes características:

Familia. Meliaceae.

Nombres comunes. Cedro de Castilla, Puxni (Tepehua); Santabiri; Sedre (Surinam).

Datos ambientales. Clima: Tropical, con elevada intensidad solar, temperatura media anual de 22 a 27°C, precipitación pluvial entre 1200 a 3300

mm/año. Suelo: Crece vigorosamente en suelos extremadamente ácidos (pH menor de 4,5), franco arcillosos. También se desarrolla en suelos de textura franco arcillo - limosa y con pH moderadamente ácido y alcalinos.

Biotopo de poblaciones naturales. Habita en tierras altas de la selva (montañas, colinas y terrazas altas rocosas de origen sedimentario).

Componentes químicos. Contiene resinas, gomas (arabina), aceite etéreo, triterpenos (meliacina, mexicanólido), taninos. El género *Cedrela* presenta triterpenoides y limonoides.

Distribución geográfica. Se encuentra en América tropical. En el Perú está diseminada en las zonas de ceja de selva y selva alta de los departamentos de Ucayali, Huánuco, Junín, San Martín.

Descripción botánica. Árbol de tronco recto que alcanza una altura de 40 m, copa grande globosa, alargada, corteza gruesa, áspera y acanalada, con surcos profundos, de color gris. Hojas alternas paripinnadas con 5 a 11 pares de folíolos asimétricos, ovados. Inflorescencia terminal en panícula de 15 a 40 cm de largo. Flores pequeñas, de 5 a 6 mm de longitud, hermafroditas, blanquecinas, cáliz 5 denticulado, pétalos puberulentos. Fruto cápsula leñosa pentavalvar, oblonga de 5 a 6 cm de largo, redondeada en ambos extremos, con eje central de 5 ángulos, ápice ancho donde se insertan unas 15 semillas comprimidas y aladas en la base, con endosperma delgado.

## **2.14. Chapa de madera**

### **2.14.1. Antecedentes**

La historia nos enseña que los antiguos egipcios fueron los primeros en serrar hojas delgadas de los troncos de la madera para garantizar el mejor uso de este material. En Egipto, un país que aparte de su vena vital, el Nilo, es un paisaje desértico, la madera era rara y escasa y era apreciada del mismo modo que las piedras preciosas utilizadas para la decoración de muebles. Como consecuencia, las chapas no provinieron de lugares en los que el paisaje se caracterizaba por bosques exuberantes, sino de lugares en los que la madera era rara y escasa siendo conscientes de que era necesario lograr un aprovechamiento óptimo de la misma (DANZER, 2001).

No obstante, fue a principios del siglo XIX cuando se logró mecanizar los métodos de trabajo de la producción de chapas de madera. En 1806, Marc Isambard Brunel recibió la patente británica para una cortadora de chapas de madera manual. Henry Faveryear, también de nacionalidad inglesa, inventó la desenrolladora de chapas de madera en 1818. En 1843 se fundó la primera fábrica de chapas de madera en Alemania, en aquel entonces equipada con sierras para chapas de madera (DANZER, 2001).

Sin embargo, la fabricación de chapas de madera continuó siendo un trabajo artesanal. El conocimiento técnico y la experiencia desempeñan el papel decisivo en este oficio. Estos requisitos van desde el reconocimiento y la clasificación de la calidad de las trozas, pasando por la toma de decisiones en

pro de una de las diversas posibilidades de transformación que logra la más bella textura en las láminas, hasta la acertada clasificación de las chapas de madera elaboradas para que éstas puedan ser preparadas para el uso más adecuado y experimenten la mayor revalorización a través de la transformación creativa (DANZER, 2001).

A la hora de convertir trozas en chapas de madera, no podemos prescindir de lo más importante: el ser humano. Una máquina jamás podrá sustituir su experiencia, sus conocimientos especializados y su amor por la madera. La chapa de madera es pura naturaleza, es individual y es única. Cada elaboración de chapas se inicia con la selección de la madera apropiada en la compra de los troncos. Según el tipo de madera y sus características externas, el experto elige el procedimiento para preparar, aserrar y transformar el tronco. Estas decisiones determinan la calidad de las chapas y de ellas dependerán tanto la belleza del aspecto exterior como el aprovechamiento optimizado de la valiosa materia prima que es la madera (DANZER, 2001).

La fabricación de chapas saca a la luz las características de crecimiento naturales de la madera, convirtiéndola en un material de múltiples aplicaciones. Además, No todo árbol se deja transformar en chapa de madera. Por tal razón, estando ya en el mismo bosque o durante la compra de los troncos se adoptan decisiones esenciales. La forma y el modo de la transformación ulterior dependen del tipo de árbol y del crecimiento individual.

El resultado ideal es un elegante aspecto de la chapa de madera con un óptimo aprovechamiento de la madera como materia prima (SCHON y GROH, 1996).

#### **2.14.2. Definiciones**

OCHOA (2002), define a la chapa de madera como una delgada hoja o lámina, que es obtenida por cualquiera de los métodos de laminado empleados en la industria laminadora, además, indica que la División de Productos Forestales del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, define a las chapas de madera como una lámina delgada de espesor uniforme usualmente de hoja larga.

La Norma ITINTEC 251.044 (1979), define a las chapas de madera como láminas delgadas obtenidas de cualquier especie latifoliada y/o conífera. Las láminas de madera para chapas decorativas son obtenidas por rebanado o debobinado para fines estéticos, su espesor varía entre 3 y 9 mm.

Sin embargo, la Norma ITINTEC 251.038 (1984), indica que chapa es la lámina de madera obtenida por corte rotativo o por rebanado, cuyo espesor varía entre 0,13 mm a 6,35 mm.

Chapas decorativas. Son aquellas láminas de madera obtenidas por corte rebanado o debobinado para fines estéticos y cuyo espesor varía entre 3 mm y 9 mm (Norma ITINTEC 251.044, 1979).



Asimismo, DANZER (2001), indica que chapas decorativas son aquellas láminas en las cuales la apariencia de la chapa es más homogénea destacando la veta, tienen un color y tono más uniforme, su textura presenta pelo, una fibra encontrada, nudos sanos y otras características de la madera.

Además, la Norma ITINTEC 251.038 (1984), define las siguientes terminologías técnicas:

- Cara. Chapa exterior del tablero de madera. Un tablero puede tener dos caras.
- Trascara. Cuando en un tablero de madera las caras sean de distinta calidad, la de inferior calidad recibe el nombre de trascara.
- Alma. Es la parte central del tablero de madera.
- Cara abierta. Es la superficie de la chapa que ha estado en contacto directo con la arista de la cuchilla durante la operación de corte.
- Cara cerrada. Es la superficie de la chapa que ha estado en contacto directo con la superficie de la barra de presión durante el rebanado.
- Interior. Es cada una de las chapas comprendidas entre el alma y las caras. Esta definición se da a tableros formados por cinco chapas o más.

Por otro lado, la Norma UNE 56701 (1987), indica que chapa de madera es toda hoja de este material de espesor inferior a 5 mm, obtenido por procedimientos de desenrollado o rebanado. Asimismo, clasifica las chapas de acuerdo al método de producción, y a su aspecto después de su elaboración.

La principal característica de este tipo de lámina es su excelente estabilidad dimensional, previniendo las torceduras y rajaduras comunes que se presentan en la madera maciza; el cambio de dirección de la fibra en las chapas que la componen le adiciona al tablero resistencia a la flexión sin perder la belleza de la madera (DANZER, 2001).

#### **2.14.2.1. Clasificación según el método de producción**

a) Chapa debobinada o periférica. Es la chapa de madera cortada en un torno haciendo girar la troza contra una cuchilla (Norma ITINTEC 251.044, 1979), obtenida por desenrollo o debobinado tangencial de la troza, desde la periferia hacia el centro de la misma (DANZER, 2001).

Son aquellas que presentan características más acentuadas y comunes de la madera, definidas como defectos de la lámina, y los cuales son producto del proceso de desenrollo donde se pueden presentar y apreciar manchas de corazón, nudos sanos, nudos abiertos, rajas, fibra encontrada y desgarrada. Dichas características hacen que la lámina no sea recomendada para aplicaciones en áreas donde se aprecie su superficie (DANZER, 2001).

b) Chapas rebanadas. Son aquellas cortadas lámina por lámina de un cuartón y/o troza con una cuchilla (Norma ITINTEC 251.044, 1979).

- Chapa discontinua de desenrollo central. Lámina obtenida de un sector de la troza, partiendo esta en mitades o cuartones (bloques), que se

montan sobre brazos acoplados al eje de la desenrolladora. El desenrollo se hace desde el centro hacia la periferia (Norma UNE 56701, 1987).

- Chapa discontinua de desenrollo tangencial. Es aquella que se obtiene a partir de un sector de una troza, como se indica en la anterior, (Norma UNE 56701, 1987), pero, con la diferencia que el desenrollo se realiza desde la periferia hacia el centro.

- Chapa a la plana. La Norma UNE 56701 (1987), menciona que es aquella que se obtiene a partir de una semitroza mediante cortes sucesivos, paralelos a su cara plana.

- Chapa radial a la plana. La Norma UNE 56701 (1987), menciona que es aquella obtenida a partir de cuartones de trozas, mediante cortes planos y sucesivos, dados en dirección radial.

MIGUEL (1988), indica que la industria laminadora se caracteriza por elaborar un producto en forma de lámina o chapa, cuyo rendimiento y calidad está asociada a la calidad de la madera rolliza y a la tecnología empleada. Además, dice que existe una correlación altamente significativa al relacionar las variables diámetro de troza (cm) y producción de chapas ( $m^2$ ).

Asimismo, la Norma INTINTEC 251.045 (1979) menciona que, para clasificar las láminas destinadas a la producción de chapas para caras externas, se deben tomar en cuenta una serie de requerimientos y condiciones físicas que deben cumplir las mismas, que se encuentran detalladas en la

mencionada Norma. Por otro lado, la Norma INTINTEC 251.058 (1980), detalla los requisitos que deben cumplir las láminas para interiores o almas de madera.

#### **2.14.2.2. Aplicaciones de las chapas**

Las chapas de madera ofrecen diseños ilimitados en la forma y combinación con otros materiales como el vidrio, la tela, el acero, lacas u otras especies de madera. Se requiere una calificación técnica extraordinaria y el talento de poder crear artísticamente para sacar a relucir el diseño de muebles, paredes, puertas, suelos, techos de coches, yates y aviones (DANZER, 2001).

Los tableros contrachapados estructurales se fabrican con láminas continuas de madera de pino radiata obtenidas por sistemas de debobinado. Se conforman en capas impares y perpendiculares al sentido de sus fibras y se unen entre sí con Fenol - Formaldehído (CChC, 2005).

Existen contrachapados estructurales elaborados con chapas debobinadas de maderas nativas. Presentan caras sanas, lijadas, de buena calidad y color uniforme. «Sus superficies son aptas para ser pintadas o revestidas y se usan para tabiquería, muebles y elaboración de puertas», dice Valeska Wenderoth, jefe de Marketing de Infodema (CChC, 2005).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación política y geográfica de la zona**

##### **3.1.1. Ubicación del área de estudio**

El trabajo de investigación se desarrolló en la Planta Principal de la Empresa Plywood Supplies E.I.R.L., ubicada en la Carretera Federico Basadre km 165 – Pampa Yúrac, Aguaytía, Distrito y Provincia de Padre Abad, Región Ucayali (Anexo A del Apéndice 1), ubicada al lado oriental y central de nuestro País. Limita por el Norte con la Región Loreto, Sur y Oeste con la Región Huánuco y Este con la localidad de San Alejandro. Características físicas: Altitud: 365 msnm.; Coordenadas UTM: 442346 E, 8999204 N; Precipitación: 3030 mm/año; Temperatura: 25,05 °C; Humedad Relativa: 83%.

##### **3.1.2. Fisiografía y tipos de bosque**

La zona presenta unidades fisiográficas como: sistema de colinas bajas accidentadas, medias accidentadas con diferente grado de disección y pendiente y las terrazas de distintos niveles, asimismo, comprende Bosques húmedos de colinas bajas, medias y altas (INRENA, 2002).

## **3.2. Materiales, maquinaria, equipos y herramientas**

### **3.2.1. Materiales**

- 40 trozas de Higuierilla (20 de calidad "A" y 20 de calidad "B").
- 40 trozas de Cedro huasca (20 de calidad "A" y 20 de "B").
- Formatos para evaluación de trozas y láminas (Anexos A – K del Apéndice 3).
- Libretas de campo y tableros porta formatos, 5 m de rafia.
- Útiles de escritorio (lapiceros, reglas, hojas bond A4, tizas, etc.).

### **3.2.2. Maquinaria**

- Laminadora TAIHEI. Modelo VE-21-D8. Serie TA-720625.
- Torno debobinador. Modelo TAL-14-P-14. Serie 92-143.
- Afilador de cuchillas TANOUCHI. Mod.VG-W. Serie 9A66 220001.
- Motosierra STIHL 070.
- Guillotina CASATI (Perfiladora de chapas).
- Sierra de disco OMECO (Perfiladora de almas).
- Montacargas HYSTER. Serie F227A605811SH-28233.
- Tecele y ganchos sujetadores STOCKA.
- Compresora de aire MARUNAKA.

### **3.2.3. Equipos**

- Cámara fotográfica. Marca CANON N° serie 20504500.
- Wincha de 5 m / 16 ft. Marca STANLEY. Serie P5ME.
- Vernier o calibrador digital. Marca MITUTOYO. Serie BC008539.

- Micrómetro. Marca STARRETT. Serie N° 491.
- Cronómetro. Marca YANGKEY. Serie Y001967 – 00430K.

#### **3.2.4. Herramientas**

- Descortezador manual, barretas y machetes.
- Limas para afilar y escobillas de acero.
- Piedras de afilar para alisar o asentar filos de cuchillas.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Fase de pre campo**

##### **3.3.1.1. Recopilación de información**

Se analizó bibliografía con antecedentes, características, calidad y aptitud de trozas para el laminado, factores que influyen en el rendimiento, etc.

##### **3.3.1.2. Planeamiento del trabajo**

Se coordinó con la gerencia de la empresa y el personal técnico de planta, estableciéndose la forma y procedimiento de la ejecución de la investigación, a fin de no alterar ni obstaculizar el normal desarrollo del proceso productivo de la industria (Anexos A y B del Apéndice 4).

#### **3.3.2. Fase de campo**

##### **3.3.2.1. Selección de trozas para evaluación**

Progresivamente se seleccionó y eligió al azar, un grupo de 20 trozas por calidad y por especie en el patio de trozas de la planta, las mismas

que fueron marcadas y enumeradas correlativamente, considerando para ello: calidad de troza (20 de calidad A y 20 de calidad B) por especie, diámetro, largo (cubicación en pies tablares), estado fitosanitario, etc. (Anexo A del Apéndice 3).

Para evaluar la calidad de trozas (A y B), de Higuierilla y Cedro huasca, se consideró el criterio establecido por la empresa para la clasificación de trozas, cuyos requisitos y características que presentaron cada una de ellas para que sean consideradas como tal, se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Características físicas para clasificación de las trozas

Calidad	Forma	Dmtro. (cm)	Características físicas			Nudos, corteza incluida	Fitosanidad
			grietas	rajaduras	acebolladuras		
A	Cilíndrica concéntrica	$\geq$ 100	no	no	no	no	Sanas
B	Ovalada, triangular excéntrica	$> 60$ y $< 100$	parcial	parcial	parcial	parcial	Parcial, externa

Fuente: Plywood Supplies EIRL (2000)

### 3.3.2.2. Determinación de densidad y contenido de humedad de la madera por especie

Se determinó el contenido de humedad y la densidad básica de la madera evaluada, para lo cual, se obtuvo muestras de madera de las trozas en evaluación por especie, las que fueron llevadas al Laboratorio de Anatomía de



la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, donde se realizó dichas evaluaciones (Anexos A, B y C del Apéndice 7).

Para el primer caso se obtuvo muestras de láminas de 30 x 15 x 0,07 cm, 30 x 10 x 0,07 cm, las cuales, inicialmente fueron pesadas para obtener su peso húmedo, luego las mismas, en el mencionado laboratorio, fueron secadas artificialmente a una temperatura de 102°C, por espacio de 24 horas.

Para determinar la densidad básica, se obtuvieron probetas de 10 x 3 x 3 cm, tomando sus medidas radial, tangencial y longitudinal, luego fueron sumergidas en agua para hallar su volumen saturado con el método de desplazamiento de agua, luego las probetas fueron sometidas a secado artificial (102°C) por 48 horas (Anexo G de Apéndice 8), respectivamente. Para ambos casos se utilizaron las siguientes fórmulas:

Contenido de humedad (CH)

$$CH (\%) = \frac{PH - PSH}{PSH} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PH = Peso húmedo (gr)

PHS = Peso seco al horno (gr)

Densidad Básica (DB) en gr/cm<sup>3</sup>

$$DB = \frac{PSH}{VH} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

PSH = Peso seco al horno (gr)

PHS = Volumen húmedo (cm<sup>3</sup>)

### 3.3.2.3. Habilitación de madera para el laminado

Las trozas de Cedro huasca de 2,74 m. de largo fueron divididos longitudinalmente, obteniendo bloques de forma triangular y trapezoidal (Anexo A de Apéndice 2 y Anexo A de Apéndice 8). Las trozas de Higuierilla de 1,31 m de largo fueron cortadas transversalmente por la mitad (Anexo B de Apéndice 2 y Anexo A de Apéndice 8).

### 3.3.2.4. Descortezado (pelado) de las trozas y bloques

Luego del habilitado tanto las trozas de Higuierilla como los bloques de Cedro huasca fueron descortezados (Figura 30 de Anexo A, de Apéndice 8), quitando además de la corteza, piedras, barro, clavos, etc.

### 3.3.2.5. Ablandamiento de la madera

Las trozas de Higuierilla fueron colocadas en las “pozas de cocción” (Figura 31 de Anexo A, de Apéndice 8), para su ablandamiento, por un tiempo de 72 ó 96 horas (en función al diámetro), a una temperatura constante de 80°C. Los bloques de Cedro huasca fueron laminados sin ablandar (por

decisión y sistema de trabajo de la empresa), excepto si era destinada para la producción de centros, se ablandaron por 24 ó 48 horas y una temperatura de 80°C.

#### **3.3.2.6. Ajuste adecuado de los elementos de corte**

Se coordinó con el jefe de planta, para colocar y ajustar las cuchillas y barras de presión en forma adecuada, de acuerdo al requerimiento, necesidad del trabajo y estándares de medida establecidos por la empresa.

#### **3.3.2.7. Abastecimiento con materia prima habilitada**

El torno y la laminadora de chapas fueron abastecidos con las trozas de Higuierilla y con los bloques de Cedro huasca, (Figuras 32 y 33 de Anexo, del Apéndice 8), para el debobinado y laminado, respectivamente.

#### **3.3.2.8. Debobinado y laminado propiamente dicho**

Las trozas de Higuierilla fueron debobinadas en el torno mediante desenrollo tangencial por corte rotativo periférico (Figura 34 del Anexo B, del Apéndice 8), obteniendo láminas periféricas para centros con las siguientes dimensiones húmedas: Largo promedio: 1,22 m; Ancho variable; Espesor de 3,8 a 4,0 mm.

Mientras que el laminado de los bloques de Cedro huasca se realizó mediante corte central tangencial (Figura 35 y 36 del Anexo B, del Apéndice 8), obteniendo láminas o chapas discontinuas con las siguientes

dimensiones húmedas: Largo promedio 2,65 m; Ancho variable; Espesor de 0,70 a 0,80 mm.

### **3.3.2.9. Perfilado y pre evaluación de las muestras de chapas y centros obtenidos**

#### **a) Perfilado o guillotinado de láminas**

Las láminas obtenidas para centros fueron perfiladas con sierras de disco acondicionadas para tal fin, y seguidamente pasaron a la fase de pre secado al ambiente. Asimismo, las láminas para chapas, también pasaron por la fase de perfilado (Figuras 37 y 38 del Anexo C, del Apéndice 8).

#### **b) Secado de láminas**

Las chapas y centros fueron secadas artificialmente en hornos de secado con rodillos (Figuras del 39 al 42 del Anexo D, del Apéndice 8). Para las chapas la temperatura varió entre 75°C y 180°C por un tiempo de 2 minutos, y para los centros el rango de temperatura fue de 100°C a 200°C por un tiempo de 2 minutos.

#### **c) Pre evaluación de láminas obtenidas**

Se realizó una pre evaluación de las muestras de chapas y centros, haciendo un seguimiento minucioso del origen de las mismas obtenidas durante el proceso. (Figuras 34 y 36 del Anexo B del Apéndice 8). Además de evaluar la cantidad de las chapas y centros obtenidos, se evaluó la producción en m<sup>2</sup> obtenida por bloque y por cada troza.

#### d) Medidas húmedas y secas de muestras de láminas

Se tomaron 5 láminas por troza debobinada de Higuierilla, y 2 chapas de Cedro huasca por paquete obtenido (se obtuvo en promedio 43 paquetes de 24 chapas/paquete/troza), enumerados correlativamente, registrando el número de troza y bloque de procedencia, anotando además, medidas húmedas en sus tres dimensiones (Figuras 40 y 41 del Anexo D, del Apéndice 8).

#### e) Contracción de chapas y centros

Las muestras de chapas, fueron medidas antes y después del secado artificial, obteniendo así el espesor final del producto (Figura 42 del Anexo D, del Apéndice 8), controlando la temperatura y tiempo de secado. Igualmente se hizo con los centros, registrando antes y después del pre secado y luego, antes y después del secado artificial, controlando y verificando también la temperatura y tiempo de secado. Para este caso se usaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Contracción radial (CR)}$$

$$\text{CR (\%)} = \frac{\text{AH} - \text{ASH}}{\text{AH}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

AH = Medida del ancho húmedo o inicial (mm)

ASH = Medida del ancho seco al horno o final (mm)

### Contracción tangencial (CT)

$$CT (\%) = \frac{EH - ESH}{EH} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

EH = Medida del ancho húmedo o inicial (mm)

ESH = Medida del ancho seco al horno o final (mm)

### Contracción longitudinal (CL)

$$CL (\%) = \frac{LH - LSH}{LH} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

LH = Medida de la longitud húmeda o inicial (mm)

LSH = Longitud seca al horno o final (mm)

### Contracción superficial (CS)

$$CS (\%) = \frac{SH - SSH}{SH} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

SH = Medida de la superficie húmeda o inicial (m<sup>2</sup>)

SSH = Superficie seca al horno o final (m<sup>2</sup>)

Constracción volumétrica (CV)

$$CV (\%) = \frac{VH - VSH}{VH} \times 100 \quad (7)$$

Donde:

VH = Medida del volumen húmedo o inicial (m<sup>3</sup>)

VSH = Medida del volumen seco al horno o final (m<sup>3</sup>)

Relación de constracción tangencial – radial (T/R)

$$\text{Relación} = \frac{T}{R} \quad (8)$$

Donde:

T = Promedio de la constracción tangencial

R = Promedio de la constracción radial

Además, se usó referencialmente tablas para clasificación de la constracción volumétrica y de la relación de constracción tangencial - radial:

Tabla 6. Clasificación según la Constracción Volumétrica (CV)

Grupo	Rango	Clasificación
1	Menos de 9	Muy baja (MB)
2	de 9,1 a 11	Baja (B)
3	de 11,1 a 13	Media (M)
4	de 13,1 a 15	Alta (A)
5	más de 15,2	Muy alta (MA)

Fuente: ALCÁNTARA Y BRAVO (1983)

Tabla 7. Clasificación de la Relación de Contracción Tangencial – Radial

Grupo	Rango T/R	Clasificación	Estabilidad
1	Menor de 1,5	Muy baja (MB)	Muy estable (ME)
2	De 1,51 a 2,0	Baja (B)	Estable (E)
3	De 2,1 a 2,5	Media (M)	Moderadamente estable (M)
4	De 2,51 a 3,0	Alta (A)	Inestable (I)
5	Mayor de 3,1	Muy alta (MA)	Muy inestable (MI)

Fuente: ALCÁNTARA y BRAVO (1983)

#### f) Clasificación de chapas y centros

Se seleccionó y clasificó las chapas y centros obtenidos y evaluados anteriormente. En ambos casos, se realizó una pre clasificación visual en la fase de guillotinado o perfilado. Posteriormente, la clasificación propiamente dicha se llevó a cabo luego del secado artificial, y se realizó en función a las Normas Técnicas ITINTEC 251.045 y 251.058 (Figuras de 41 y 42 del Anexo D y Figura 43 del Anexo E, del Apéndice 8), de clasificación de chapas y de almas de madera, respectivamente.

Para la clasificación de las chapas de Cedro huasca, se tomó una muestra de 02 chapas por paquete obtenido, contrastando sus características físicas con todas las consideraciones y requisitos técnicos establecidos en la Norma ITINTEC 251.045 para ser clasificadas como correspondan. Se indica además que, de cada troza se obtuvo en promedio 43 paquetes compuestas por 24 chapas por paquete (Figura 36 de Anexo B, del Apéndice 8).



Para el caso de los centros de Higuera, se tomó una muestra de 5 láminas por troza debobinada, las mismas que fueron marcadas, enumeradas y evaluadas de acuerdo a la Norma ITINTEC 251.058.

Tabla 8. Clasificación de chapas de madera según Norma ITINTEC 251.045

N°	Requisitos y Condiciones	Chapas de Cara			Chapas de Trascara	
		Grado A	Grado B	Grado C	Grado D	Grado E
1	Ondulaciones (arqueaduras)	No se permite	Ocasional	Ligero	Permitido si no afecta el prensado	Permitido si no afecta el prensado
2	Corrugado	No se permite	No se permite	Ocasional	Permitido si no afecta el prensado	Permitido si no afecta el prensado
3	Perforación de insectos	No se permite	No se permite	Ocasional 1 por lámina	Se permite máximo 2 por lámina	Se permite hasta 4 por lámina
4	Decoloración por manchas naturales	No se permite	Levemente permitidos	Muy ligero	Permitido	Permitido
5	Decoloración por hongos cromógenos	No se permite	No se permite	Ocasionalmente permitidos	Ligeramente permitido	permitido
6	Depósitos minerales, látex, resinas	No se permite	No se permite	Muy ligero	Permitido	Permitido
7	Hendiduras o grietas abiertas (no cerradas)	No se permite	No se permite	Ancho Máx. 1,5 mm. largo 25 cm Máx.	Ancho Máx. 1,5 mm. largo 35 cm Máx.	1/3 de longitud de lámina, 1 en cada extremo
8	Hendiduras o grietas cerradas (tapadas)	No se permite	Máx. 30 cm de largo (1/lámina)	Máx. 45 cm de largo (2/lámina)	Máx. 60 cm de largo (3 por lámina)	Máx. 1/3 de largo y 4 en cada extremo
9	Contenido de humedad	de 6 a 10%	de 10 a 12%	de 12 a 14%	de 14 a 16%	más de 16%
10	Nudos sanos	Ocasionales Diám. Máx. 6 mm	Ocasionales Diám. Máx. 6,35 mm	Ocasionales Diám. Máx. 15 mm	01-varios nudos Diam. Máx. 40 mm	No hay límite específico

N°	Requisitos y Condiciones	Chapas de Cara			Chapas de Trascara	
		Grado A	Grado B	Grado C	Grado D	Grado E
11	Nudos muertos (huecos)	No se permite	Opcionalmente permitidos	Ocasional	Sin límites, (no afecte la Cal. de lám.)	Sin límites, (no afecte la calidad)
12	Raspaduras, desgarres	No se permite	No se permite	Muy ligeras	Permitido	Permitido
13	Tolerancia en espesor (calibración)	Variación mínima (+/- 0,07 mm)	Variación mínima (+/- 0,07 mm)	Variación mínima (+/- 0,07 mm)	Variación mínima (+/- 0,07 mm)	Variación mínima (+/- 0,07 mm)
14	Coloración	Uniforme	Uniforme o por mutuo acuerdo	Buena apariencia (opcional)	Sin restricciones por mutuo acuerdo	Sin restricciones por mutuo acuerdo
15	Veteado	Centrado, llamativo, bien pronunciado	Centrado, llamativo, poco pronunciado	Ligeramente llamativo	Cualquiera	Ninguno o cualquiera
16	Consistencia quebradiza	No se permite	No se permite	Ocasionalmente quebradiza	Ligeramente quebradiza	Permitido
17	Mezcla de albura y duramen	No se permite (o por mutuo acuerdo)	Opcional, o por mutuo acuerdo	Opcional, o por mutuo acuerdo	Opción de la planta industrial	Opción de la planta industrial
18	Corte	Liso	Ligeramente liso Máx. 225 mm <sup>2</sup>	Ligeramente rugoso o áspero	Se permite hasta rugoso	Se permite hasta áspero

Tabla 9. Clasificación de centros de madera según Norma ITINTEC 251.058

N°	Características y/o condiciones	Almas o centros de primera	Almas o centros de segunda
1	Ondulaciones (arqueaduras)	No se permite	Se permiten ondulaciones leves no excesivas
2	Coloración	No se permite cambio brusco de color entre piezas adyacentes	Debe ser mínima la variación del color entre piezas Juntadas
3	Perforación de insectos	Se permite de hasta 3,17 mm de diámetro	Se permiten de hasta 6,35 mm de diámetro

N°	Características y/o condiciones	Almas o centros de primera	Almas o centros de segunda
4	Decoloración por manchas naturales	Permitido	Permitido
5	Decoloración por hongos cromógenos	No se permite	Permitidos parcialmente
6	Depósitos minerales: látex, resinas, etc.	No se permite	Permitidos parcialmente
7	Rajaduras cerradas	Se permiten de hasta 50 cm de largo	Se permiten de hasta 60 cm de largo
8	Rajaduras abiertas	Se permiten de hasta 1,6 mm de ancho y 30 cm de largo como máximo	Se permiten de hasta 3,17 mm de ancho y 50 cm de largo como máximo
9	Contenido de humedad	6 a 14%	6 a 14%
10	Nudos sanos	Permitidos	Permitidos
11	Nudos muertos	No se permite	Ocasionalmente permitidos
12	Tolerancia en espesor	De lámina a lámina: +/- 0,15 mm en la misma pieza +/- 0,130 mm	De lámina a lámina: +/- 0,15 mm en la misma pieza +/- 0,130 mm
13	Pudriciones	No se permite	No se permite
14	Corte	Liso	Liso a razonablemente Rugoso
15	Defectos sanos (no abiertos)	Permitidos	Permitidos
16	Mezcla de albura y duramen	No se permite, excepto por mutuo acuerdo	No se permite, excepto por mutuo acuerdo

### g) Empaquetado de láminas y envío a Lima

Luego de los procesos mencionados, las láminas son protegidas y empaquetadas para transportarlas a Lima (Figuras 44 y 45 de Anexo E y Figuras 46 y 47 de Anexo F, del Apéndice 8), donde continúa el proceso de fabricación de tableros decorativos.

### **3.3.3. Fase de gabinete**

#### **3.3.3.1. Procesamiento de datos**

Con los datos obtenidos se creó una base de datos en el centro de cómputo de la Empresa Plywood Supplies E.I.R.L., donde se procesó la información de acuerdo a los objetivos planteados y de las variables evaluadas:

#### **3.3.3.2. Análisis estadístico**

Se realizó el análisis de varianza y correlación, utilizando las fórmulas del muestreo al azar, de acuerdo a la siguiente correlación:

- Volumen rollizo/troza ( $m^3$ ) vs. volumen laminado/troza ( $m^3$ ).
- Diámetro de trozas (cm) vs. cantidad y calidad de láminas
- Calidad de trozas/especie vs. cantidad y calidad de láminas.
- Porcentaje chapas de cara vs. porcentaje chapas de trascara/troza.
- Porcentaje centros de primera vs. porcentaje centros de segunda.
- Dimensiones húmedas de láminas vs. dimensiones secas.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Evaluación de trozas**

#### **4.1.1. Calidad de trozas (características físicas)**

Se evaluó básicamente dos calidades de trozas (A y B) tanto para Higuierilla como para Cedro huasca, considerando para ello el criterio y sistema de evaluación de trozas establecido por la empresa (ver tabla 5 características para clasificación de trozas)

No obstante, para establecer las variables evaluadas, se han seguido procedimientos técnicos en algunos casos establecidos por la empresa y otros, desarrollados durante la ejecución del presente trabajo, porque como mencionan CARRIÓN y SOLANO (2002), para que la industrialización sea efectiva debe sustentarse en la investigación; y esta debe ser muy puntual, en especial en la tecnología; sin embargo, se ha creído conveniente comenzar obteniendo información sobre aspectos generales, para conocer con mayor amplitud lo relacionado con el problema investigado y que permita perfilar una propuesta válida para el desarrollo de este tipo de industria en nuestro País.

Asimismo, se consideró además otras características y condiciones físicas de las trozas para su evaluación y clasificación, tales como:

- Forma. redonda, ovalada, cuadrangular, triangular, irregular.
- Excentricidad. médula central o concéntrica y lateral o excéntrica.
- Conicidad. diferencia entre extremos mayor y menor.
- Curvatura. espacio o arco formado por la forma curva de la troza.
- Defectos físicos. grietas, rajaduras, acebolladuras, nudos, perforación central, corteza incluida.
- Características fitosanitarias. manchas naturales, manchas originadas por hongos, pudrición, perforaciones.

Luego de la evaluación cualitativa de las trozas de ambas especies, se determinó que la calidad de las mismas influye directamente en la calidad de las láminas para chapas y centros de madera, con lo cual se corrobora lo que indican Tuset y Durand (1979), citados por OCHOA (2002), cuando dicen que la calidad de la madera rolliza está asociada fundamentalmente a la presencia o ausencia de defectos en las láminas y además complementan diciendo que las principales características de las trozas con interés para el laminado son: diámetro y forma de las mismas, ahusamiento, excentricidad y curvatura, madera anormal, rajaduras en los extremos de las trozas debido a las fuerzas de tensión, cuyas características han sido consideradas en la evaluación de las trozas de ambas especies.

Sin embargo, en la práctica no siempre se cumple esta relación debido a las características físicas, procedencia y variabilidad de la madera, lo cual fue comprobado con la ejecución y desarrollo del presente trabajo, tal es así que de algunas trozas de calidad "A" se han obtenido gran porcentaje de láminas que no necesariamente son clasificadas como chapas de grado "A" o "B" (para el caso de Cedro huasca) o como láminas de primera (para Higuierilla) y viceversa, de algunas trozas de calidad "B" de donde se debería obtener láminas de baja calidad.

No obstante, se han presentado casos donde se han obtenido láminas de primera o de grado "A" o "B", para Higuierilla y Cedro huasca, respectivamente y, esto se debe a que externamente las trozas no presentan defectos o anomalías, sin embargo, al proceder con el desbastado y laminado propiamente dicho, se fueron encontrando los defectos ocultos (corteza incluida, nudos, madera pasmada, entre otros), que obviamente disminuyen e influyen negativamente en la calidad de las láminas obtenidas.

#### **4.1.2. Promedio de diámetros (cm) y volumen (pt) por calidad de trozas evaluadas:**

El promedio del diámetro de las trozas de Higuierilla fue de 86 cm para trozas de calidad "A", mientras que para las trozas de calidad "B" fue de apenas 57 cm, cuyos diámetros hacen un volumen promedio de 704,02 pt y 307,25 pt, respectivamente, tal como se observa en el Cuadro 1 y Figura 1.

Cuadro 1. Promedio de diámetros y volumen de trozas de Higuierilla

Promedio de variables evaluadas	Calidad de trozas	
	Trozas "A"	Trozas "B"
Diámetro (cm)	86,00	57,00
Volumen (pt)	704,02	307,25
Volumen (m <sup>3</sup> )	1,66	0,72

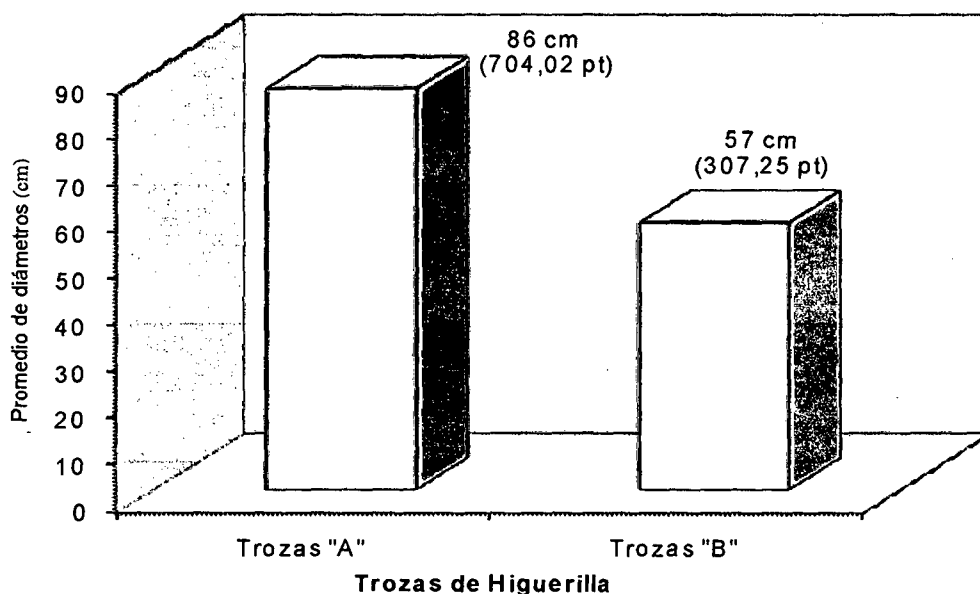


Figura 1. Promedio de diámetros y volumen de trozas de Higuierilla

Para la producción de centros de Higuierilla, se utilizó el torno debobinador, donde las trozas fueron colocadas de tal forma que se fueron "desenrollando", tal como menciona CASTRO (2000), cuando dice que en la industria actual del laminado y contrachapado, se hacen girar contra una larga cuchilla los troncos descortezados y ablandados al vapor. La madera se va "pelando", formando una cinta continua que se corta progresivamente.



Cuadro 2. Promedio de diámetros y volumen de trozas de Cedro huasca

Promedio de variables evaluadas	Calidad de trozas	
	Trozas "A"	Trozas "B"
Diámetro (cm)	93,00	71,00
Volumen (pt)	819,56	479,23
Volumen (m <sup>3</sup> )	1,93	1,13

Las chapas de Cedro huasca, fueron obtenidas mediante corte central tangencial, lo que indica que con cada vuelta del eje de la máquina se obtiene una lámina. Éstas fueron inspeccionadas manual y visualmente, no obstante, AVT (2000), indica que en industrias donde la chapa de madera se emplea como materia prima para revestimiento de tableros, éstas deben ser inspeccionadas para lograr una correcta tonalidad sin defectos. La automatización reduce drásticamente los tiempos de inspección y garantiza la tolerancia "0" frente a la posible existencia de defectos en la chapa.

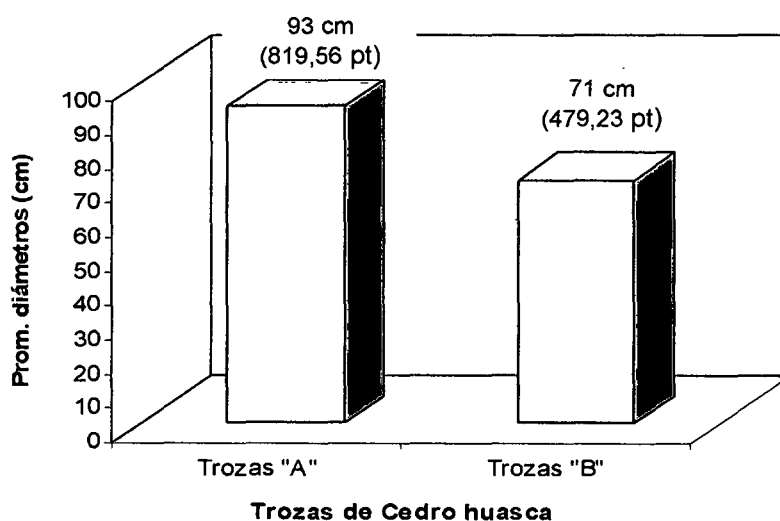


Figura 2. Promedio de diámetros y volumen de trozas de Cedro huasca

La producción de láminas para chapas de Cedro huasca ha estado condicionado a la calidad de las trozas, principalmente a su dimensiones y estado fitosanitario, las que al momento de ser desbastadas, dieron a conocer sus características internas como: veteado y color, con esto se corrobora lo que dice DANZER (2001), cuando menciona que las láminas tienen una participación importante en el mercado. En estas se ha tomado el recurso natural para procesarlo con el fin de aprovecharlo al máximo y reconstituirlo para obtener productos de características propias a nivel estructural, que conserven la estética de la madera como vetas, color y textura.

Asimismo, para el caso de Cedro huasca, se tiene que el promedio del diámetro de las trozas evaluadas fue de 93 cm para trozas de calidad "A", mientras que para las trozas de calidad "B" fue de 71 cm, cuyos diámetros hacen un volumen promedio de 819,56 pt y 479,23 pt, respectivamente, tal como se observa en el Cuadro 2 y Figura 2.

En tal sentido, se determinó que las trozas de calidad "A" resultaron tener más diámetro y volumen que las trozas de calidad "B" para ambas especies, porque los defectos físicos de las primeras se presentaron en menor escala que en las segundas y por lo tanto, se obtuvo más volumen compacto de madera y consecuentemente, mas láminas de calidad, con esto se corrobora lo que menciona TIMBERCOM (2002), cuando dice que sólo cuando se parte de materias primas de primera es posible elaborar productos en los que podrá descubrir toda la belleza que la Naturaleza ha ido sedimentando a

través del tiempo, y transformadas mediante un complejo proceso de fabricación, en chapas de alta calidad listas para su inmediata utilización.

Además, se confirma lo que menciona Ríos (1983), citado por OCHOA (2002), cuando dice que una especie parece interesante, cuando es fácil identificar un cierto número de defectos bajo la forma de trozas (defectos físicos), y posteriormente, descubrir otros durante el desbastado, y recién a partir de ésta operación se determina un procedimiento óptimo para el laminado, lo cual ha sido demostrado durante el desarrollo del presente trabajo.

Asimismo, se reafirma la tesis de ROMERO (1990), cuando menciona que para efectuar un estudio de factibilidad técnico económico, se debe tomar en cuenta la calidad y clasificación de las trozas y, es efectivamente este procedimiento y consideración que se tomó en cuenta para el desarrollo del presente trabajo y son también las condiciones técnicas que la empresa mantiene como política de trabajo al emplear en su proceso productivo solamente trozas de calidad y, así consecuentemente obtener productos (láminas) de calidad.

## **4.2. Evaluación cuantitativa y cualitativa de las trozas de Higuierilla**

### **4.2.1. Evaluación del rendimiento (volumen húmedo y seco)**

El rendimiento de las trozas de Higuierilla difiere en gran medida en cuanto a la calidad de las trozas, cuyos datos se muestran en el cuadro 3, donde se puede observar la diferencia del promedio total de volumen y

rendimiento húmedo (evaluación preliminar) y seco (evaluación final) logrado por las trozas evaluadas en función a su calidad y, también el promedio general del rendimiento húmedo y seco para esta especie.

Cuadro 3. Rendimiento promedio de trozas de Higuierilla

Volumen procesado	Calidad de trozas				Promedio general	
	A		B		pt	Rdmto %
	pt	Rdmto %	pt	Rdmto %		
Rollizo	704,02		307,25		505,63	
Húmedo	511,02	72,59	191,83	62,43	351,42	67,51
Seco	430,80	61,19	95,65	31,13	263,22	46,16

Este rendimiento de las trozas de Higuierilla en la producción de láminas para centros, se muestra en las Figuras 3, 3a y 3b, donde se puede observar que las trozas de calidad "A" se diferencian tremendamente de las de calidad "B", tanto en volumen rollizo y laminado, como en el rendimiento obtenido de ambas calidades de trozas, que en este caso es de 61,19% para trozas "A" y de solamente 31,13% para trozas "B".

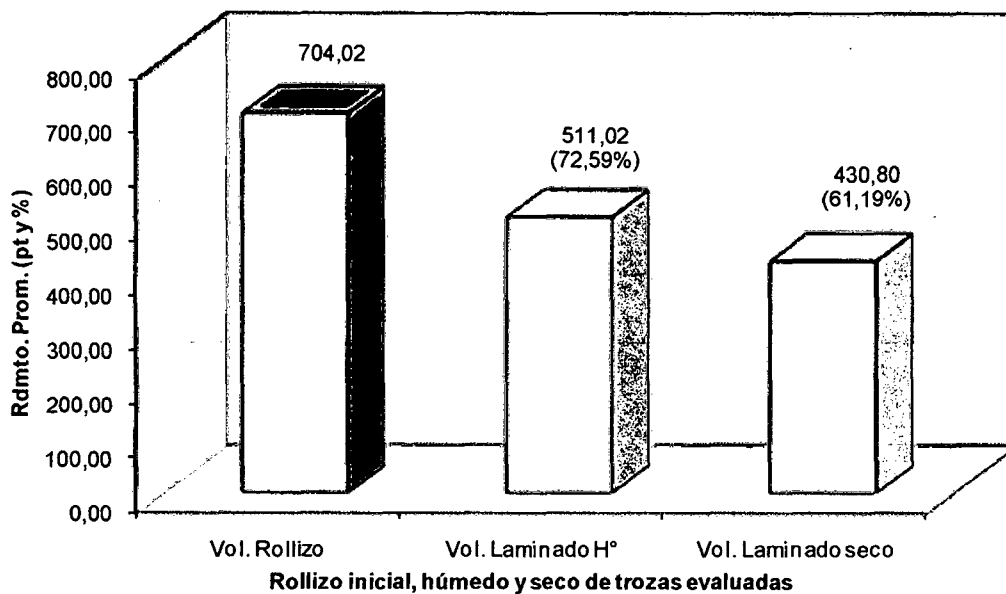


Figura 3. Rendimiento promedio de trozas calidad "A" de Higuierilla

No obstante, este rendimiento no está definido por las características cuantitativas (volumen), sino originado básicamente por aspectos cualitativos de las trozas, tal como menciona Ríos (1983), citado por OCHOA (2002), cuando dice que es importante considerar que, en la industria de laminado en comparación con otras, si bien requiere la mejor información geométrica de la troza, desde el punto de vista de rendimiento cuantitativo no es esencial, existiendo otras características que definitivamente califican la aptitud de una especie a la producción de láminas.

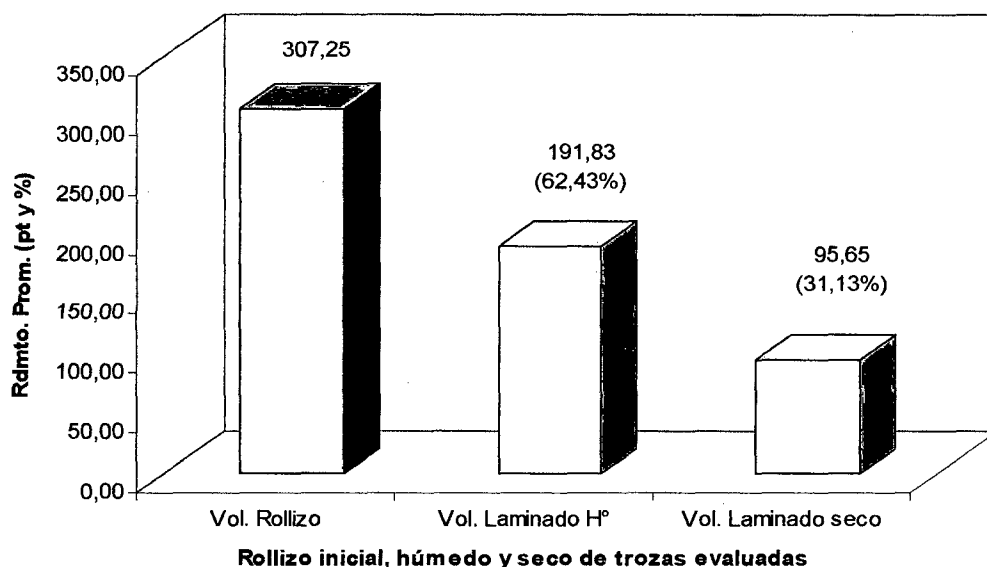


Figura 3a. Rendimiento promedio de trozas calidad "B" de Higuerilla

Luego de procesar el rendimiento de ambas calidades de trozas, a fin de obtener el rendimiento promedio para la especie, se obtuvo este valor, el cual, se muestra en la figura 3b, donde se observa que de un volumen rollizo promedio de 505,63 pt. ( $2,30 \text{ m}^3$ ), se obtuvo un rendimiento de 67,51% (351,42 pt ó  $1,60 \text{ m}^3$  ó  $457,14 \text{ m}^2$ ) de volumen laminado húmedo y, posteriormente un rendimiento final de 46,16% (263,22 pt ó  $1,20 \text{ m}^3$  ó  $342,86 \text{ m}^2$ ) de volumen laminado seco.

En tal sentido, el rendimiento final del proceso de laminado mediante el sistema de debobinado de trozas es de 46% (láminas secas), no obstante, difiere de cierta manera con el postulado de Hochard (1970), citado por DEVLIEGER (1991), cuando dicen que la industria del laminado requiere de trozas cuyos aspectos físicos, forma y estado fitosanitario hayan sido

controlados. Además, éstas exigencias se justifican tanto para mantener una productividad alta en el proceso como para obtener un grado de aprovechamiento óptimo de la materia prima, el que alcanza generalmente un 43% en la industria de contrachapado.

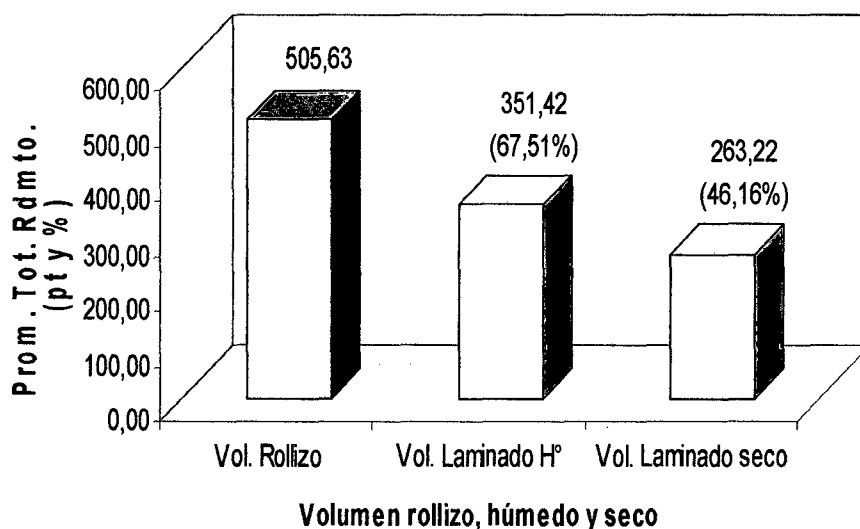


Figura 3b. Rendimiento promedio total de trozas de Higuierilla

Asimismo, se puede observar que en la Figura 3b hay una gran diferencia (21,35%) entre el volumen laminado húmedo y el volumen laminado seco, pues las láminas son secadas artificialmente en hornos, lo que origina la contracción dimensional de las láminas y, consecuentemente, disminución del volumen laminado.

Además, durante el proceso de calentamiento de las trozas de Higuierilla se tomó en cuenta la temperatura y tiempo de "cocción", considerando que es una especie de densidad media y, por lo tanto, el tiempo

de ablandamiento estuvo determinado en función al diámetro y la densidad de esta especie, corroborando con esto lo que dicen ZAVALA y LARA (1998), cuando mencionan que las trozas de alta densidad requieren 25% más tiempo de calentamiento que las de densidad media, en tanto que las de densidad baja requieren un 25% de menos tiempo de calentamiento, con relación a las de densidad media.

Cuadro 4. Promedio total del volumen de merma durante el proceso productivo de láminas para centros de Higuierilla

Proceso productivo de centros	Volumen de merma	
	pt	%
Habilitado por corte transversal	1,62	0,36
Descortezado (pelado)	29,54	14,56
Despunte	39,44	7,76
Desbastado (por desenrollo en torno)	70,42	14,64
Rollizo residual o sobrante (polín)	90,86	15,18
Perfilado	5,99	0,33
Secado	4,55	1,01
<b>Total de merma</b>	<b>242,41</b>	<b>53,84</b>

En el Cuadro 4 se indica los volúmenes y porcentaje de merma que se origina en cada una de las fases del proceso productivo de láminas para centros, donde se puede observar que el mayor porcentaje de merma se concentran en las fases de debobinado y rollizo residual con 14,64% y 15,18%, respectivamente, haciendo un volumen total de merma de 53,84%.



No obstante, tal como se menciona en el ítem 3.3.2.5 de la fase de campo del presente documento, el ablandamiento de la madera durante 72 ó 96 horas, a 80°C, fue con la finalidad de facilitar el debobinado de las trozas para prevenir y evitar defectos en la superficie de las láminas, con esto se corrobora lo que dicen Baldwin (1995); Zavala y Trujillo (1993); Zavala y Lara (1998), citados por ZAVALA y HERNÁNDEZ (2002), cuando mencionan que la ineficiencia de los sistemas de calentamiento de las trozas, genera láminas que se degradan en las diferentes fases del proceso productivo, lo que reduce la calidad original de la lámina y aumenta la proporción de desperdicios ocasionados por el manejo de láminas más rígidas o menos plásticas.

Asimismo, el diámetro del polín que en este caso varía de 8 a 12 pulgadas, forma parte del proceso productivo de las láminas y constituye el mayor porcentaje de merma de este proceso (Figura 4), lo cual, es reafirmado con lo que mencionan Hochard (1970), citado por DEVLIEGER (1991) cuando dicen que la mayor pérdida al producir láminas debobinadas ocurre en el cilindro residual (polín) y en el redondeo. Además, agregan que, las técnicas actuales permiten ahorrar materia prima al debobinar hasta un rollizo residual reducido.

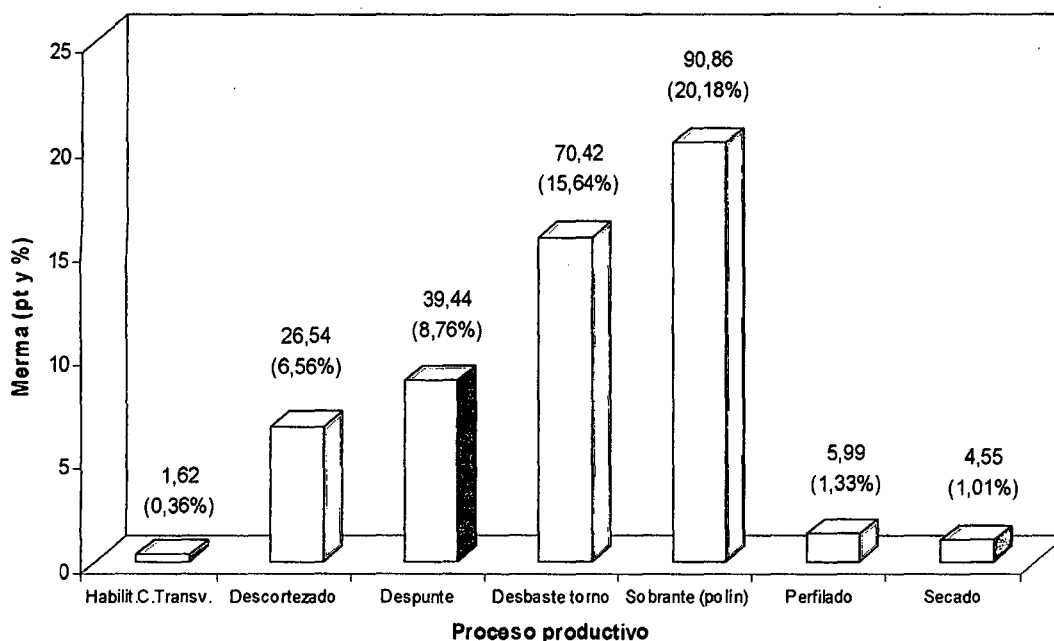


Figura 4. Promedio total del volumen de merma durante el proceso productivo de láminas para centros de Higuera

#### 4.2.2. Evaluación de producción cualitativa de láminas para centros

Se obtuvo una producción promedio de 69,85% de láminas de primera, vs. el 30,15% de láminas de segunda para centros de Higuera (ver Cuadro 5), cuya clasificación se realizó considerando las características y condiciones establecidos en la Norma ITINTEC 251.058 para clasificación de chapas para almas o centros de madera.

No obstante, durante el debobinado, el proceso fue detenido en varias oportunidades, porque eran retenidas astillas y fragmentos de madera

entre la barra de presión y las cuchillas, lo que originaba la producción de láminas con defectos como: rayaduras, descalibraciones, etc., lo que contribuyó a corroborar la versión indicada por French (1977), citado por OCHOA (2002), cuando dicen que cuando un torno está operando frecuentemente se retienen astillas de madera en la barra de presión, de tal manera que influyen en la producción de chapas defectuosas. Estas astillas, fueron removidas por retracción de la barra permitiendo así su paso, pero, esta barra es regresada inmediatamente a su posición inicial, cuya característica contráctil es importante para control del espesor, suavidad del corte y la profundidad de las grietas.

Cuadro 5. Promedio total de láminas para centros por calidad de Higuerrilla

Variable	Láminas para centros		Total
	1ra	2da	
Metraje (m <sup>2</sup> )	174,91	75,02	249,93
Número de láminas	329,00	142,00	471,00
Porcentaje (%)	69,85	30,15	100,00

De todas las características evaluadas según la Norma ITINTEC 251.058, las características que se presentaron y registraron con más frecuencia en las láminas y que fueron evaluadas durante la clasificación de los centros son:

Tabla 10. Características más frecuentes evaluadas en las láminas para centros

N°	Características más frecuentes	Almas o centros de primera	Almas o centros de segunda
1	Ondulaciones (arqueaduras)	No se permite	Se permiten ondulaciones leves no excesivas
2	Perforación de insectos	Se permite de hasta 3,17 mm de diámetro	Se permiten de hasta 6,35 mm de diámetro
3	Decoloración por Manchas naturales	Permitido	Permitido
4	Depósitos minerales: látex	No se permite	Permitidos parcialmente
5	Rajaduras cerradas	Se permiten de hasta 50 cm de largo	Se permiten de hasta 60 cm de largo
6	Corte	Liso	Liso a razonablemente Rugoso
7	Mezcla de albura y duramen	No se permite, excepto por mutuo acuerdo	No se permite, excepto por mutuo acuerdo

En la Figura 5 se puede observar claramente la diferencia de rendimiento cualitativo registrado de láminas en función a su calidad, resaltando que hay una producción muy superior de láminas de primera (69,85%), frente a la producción de láminas de segunda (30,15%).

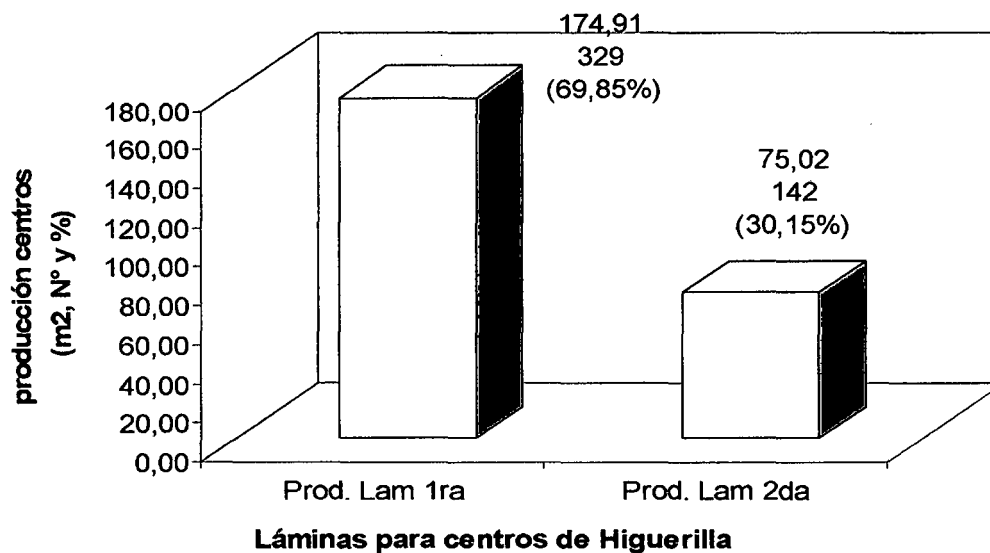


Figura 5. Promedio total de láminas para centros por calidad de Higuierilla

Además, Devlieger (1991), citado por ZAVALA y HERNÁNDEZ (2002), mencionan que en el coeficiente de aprovechamiento y en la calidad de la chapa, además de las características de las trozas también influyen en forma significativa los sistemas de calentamiento que en muchos casos no son los más apropiados de acuerdo a las características de las especies, ni a los diámetros de las trozas.

No obstante, el sistema de calentamiento o cocción utilizado y a la que fueron sometidas las trozas de Higuierilla fueron las adecuadas, pues en este caso se consideró un rango de tiempo entre 72 ó 96 horas (en función al diámetro), a una temperatura constante de 80°C), cuyo sistema contribuyó a

que durante el debobinado las láminas sean obtenidas relativamente limpias, salvo algunas imperfecciones por factores externos (astillas, mal afilado de cuchillas, entre otros factores).

Asimismo, DEVLIEGER (1991), indica que un exceso de temperatura conduce a un desfibrado superficial de la madera en el transcurso del debobinado por efecto del roce de la barra de presión, produciendo chapas con pelusa. También, períodos excesivos de calentamiento provocan la aparición de grietas en las extremidades del rollizo y acebolladuras entre madera temprana y tardía.

En este sentido, es posible que en algunos casos se haya cometido este error, pues durante el calentamiento de las trozas, se sumergieron en las mismas pozas a trozas con diámetros completamente diferentes, es decir, trozas de diámetro mayor y otras con menor diámetro fueron sometidas a la misma temperatura por el mismo tiempo, y esto fue básicamente por factores de tiempo y necesidad de producción de la empresa, cuyo resultado fue la producción de láminas de baja calidad con presencia de pelusa (desfibrado) y presencia de grietas en los extremos de las láminas, lo que fue corregido posteriormente coordinando con los responsables para calentar en una poza trozas con similares características en cuanto a diámetro y dimensiones para evitar los problemas descritos anteriormente.

### 4.3. Evaluación cuantitativa y cualitativa de las trozas de Cedro huasca

#### 4.3.1. Evaluación del rendimiento (volumen húmedo y seco)

En el rendimiento cualitativo de las trozas de Cedro huasca, se ha encontrado gran diferencia, cuyos datos se muestran en el Cuadro 6, donde se observa la diferencia del promedio total de volumen y rendimiento húmedo (evaluación preliminar) y seco (evaluación final), obtenido de las trozas evaluadas cualitativamente y, también el promedio general del rendimiento húmedo y seco.

Cuadro 6. Rendimiento promedio de trozas de Cedro huasca

Volumen procesado	Calidad de trozas				Promedio general	
	A		B			
	pt	Rdmto %	pt	Rdmto %	pt	Rdmto %
Rollizo	819,56		479,23		649,39	
Húmedo	535,76	65,37	308,48	64,57	422,12	64,97
Seco	467,54	57,05	243,51	50,17	355,53	53,61

El rendimiento de las trozas de Cedro huasca en la producción de láminas para chapas, se muestra en las figuras 6, 6a y 6b, donde se observan la gran diferencia que hay entre trozas de calidad "A" y trozas de calidad "B", tanto en volumen rollizo y laminado, como en el rendimiento obtenido de ambas calidades de trozas, que en este caso es 57,05% y 50,17%, respectivamente.

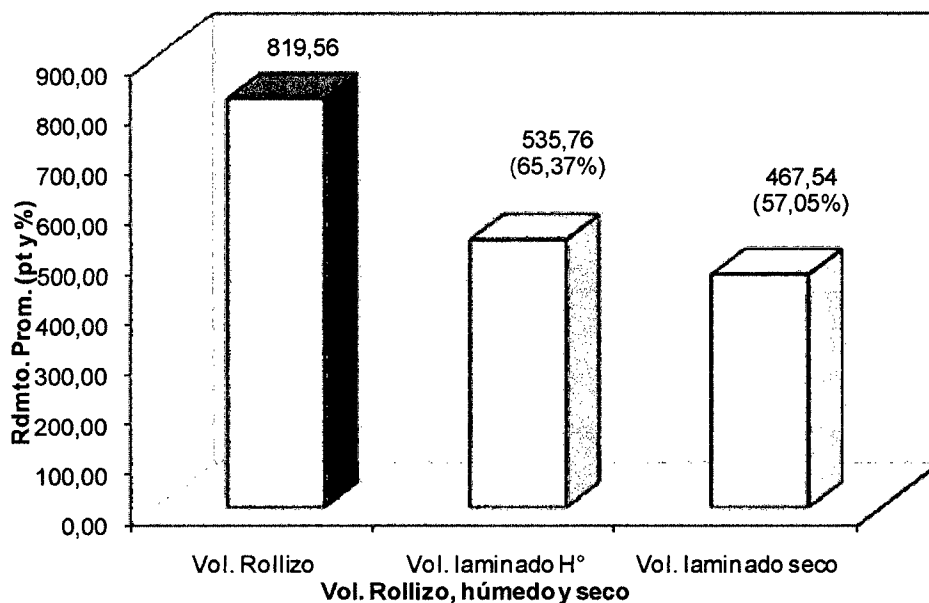


Figura 6. Rendimiento promedio de trozas "A" de Cedro huasca

Sin embargo, este rendimiento no está definido por las características cuantitativas (volumen), sino originado básicamente por las particularidades cualitativas de las mismas, tal como menciona Ríos (1983), citado por OCHOA (2002), cuando dice que es importante considerar que, en la industria de laminado en comparación con otras, si bien requiere la mejor información geométrica de la troza, desde el punto de vista de rendimiento cuantitativo no es esencial, existiendo otras características que definitivamente califican la aptitud de una especie a la producción de láminas, corroborando así esta hipótesis con los resultados obtenidos con el presente trabajo.



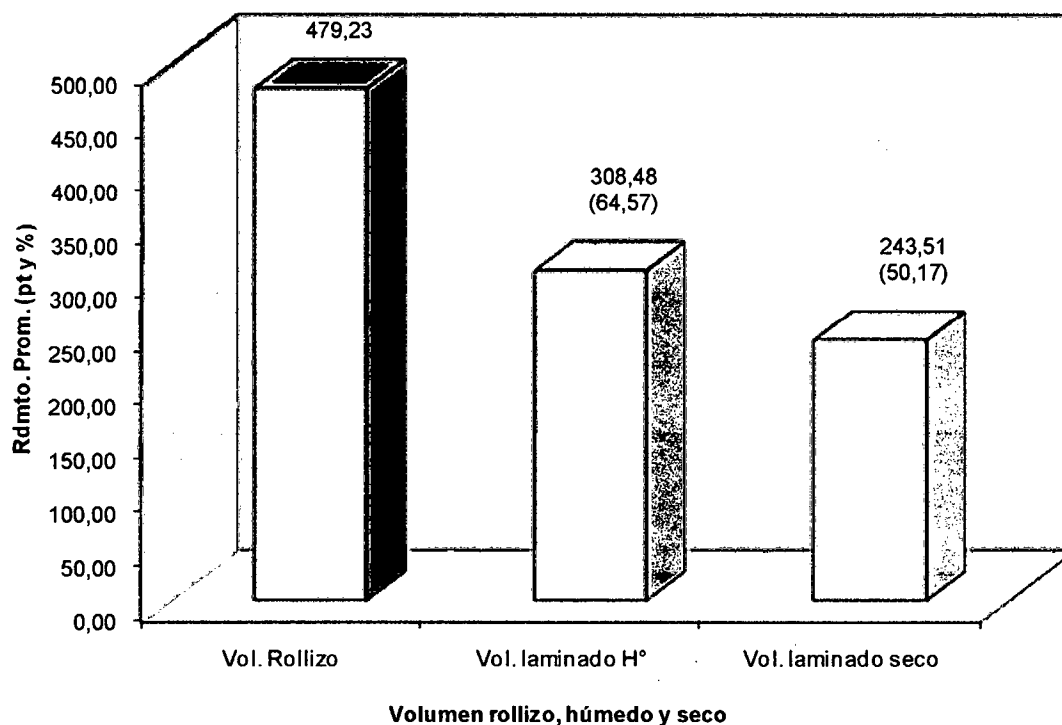


Figura 6a. Rendimiento promedio de trozas "B" de Cedro huasca

En ambos casos se puede observar que hay una gran diferencia en cuanto a la obtención del volumen húmedo y el volumen seco de las chapas, esto se debe a que durante el proceso de secado, las láminas han sufrido una gran pérdida de humedad y consecuentemente por efecto del calor, sus dimensiones en sus tres planos (tangencial, radial y longitudinal) se han contraído, tal es así que para el caso de contracción tangencial fue de 16,80%, para la radial fue de 6,31% y para la longitudinal fue de 0,25%, con esto se corrobora lo que dice GONZÁLES (1996), cuando menciona que, contracción es la disminución de las medidas en los planos de la madera; además, menciona que la contracción tangencial es paralela a los anillos de crecimiento,

y puede ser dos veces mayor que la contracción radial, que es perpendicular a los radios. Asimismo, agrega que la contracción longitudinal que es en dirección al eje del árbol, es muy pequeña, alcanza de 0,1 a 0,2% de la longitud total. No obstante, las maderas más pesadas se contraen en sentido tangencial, mientras que las livianas lo hacen en sentido radial.

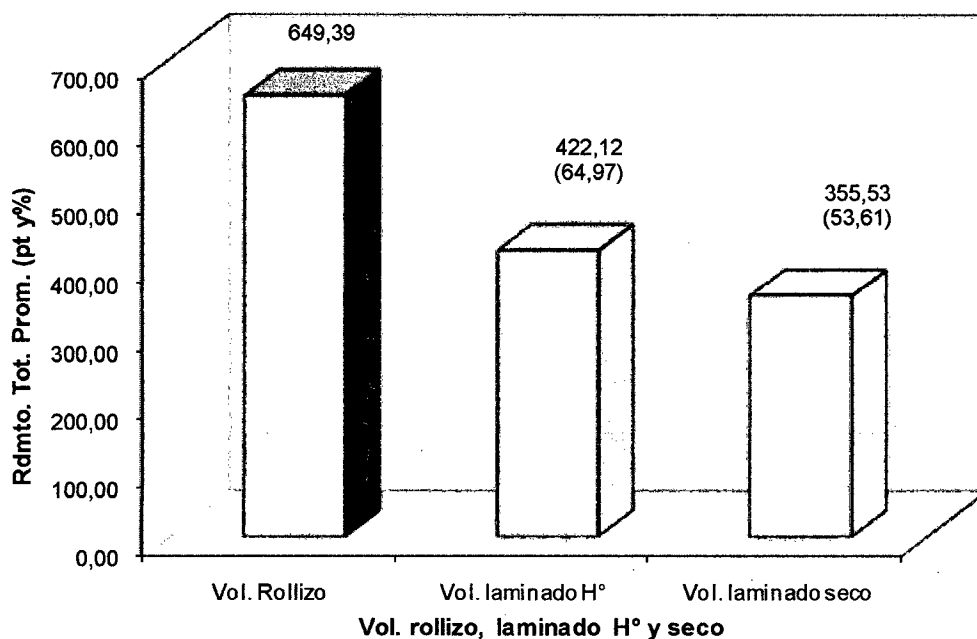


Figura 6b. Promedio total del rendimiento de trozas de Cedro huasca

En tal sentido, un pequeño grado de contracción es deseable en las maderas que van a ser cortadas en láminas, así una contracción alta es indeseable, debido a sus efectos negativos en la industria del laminado, pudiendo causar rajaduras en las láminas para chapas, no obstante, entre las contracciones tangencial, radial y volumétrica, la tangencial es un excelente indicador de su desempeño en el secado, e indica la contracción del espesor de las láminas Lutz (1978), citado por OCHOA 2002).

No obstante, el rendimiento de trozas en la producción de chapas esta asociado a la calidad de las mismas, porque se ha comprobado que de trozas de buena calidad, se obtienen chapas de calidad, con esto se corrobora la versión de MIGUEL (1988), cuando dice que, la industria de chapas decorativas se caracteriza por elaborar un producto en forma de lámina o chapa, cuyo rendimiento y calidad está asociada a la calidad de la madera rolliza y principalmente, a la tecnología empleada. Además, menciona que existe una correlación altamente significativa al relacionar las variables diámetro de troza y producción cualicuantitativa de chapas.

#### 4.3.2. Evaluación del rendimiento (volumen húmedo y seco) por etapas en la elaboración de chapas de Cedro huasca

Cuadro 7. Promedio total del volumen de merma en el proceso productivo de láminas para chapas de Cedro huasca

Proceso productivo de chapas	Volumen de merma	
	pt	%
Habilitado por corte longitudinal	45,33	7,31
Descortezado (pelado)	24,53	4,07
Despuntado	31,83	4,81
Desbastado (corte central tangencial)	31,29	4,59
Sobrante (ojo chino)	112,25	18,78
Perfilado	23,97	3,57
Secado	25,25	3,41
<b>Total de merma</b>	<b>294,43</b>	<b>46,52</b>

En el Cuadro 7 y Figura 7 se indican los volúmenes y porcentaje de merma que se origina en cada una de las fases del proceso productivo de láminas para chapas, donde se puede observar que el mayor porcentaje de merma se concentran en los bloques sobrantes del laminado que asciende a 18,78%, haciendo un total de 46,52% del volumen total de merma.

Asimismo, se ha comprobado que cuanto más delgada es la lámina o chapa producida, mayor es el rendimiento a obtenerse y, actualmente la tecnología en este campo se está desarrollando e implementando tanto que, se pueden obtener láminas con 0,2 mm. de espesor, corroborando con esto el postulado que menciona TIMBERCOM (2002), cuando dice que una industria que depende de los recursos naturales, debe compartir la preocupación actual por el medio ambiente. Por eso, se debe trabajar con chapas de madera de hojas con espesor muy pequeño, producidas mediante avanzadas técnicas de corte. Esto permite obtener el máximo rendimiento de un tronco.

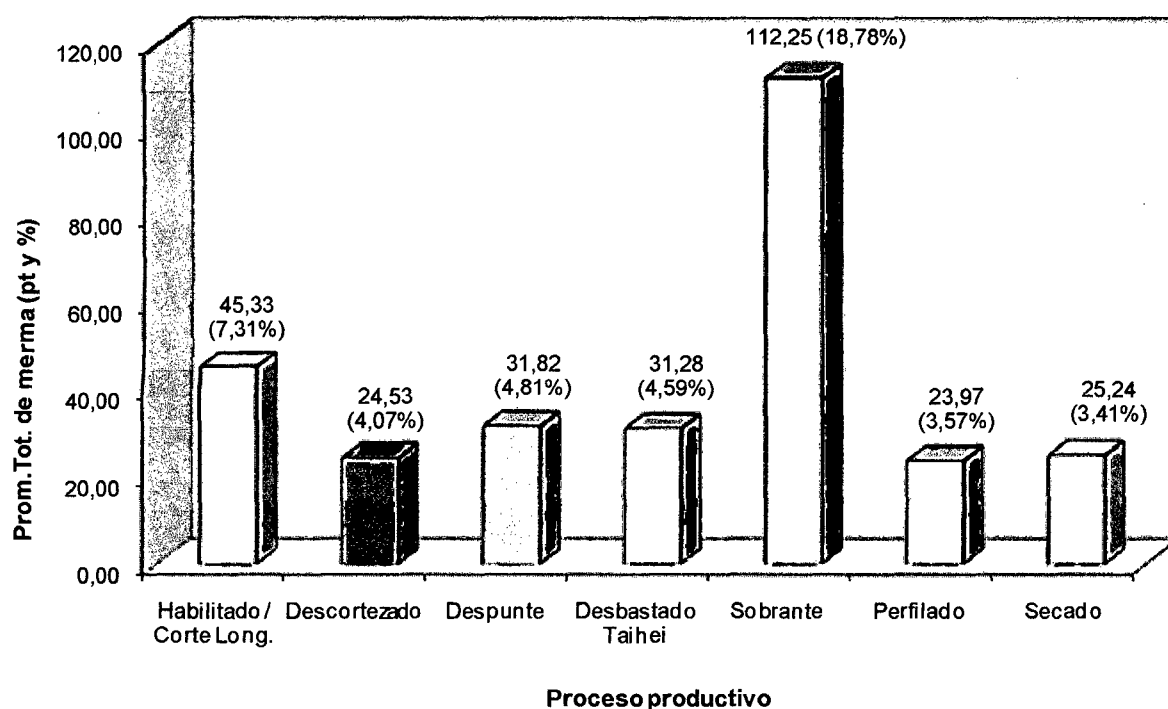


Figura 7. Promedio total de merma en la producción de chapas de Cedro huasca

#### 4.3.3. Promedio total de láminas obtenidas por calidad del producto

Cuadro 8. Promedio total de láminas para chapas por calidad

Variable	Promedio y calidad de chapas obtenidas					Total
	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	
	A	B	C	D	E	
Metraje (m <sup>2</sup> )	66,52	323,77	407,14	174,26	15,56	987,25
Nro. de láminas	104,00	417,00	517,00	231,00	18,00	1287,00
Porcentaje (%)	5,11	29,01	43,97	20,27	1,64	100,00

Se obtuvo una producción total promedio tanto para chapas de cara como de trascara (5,11% de grado "A"; 29,01% de grado "B" y 43,97% de

grado "C" y de 20,27% de grado "D" y 1,64% de grado "E" de cara y trascara, respectivamente). Dicha clasificación se realizó considerando los requisitos y condiciones establecidos en la Norma ITINTEC 251.045 para clasificación de chapas de madera.

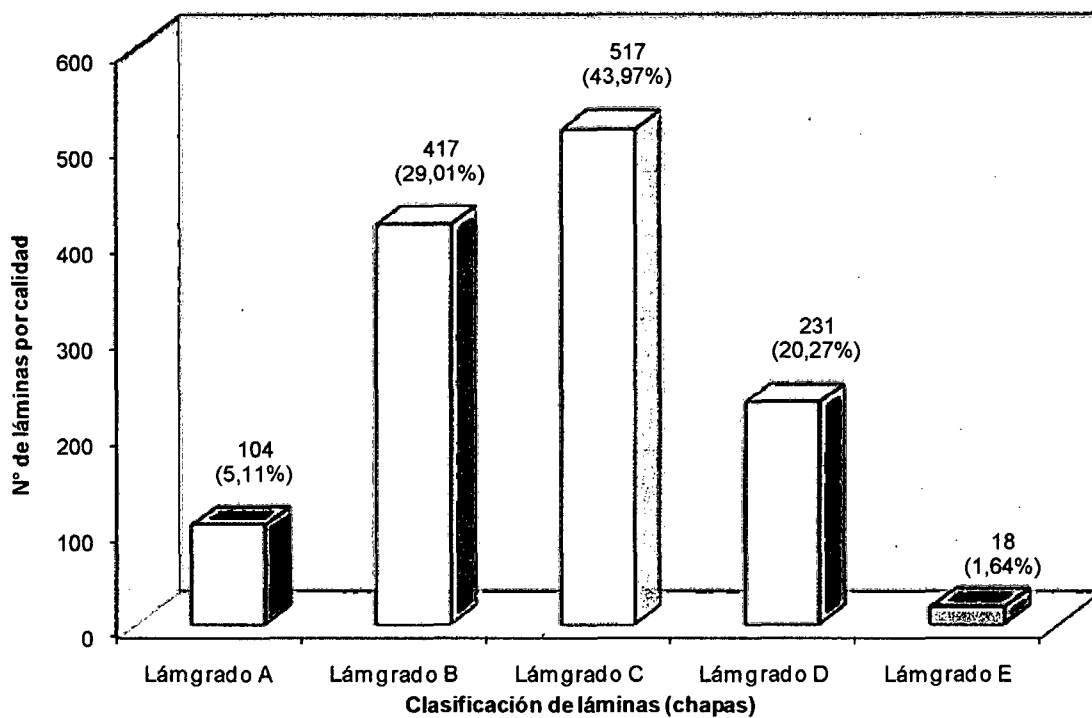


Figura 8. Promedio total de chapas clasificadas por calidad

En la Figura 8 se puede observar que la mayor producción cualitativa corresponde al grupo de láminas de chapas para cara de grado "C" (43,97%), seguido de las láminas de chapas para cara grado "B" (29,01%) de la producción total. Asimismo, se observa una producción de 20,27% que corresponde a las chapas de trascara de grado "D". Siendo estas tres calidades las que predominan en la producción y resultado del presente trabajo.

En tal sentido, para obtener láminas de calidad, se debe iniciar a partir de materia prima que cumpla con las condiciones físicas adecuadas para esta industria, constatando y verificando sus características físicas, tal como menciona Hochard (1970), citado por DEVLIEGER (1991), cuando dice que la industria del laminado requiere de trozas cuyos aspectos físicos, forma y estado fitosanitario hayan sido controlados. Estas exigencias se justifican tanto para mantener una productividad alta en el proceso como para obtener un grado de aprovechamiento óptimo de la materia prima, el que alcanza generalmente un 43% en la industria de contrachapado.

Cuadro 9. Promedio total de chapas de cara vs. chapas de trascara de Cedro huasca

Variable	Promedio total		Total
	de chapas		
	Cara	Trascara	
Metraje (m <sup>2</sup> )	797,44	189,82	987,25
Porcentaje (%)	80,77	19,23	100,00

En total, se obtuvo una gran diferencia en cuanto a la producción cualitativa se refiere, tal como puede observarse en el Cuadro 9 y Figura 9, con lo que se puede decir que hay una producción de calidad pero de un tercer grado de calificación (en mayor proporción), no obstante, si comparamos la producción de chapas de cara y las chapas de trascara, vemos que hay una gran diferencia de 80,77% a 19,23%, respectivamente.

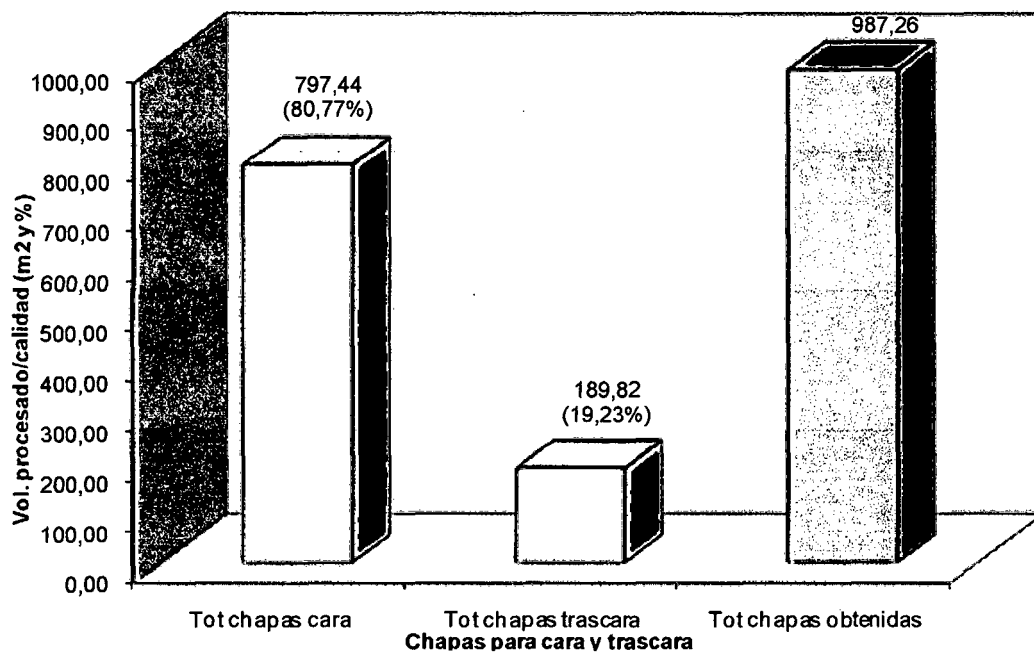


Figura 9. Promedio total de chapas de cara vs. chapas de trascara

Las trozas evaluadas durante la ejecución del presente trabajo presentaron una serie de defectos físicos de conformación, básicamente los que pertenecieron al grupo de trozas calidad "B", sin embargo las trozas de calidad "A" fueron estrictamente evaluadas y consideradas como tal, cuyas características más saltantes fueron el diámetro, el volumen y sus particularidades fitosanitarias, que de alguna manera determinaron la producción de láminas de calidad.

Consecuentemente, con esto corroboramos la versión de MIGUEL (1988), cuando dice que la industria de chapas decorativas se caracteriza por elaborar un producto en forma de lámina, cuyo rendimiento y calidad está asociada a la calidad de la madera rolliza y a la tecnología empleada.



Además, menciona que existe una correlación altamente significativa al relacionar las variables diámetro de troza y producción cualicuantitativa de chapas.

#### 4.4. Análisis estadístico del diámetro promedio y volumen rollizo

##### 4.4.1. Descriptivos estadísticos

Se determinaron los valores mínimos y máximos, la media y desviación típica; así como también la varianza, esto en cuanto a los valores obtenidos de diámetro promedio y volumen rollizo de las trozas evaluadas; las medias obtenidas en cada parámetro, fueron mayores para las trozas de calidad "A" y menores para las trozas de calidad "B" (ver Cuadro 10).

Cuadro 10. Descriptivos estadísticos de diámetro promedio y volumen rollizo

Cal	Variables	Especies	N°	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
A	DP (cm)	Higuerilla	20	63,00	109,00	86,10	13,44	180,62
B	DP (cm)	Higuerilla	20	50,00	69,00	57,35	4,51	20,35
A	Vol. (m <sup>3</sup> )	Higuerilla	20	0,85	2,57	1,66	0,50	0,25
B	Vol. (m <sup>3</sup> )	Higuerilla	20	0,56	1,02	0,72	0,11	0,01
A	DP (cm)	Cedro h.	20	73,00	121,00	92,70	16,25	263,91
B	DP (cm)	Cedro h.	20	53,00	98,00	70,90	11,92	142,20
A	Vol. (m <sup>3</sup> )	Cedro h.	20	1,16	3,18	1,93	0,69	0,48
B	Vol. (m <sup>3</sup> )	Cedro h.	20	0,61	2,08	1,13	0,40	0,16

##### 4.4.2. Análisis de variancia del volumen rollizo (m<sup>3</sup>) por calidad de troza por especie

En el Cuadro 11, se muestra el análisis de variancia de volumen rollizo (m<sup>3</sup>) obtenida por calidad de troza y por especie, en dicho cuadro se

observa que hay diferencias significativas de volumen rollizo ( $m^3$ ) obtenidas por calidad de troza por especie a un nivel de significación de 0,05. Además los resultados obtenidos, de la prueba de Tukey efectuada para comparar las medias de los valores de volumen rollizo ( $m^3$ ) por calidad de troza y por especie, se encontraron que son diferentes a un nivel de 5%.

Cuadro 11. Análisis de variancia del volumen rollizo ( $m^3$ ) por calidad de troza por especie

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc
Tratamiento	17,50	3,00	5,83	26,13
Entre Trat.	16,97	76,00	0,22	
Total	34,47	79,00	6,05	

#### 4.4.3. Planteo de hipótesis y análisis de correlación

Para la correlación de diámetro promedio (cm) vs volumen rollizo ( $m^3$ ), por calidad de troza y por especie, se plantearon las siguientes hipótesis: Hipótesis nula, existe una correlación significativa entre el diámetro promedio y el volumen rollizo por calidad de troza tanto para Higuierilla como para Cedro huasca. Y la Hipótesis alternante, es que no existe correlación significativa entre el diámetro promedio y volumen rollizo por calidad de troza de Higuierilla y Cedro huasca. En el Cuadro 12, se muestran los valores obtenidos del análisis de correlación en cuanto a diámetro promedio (cm) entre el volumen rollizo ( $m^3$ ) obtenido por calidad de troza y por especie, en este punto, la correlación fue significativa en todos los casos a un nivel de significación de 0,01 de

probabilidad, demostrando una asociación directa entre el diámetro promedio (cm) por calidad de troza frente al volumen rollizo ( $m^3$ ).

Cuadro 12. Correlación del diámetro promedio (cm) vs. volumen rollizo ( $m^3$ ) por calidad de troza por especie.

Especie	Calidad troza	Correlación de variables	Coef. de Correlación	Significancia
Higuerilla	A	D. Prom vs. Vol. rollizo	0,995	**
Higuerilla	B	D. Prom vs. Vol. rollizo	0,989	**
Cedro huasca	A	D. Prom vs. Vol. rollizo	0,996	**
Cedro huasca	B	D. Prom vs. Vol. rollizo	0,996	**

\*\* La correlación es significativa a un nivel de 0,01

Sin embargo, es una correlación cuantitativa directamente proporcional solamente al volumen de una troza en función de su diámetro, no obstante si consideramos la calidad de madera de cada una de las trozas vs. la calidad del producto obtenido (calidad de láminas) procedente de cada una de ellas, el resultado es completamente diferente.

#### 4.5. Análisis estadístico del volumen laminado

##### 4.5.1. Descriptivos estadísticos

Se determinó los valores mínimos y máximos, la media, desviación típica; así como también la varianza de los valores obtenidos del volumen laminado; las medias obtenidas en cada parámetro, fueron mayores para las trozas de calidad "A" y menores para las trozas de calidad "B" (ver Cuadro 13).

Cuadro 13. Resumen de estadísticos descriptivos de volumen laminado (pt), por calidad de troza por especie

Cal	Variable (pt)	Especie	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
A	V. lam.seco	Higuerilla	20	119,12	319,75	192,99	53,68	2881,94
B	V. lam.seco	Higuerilla	20	88,22	133,27	115,43	12,27	150,64

#### 4.5.2. Análisis de varianza (ANVA)

En el Cuadro 14 se presenta el ANVA del volumen laminado (pt) obtenido por calidad de troza, donde se observa las diferencias significativas de volumen laminado (pt) obtenidas por calidad de troza a un nivel de significación de 0,05. Además los resultados obtenidos, de la prueba de Tukey efectuada para comparar las medias de los valores de volumen laminado (pt) por calidad de troza, se encontraron que son diferentes a un nivel de 5%.

Cuadro 14. Análisis de variancia de volumen laminado por calidad de troza

Fuente de Variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc
Tratamiento	2,50	3,00	0,83	13,14
Entre Trat.	4,82	76,00	0,06	
Total	7,31	79,00	0,89604	

#### 4.5.3. Análisis de correlación

Para la correlación de la calidad de trozas vs el volumen laminado ( $m^2$ ), para la especie Higuerilla, se plantearon las siguientes hipótesis: Hipótesis nula, existe una correlación significativa entre la calidad de trozas y el

volumen laminado ( $m^2$ ). Y la Hipótesis alternante, es que no existe correlación significativa entre la calidad de trozas y el volumen laminado de Higuierilla.

En el Cuadro 15, se muestran los valores obtenidos del análisis de correlación entre la calidad de trozas y el volumen laminado ( $m^2$ ) obtenido; en este punto, la correlación fue significativa al 1% (0,01 de probabilidad), para la correlación de las trozas calidad "A" vs. el volumen laminado ( $m^2$ ), mientras que para las trozas calidad "B", también fue significativa, pero a un nivel de 5% (0,05 de probabilidad), demostrando así, una asociación directa entre la calidad de trozas frente al volumen laminado ( $m^2$ ).

Cuadro 15. Correlación de la calidad de trozas ("A" y "B") vs. volumen laminado ( $m^2$ ) para la especie Higuierilla

Especie	Calidad de troza	Correlación de variables	Coef. Correlación	Sig.
Higuierilla	A	Cal. de troza vs Vol. lam. ( $m^2$ )	0,891	**
Higuierilla	B	Cal. de troza vs Vol. lam. ( $m^2$ )	0,527	*

\*\* = La correlación significativo a un nivel de 0,01

\* = La correlación significativo a un nivel de 0,05

Sin embargo, es una correlación simplemente cuantitativa directamente proporcional solamente relacionado al volumen laminado en función a la calidad de las trozas, no obstante, si consideramos la calidad de madera de cada una de las trozas vs. la calidad de láminas procedente de cada una de ellas, el resultado es completamente diferente.

#### 4.6. Análisis estadístico de la evaluación cualitativa de láminas para centros

##### 4.6.1. Análisis de varianza (ANVA)

El Cuadro 16 presenta el ANVA del porcentaje de centros de primera y de segunda obtenida por calidad de troza de Higuierilla, en dicho cuadro se observa que hay diferencias significativas del porcentaje de centros de primera y de segunda obtenidas por calidad de troza a un nivel de significación de 0,05. Además los resultados obtenidos, de la prueba de Tukey efectuada para comparar las medias de los valores del porcentaje de centros de primera y de segunda, se encontraron que son diferentes a un nivel de 5%.

Cuadro 16. Análisis de variancia del porcentaje de centros de primera y de segunda obtenidas por calidad de troza de Higuierilla

Fuente de Variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
Tratamiento	27813,01	3,00	9271,00	197,50	2,74
Entre Tratam.	3567,61	76,00	46,94		
Total	31380,6201	79	9317,94447		

##### 4.6.2. Análisis de correlación

Para la correlación de las láminas de primera vs. láminas de segunda ( $m^2$ ), para la especie Higuierilla, se plantearon las siguientes hipótesis: Hipótesis nula, existe una correlación significativa entre el volumen de láminas de primera ( $m^2$ ) y el volumen de láminas de segunda ( $m^2$ ). Y la Hipótesis

alternante, es que no existe correlación significativa entre el volumen de láminas de primera ( $m^2$ ) y el volumen de láminas de segunda ( $m^2$ ).

En el Cuadro 17, se muestran los valores obtenidos del análisis de correlación entre el volumen de centros de primera ( $m^2$ ) y el volumen de centros de segunda ( $m^2$ ), para trozas de Higuierilla de calidad "A" fue significativo a un nivel de 0,05 y resultó ser no significativo para trozas de calidad "B".

Cuadro 17. Correlación de volumen de láminas de primera ( $m^2$ ) vs. volumen de láminas de segunda ( $m^2$ ) de Higuierilla

Especie	Calidad de troza	Correlación de variables	Coef. Correlación	Sig.
Higuierilla	A	Vol. rollizo (pt) vs Vol. Lam. ( $m^2$ )	0,891	**
Higuierilla	B	Vol. rollizo (pt) vs Vol. Lam. ( $m^2$ )	0,527	*
Higuierilla	A	Centros 1ra ( $m^2$ ) vs Centros 2da ( $m^2$ )	0,476	*
Higuierilla	B	Centros 1ra ( $m^2$ ) vs Centros 2da ( $m^2$ )	-0,418	NS

\*\* = La correlación significativo a un nivel de 0,01

\* = La correlación significativo a un nivel de 0,05

NS = No significativo

#### 4.7. Análisis estadístico de la evaluación cuantitativa de chapas

Asimismo, se determinó también los valores mínimos y máximos, la media y desviación típica; así como también la varianza de los valores obtenidos del volumen laminado; las medias obtenidas en cada parámetro,

fueron mayores para las trozas de calidad "A" y menores para las trozas de calidad "B" (ver Cuadro 18).

Cuadro 18. Resumen de estadísticos descriptivos de volumen laminado (pt), por calidad de troza

Cal	Variable (pt)	Especie	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
A	Vol.Lam.Seco	Cedro h.	20	106,93	725,44	283,80	168,08	28249,30
B	Vol.Lam.Seco	Cedro h.	20	30,90	328,76	170,75	77,83	6057,64

#### 4.7.1. Análisis de varianza (ANVA)

En el Cuadro 19 se presenta el ANVA del volumen laminado (pt) obtenido por calidad de troza, en dicha tabla se observa que hay diferencias significativas de volumen laminado (pt) obtenidas por calidad de troza a un nivel de significación de 0,05. Además los resultados obtenidos, de la prueba de Tukey efectuada para comparar las medias de los valores de volumen laminado (pt) por calidad de troza, se encontraron que son diferentes a un nivel de 5%.

Cuadro 19. Análisis de varianza de volumen laminado por calidad de troza

Fuente de Variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc
Tratamiento	2,50	3,00	0,83	13,14
Entre Trat.	4,82	76,00	0,06	
Total	7,31	79,00	0,89604	



#### 4.7.2. Análisis de correlación

Para la correlación de la calidad de trozas vs el volumen laminado ( $m^2$ ), para la especie Cedro huasca, se plantearon las siguientes hipótesis: Hipótesis nula, existe una correlación significativa entre la calidad de trozas y el volumen laminado ( $m^2$ ). Y la Hipótesis alternante, es que no existe correlación significativa entre la calidad de trozas y el volumen laminado.

En el Cuadro 20, se muestra una asociación directa entre la calidad de trozas vs. el volumen laminado ( $m^2$ ); así la correlación fue significativa al 1%, para las trozas calidad "A" vs. el volumen laminado ( $m^2$ ), mientras que para las trozas calidad "B", también fue significativa, pero a un nivel de 5%.

Cuadro 20. Correlación de calidad de trozas vs. volumen laminado ( $m^2$ )

Especie	Calidad de troza	Correlación de variables	Coef. Correlación	Sig.
Cedro huasca	A	Cal. de troza vs Vol. lam. ( $m^2$ )	0,891	**
Cedro huasca	B	Cal. de troza vs Vol. lam. ( $m^2$ )	0,527	*

\*\* = La correlación significativo a un nivel de 0,01

\* = La correlación significativo a un nivel de 0,05

#### 4.8. Análisis estadístico de la evaluación cualitativa de chapas

Se determinó también los valores mínimos y máximos, la media y desviación típica; así como también la varianza de los valores obtenidos del volumen laminado; las medias obtenidas en cada parámetro, fueron mayores para las trozas de calidad "A" que para las trozas de calidad "B" (Cuadro 21).

#### 4.8.1. Análisis de varianza de las variables evaluadas

El Cuadro 21, presenta el análisis de variancia del porcentaje de chapas de cara grados A, B y C obtenida por calidad de troza de Cedro huasca, en dicho cuadro se observa que hay diferencias significativas del porcentaje de chapas de cara grados A, B y C obtenidas por calidad de troza de Cedro huasca a un nivel de significación de 0,05. Además los resultados obtenidos, de la prueba de Tukey efectuada para comparar las medias de los valores del porcentaje de chapas de cara grados A, B y C por calidad de troza de Cedro huasca, se encontraron que son diferentes a un nivel de 5%.

Cuadro 21. Análisis de variancia del porcentaje de chapas de cara grados A, B y C obtenidas por calidad de trozas

Fuente de Variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc
Tratamiento	40770,27	5,00	8154,05	20,51
Entre Tratam.	45311,63	114,00	397,47	
Total	86081,9051	119	8551,52493	

En el Cuadro 22, se presenta el análisis de variancia del porcentaje de chapas de trascara grados D y E obtenida por calidad de troza de Cedro huasca, en dicha tabla se observa que hay diferencias significativas del porcentaje de chapas de trascara grados D y E obtenidas por calidad de troza a un nivel de significación de 0,05. Además los resultados obtenidos, de la prueba de Tukey efectuada para comparar las medias de los valores del

porcentaje de chapas de trascara grados D y E por calidad de troza, se encontraron que son diferentes a un nivel de 5%.

Cuadro 22. Análisis de variancia del porcentaje de chapas de trascara grados D y E obtenidas por calidad de troza de Cedro huasca

Fuente de Variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc
Tratamiento	9806,87	3,00	3268,96	10,73
Entre Trat.	23151,60	76,00	304,63	
Total	32958,4716	79	3573,58435	

En el Cuadro 23, se muestran los valores obtenidos del análisis de correlación en cuanto a volumen (pt) vs volumen laminado ( $m^2$ ) y chapas de cara vs chapas trascara por calidad de troza, para dichos valores fueron, la correlación fue significativa a un nivel de 0,01, en los casos donde se relaciona el volumen (pt) vs volumen laminado ( $m^2$ ) en las trozas de calidad "A" y en las trozas de calidad "B" significativo a un nivel de 0,05.

Para la correlación de chapas de cara y chapas de trascara obtenidas de Cedro huasca fue no significativo.

Cuadro 23. Correlación del volumen rollizo (pt) vs volumen laminado (m<sup>2</sup>), chapas de cara vs chapas trascara por calidad de troza

Especie	Calidad de troza	Correlación de variables	Coef. Correlación	Sig.
Cedro h.	A	volumen rollizo (pt) vs Vol. laminado (m <sup>2</sup> )	0,841	**
Cedro h.	B	volumen rollizo (pt) vs Vol. laminado (m <sup>2</sup> )	0,843	**
Cedro h.	A	chapas de cara (m <sup>2</sup> ) vs chapas trascara (m <sup>2</sup> )	-0,23	NS
Cedro h.	B	chapas de cara (m <sup>2</sup> ) vs chapas trascara (m <sup>2</sup> )	-0,181	NS

\*\* = La correlación significativo a un nivel de 0,01

NS = No significativo

## V. CONCLUSIONES

1. Se determinó el rendimiento de la madera rolliza de Higuierilla por corte periférico en la industria del laminado, el cual corresponde a  $0,49 \text{ m}^2/\text{pt}$ , de láminas para centros con  $3,5 \text{ mm}$  de espesor, lo que equivale a un aprovechamiento de  $46,16\%$  de láminas secas.
2. Se determinó el rendimiento de las trozas de Cedro huasca por corte central tangencial en la industria del laminado el cual corresponde a  $1,52 \text{ m}^2/\text{pt}$ , de láminas para chapas con  $0,7 \text{ mm}$  de espesor, lo que equivale a un aprovechamiento de  $53,61\%$  de láminas secas.
3. Se evaluó la influencia de la calidad de trozas de Higuierilla y Cedro huasca en la producción de láminas para centros y chapas, respectivamente, determinando que en ambos casos la calidad de la madera rolliza está asociada fundamentalmente a la presencia o ausencia de defectos en las láminas y consecuentemente, existe una relación directamente proporcional entre ambas variables.

4. Se determinó la cantidad de láminas obtenidas para chapas de cara y trascara de Cedro huasca, siendo la proporción entre éstas de 80,77% y 19,13%, respectivamente.
  
5. Se determinó la cantidad de láminas obtenidas para centros de primera y centros de segunda de Higuierilla, siendo la proporción entre éstas de 69,85% y 30,15%, respectivamente.
  
6. Con la producción cualitativa obtenida tanto de chapas de Cedro huasca, como de centros de Higuierilla, como resultado del presente trabajo, la empresa está coordinando con compradores externos a fin de establecer nuevas opciones de mercado nacional e internacional.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar otros estudios similares a fin de ajustar los rendimientos cuantitativos y cualitativos de la Higuierilla en la producción de láminas para centros de madera, utilizando diferentes tipos de corte, así como de otras especies que tengan aptitud para el laminado y obtención de este producto, considerando en este caso por ejemplo la procedencia de la madera rolliza.
2. Desarrollar otros estudios relacionados al tema, con el fin de ajustar los rendimientos cuantitativos y cualitativos del Cedro huasca en la producción de láminas para chapas de madera empleando diferentes tipos y orientaciones de los cortes, así como de otras especies que tengan aptitud para el laminado y obtención de este producto, considerando en este caso por ejemplo la ubicación de las trozas en función al fuste del árbol.
3. Ejecutar evaluaciones análogas con las especies Higuierilla y Cedro huasca considerando en este caso las propiedades mecánicas y físicas de la madera que presentan ambas especies en la producción de láminas para centros y chapas, respectivamente.

4. Llevar a cabo estudios para determinar la durabilidad natural de la madera de Higuierilla y Cedro huasca, particularmente sobre la primera especie, pues, las láminas de ésta durante la evaluación presentó mayor vestigio y rastros de haber sido atacada por agentes xilófagos (hongos e insectos), lo cual, disminuye la calidad de las láminas.

5. Realizar y mantener coordinación permanente con la empresa auspiciadora del presente trabajo, con la finalidad de apoyar y brindar asesoramiento técnico en lo que respecta a promoción de las especies y sus productos, búsqueda de mercado nacional e internacional.



## VII. ABSTRACT

This research had the purpose of evaluating the performance of roundwood from Castor (*Cunuria spruceana* Baillon) and Cedar huasca (*Cedrela* sp.), The industry rolling, considering it for two grades of logs ("A" and "B"), finding that logs quality "A" of both species originated high performance in terms of quantity (volume) of plates and foils for centers of Castor and Cedar huasca, respectively, thus demonstrating that there is a correlation directly proportional to the diameter and volume of laminated logs, but about the quality of plates produced, this relationship is not met because of some quality logs "A" was obtained sheets of low quality and vice versa, log on quality "B" was obtained sheets of good quality, determining that in both cases the quality of roundwood is associated primarily with the presence or absence of defects in sheets and consequently, there is a directly proportional relationship between the two variables.

In addition, it was determined that the use of roundwood from Castor, corresponding to 0,49 m<sup>2</sup>/pt, foils for centers with 3,5 mm thick, which is equivalent to a yield of 46,16% of dry plates; while seizing the logs of Cedar

huasca corresponds to 1,52 m<sup>2</sup>/pt, foils for plates with 0,7 mm thick, which is equivalent to a yield of 53,61% of dry plates.

Also, it was determined the amount of veneer sheets obtained for face and after face of Cedar huasca, with the proportion between them of 80,77% and 19,13% respectively, while the number of sheets obtained for first and centres centres Second of Castor, was at a rate of 69,85% and 30,15% respectively.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M., OK MA, H. 2002 OIMT Actualidad Forestal Tropical. 10/3. Industria de contrachapados de china toma vuelo. Yokohama, Japón. 2 p.

ALCÁNTARA, D., BRAVO, M. 1983. Modelos matemáticos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Programa académico de Ingeniería Forestal. UNCP. Huancayo, Perú. 17 p.

AVT. 2000. Asiris Vision Technologies SA. Empresa especializada en el desarrollo de sistemas de visión artificial para líneas de producción. Astigarraga, España. 10 p. [En línea]: AVT <http://www.asiristech.com/Am.html>, Aplicaciones a medida. Inspección de chapas de madera. 10 Jul 2006.

CASTRO, P. 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos) SAGPyA Forestal N° 15, junio 2000. Buenos Aires, Argentina. 30 p. [En línea]: <http://webs.sinectis.com.ar/mcagliani/hmaderac>, Coordinación de Forestación. Madera contrachapada. 5 May 2005.

- CARRIÓN, R. y SOLANO, J. 2002. La Industria maderera en Perú. Vol.5. Lima, Perú. 30 p. [En línea]: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Publicaciones>, La Industria maderera en el Perú. 18 Jun 2004.
- CChC. 2005. Bit – La revista técnica de la construcción. Art. N° 40. Santiago, Chile. 3 p. [En línea]: CChC - Cámara Chilena de Construcción. [http://www.revistabit.cl/body\\_articulo.asp/http://materiales.cdt.cl](http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp/http://materiales.cdt.cl), Tableros “aplicaciones para cada necesidad”. 10 Ene 2005.
- CTE. 2003. Código Técnico de la Edificación. Madrid, España. 1061 p. [En línea]: [http://www.maderamaciza.com/Info técnica construcción](http://www.maderamaciza.com/Info_técnica_construcción), Materiales para Construcción. Madera. 20 Dic 2006.
- DANZER, K. 2001. Producción de chapas de madera. París, Francia 20 p. [En línea]: DANZER GROUP. [http:// www.veneermill.com/es](http://www.veneermill.com/es), Etapas de la producción. Técnicas. 27 Mar 2004.
- DEMERS, P. y TESCHKE, K. 2000. Industria forestal. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Capítulo 71. Edición I. Québec, Canadá. 14 p.
- DEMUTH. 2000. Producción de madera laminada. Novo Hamburgo, Brasil 10 p. [En línea]: <http://www.demuth.com.br/espanhol/produtos/facas/laminas>, Cuchillas para torno laminador de madera. 29 Ago. 2003.

- DEVLIEGER, S.F. 1991. Técnicas de debobinado. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 99 p.
- FAO. 1986. Unasyva - No. 153 – Vol. 38. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. Roma, Italia. 90 p. [En línea]: <http://www.fao.org/docrep>, Nuevas dimensiones de la industria forestal. 26 Dic. 2006.
- FAO. 1997. Unasyva – N° 3 - Vol. 11. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. Roma, Italia. 93 p. [En línea]: <http://www.fao.org/docrep>, Los tableros y el aprovechamiento de los bosques tropicales 20 Ene. 2003.
- IICA / GTZ. 2002. Proyecto INFOAGRO-Bolivia (IICA/GTZ. Plan Estratégico para el Desarrollo Forestal de Bolivia, 2000. Unidad de Desarrollo Rural Sostenible. Bolivia 20 p. [En línea]: <http://www.infoagro.gov.bo>, Industria de Láminas y Contrachapados. 25 de Ago 2004.
- IGE. 2003. Industria maderera. Instituto Gallego de Estadística. Consejería de Política Agroalimentaria y Desarrollo Rural. Galicia, España. 10 p. [En línea]: <http://www.xunta.es/galicia2003/ES>, La industria de transformación de la madera de Galicia. 12 Feb 2004.

INIA. 1995. Maderas del Perú. Lima, Perú. 28 p. [En línea]: Instituto Nacional de Investigación Agraria <http://www.fao.org/ag/agl/agll/rla128/inia/inia-p4/inia-p4-08.htm>, Ficha técnica de *Cunuria spruceana* B. (Higuerilla). 21 Feb 2004.

INRENA. 2002. Bases del concurso público N° 002-2002-INRENA. Concesiones forestales con fines maderables. Mapa de Unidades de Aprovechamiento de la Región Ucayali. Pucallpa, Perú. 90 p.

ITINTEC. 1979. Chapas de madera. Definición y Terminología. Norma Técnica Nacional 251.044. Lima, Perú. 4 p.

ITINTEC. 1979. Chapas de madera no decorativas. Requisitos generales. Norma Técnica Nacional 251.045. Lima, Perú. 6 p.

ITINTEC. 1980. Chapas de madera. Chapas para interiores, almas de madera. Objeto. Requisitos. Norma Técnica Nacional 251.058. Lima, Perú. 4 p.

ITINTEC. 1984. Tableros de madera contrachapados. Definición y Terminología. Norma Técnica Nacional 251.038. Lima, Perú. 4 p.

JULCA, P. 1986. Aptitud al laminado de siete especies forestales de Madre de Dios. Tesis de Ingeniero Forestal. Lima, Perú. UNALM. 83 p.

- MALGORN, G. 2007. Diccionario Técnico Español-ingles / Spanish-english Technical Dictionary. 2da. Edición. [En línea]: [http://www.sapiensman.com/ESDictionary/A/Technical\\_vocabulary\\_Spanish\\_Viscoelasticidad](http://www.sapiensman.com/ESDictionary/A/Technical_vocabulary_Spanish_Viscoelasticidad). 15 Mayo 2008.
- MIGUEL, M. 1988. Rendimiento de la madera rolliza de tres especies tropicales, en la fabricación de chapas decorativas. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú. UNALM. 108 p.
- MINAG. 1995. Ministerio de Agricultura. Portal agrario. Recursos Naturales. Lima, Perú. 3 p. [En línea]: [http://www.minag.gob.pe/agricola/pro\\_medi\\_cedro.shtm](http://www.minag.gob.pe/agricola/pro_medi_cedro.shtm), Línea de cultivos emergentes. Plantas medicinales. 27 Set. 2005.
- OCHOA, R. 2002. Influencia de la edad del pino insigne *Pinus radiata* D. Don. En la obtención de láminas de madera por corte plano. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú. Escuela de Post Grado de la UNALM. 68 p.
- POSCHEN, P. 2000. Industria forestal. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Capítulo 68. 1ra edición. Québec, Canadá. 46 p.
- ROMERO, F. 1990. Rendimiento de madera rolliza de Ishpingo y Lagarto en la fabricación de chapas decorativas. Tesis Ing. For. Lima, Perú. UNALM 112 p.

- SCHON, F. y GROH, V. 1996. Chapas de madera. Madera en su forma más bonita. Eschelbronn, Alemania. 10 p. [En línea]: <http://www.sg-veneers.com>, / [www.sg-veneers.com/Empresa](http://www.sg-veneers.com/Empresa), / <http://www.sg-veneers.com/Rollizo>, Chapas de madera desenrolladas. 23 Ene. 2004.
- SOTOMAYOR, J. y VILLASEÑOR, J. 2006. Instituto de ecología – INECOL. Michoacán, México. Artículo científico. 2 p. [En línea]: <http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones.Vol.12.2.06>. Comportamiento viscoelástico de la madera de *Prosopis* sp. 25 mayo 2008.
- TIMBERCOM. 2002. Maderas decorativas. Valencia, España. 10 p. [En línea]: <http://www.timbercom.com>, Chapas de madera. 11 Mar 2006.
- UNE. 1987. Chapas de madera. Definiciones y clasificación. Norma Técnica Española. 56701. Madrid, España. 5 p.
- ZAVALA, D. y LARA, M. 1998. Madera y Bosques. Análisis del proceso de ablandamiento de trocería de encinos para la producción de chapa para madera contrachapada (triplay). Coyoacán. México. 12 p.
- ZAVALA, D., HERNÁNDEZ, Y. 2002. Maderas, ciencia y tecnología. Coyoacán, México. 13 p. [En línea]: <http://www.scielo.cl/scielo.php>, Aprovechamiento de chapas de cortas dimensiones para aumentar la producción de triplay. V. 4 N° 2. 20 Ene 2005.



# **ANEXOS**

### Apéndice 1. Zona de estudio

#### Anexo A. Ubicación de la Planta Principal de la Empresa Plywood Supplies

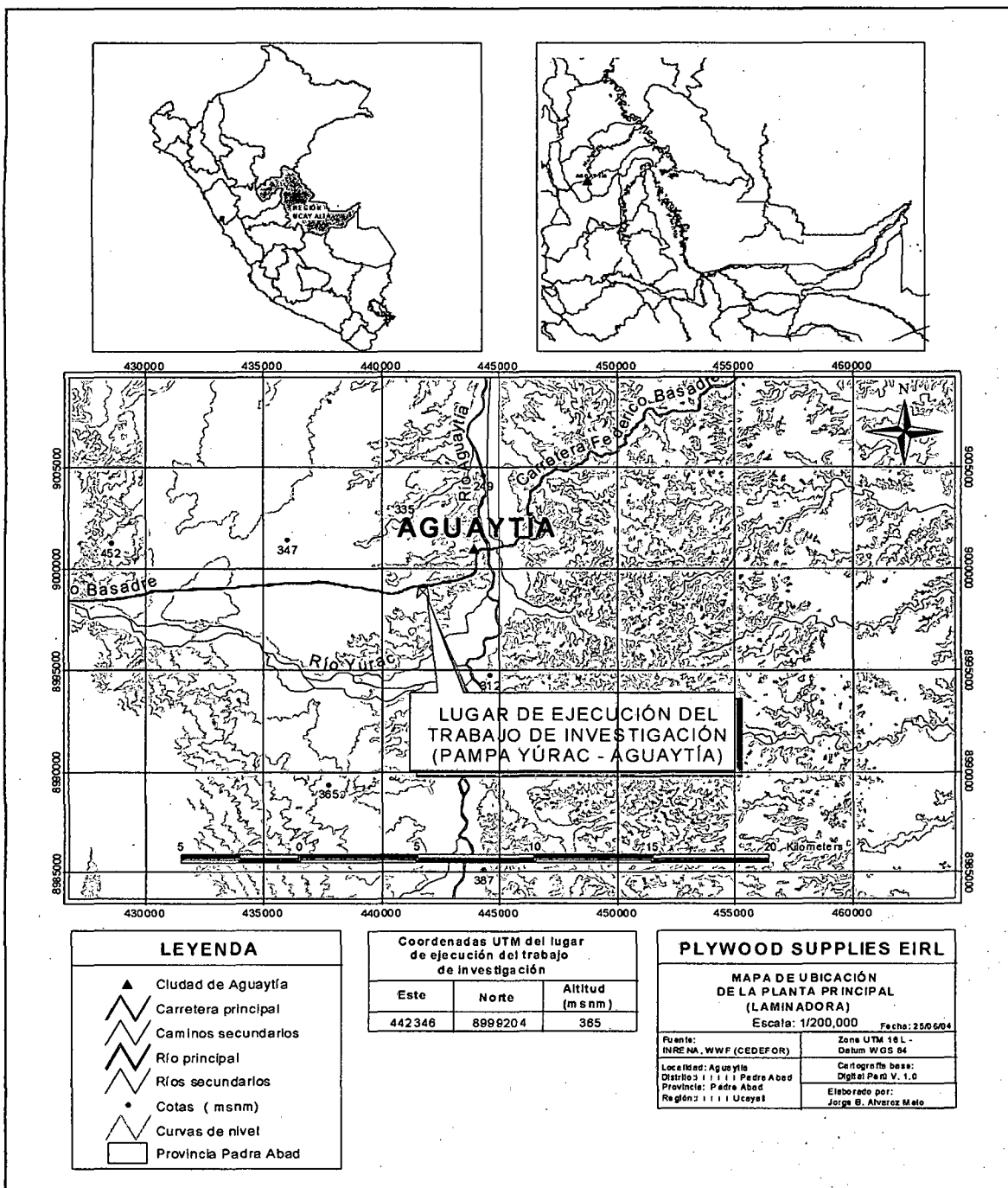


Figura 10. Mapa de ubicación del lugar donde se ejecutó el trabajo de investigación

## Apéndice 2. Gráficos y dimensiones de trozas evaluadas

### Anexo A. Habilitación de trozas de Cedro huasca

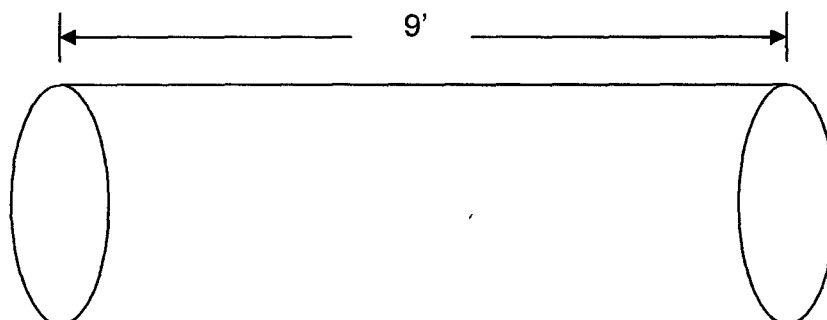


Figura 11. Longitud promedio de las trozas de Cedro huasca (2,74 m)

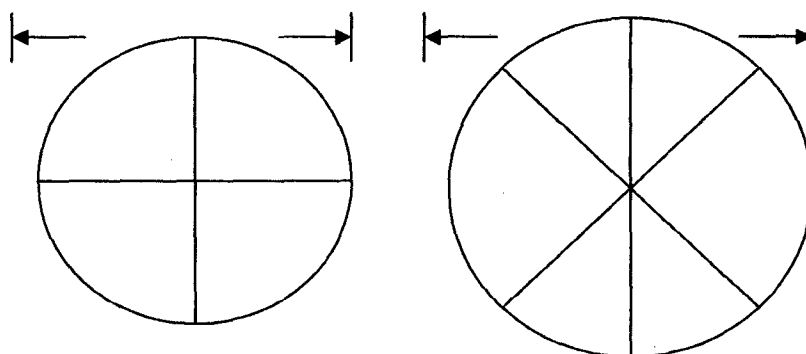


Figura 12. Aserrío longitudinal de las trozas

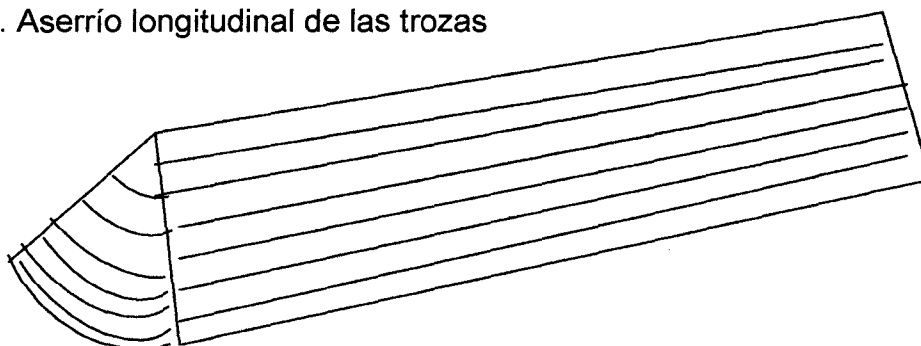


Figura 13. Bloque triangular obtenido mediante aserrío en punta

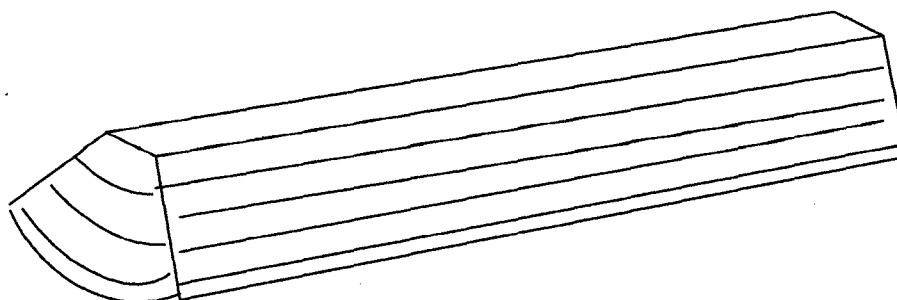


Figura 14. Bloque en forma de trapecio listo para ser laminado

Anexo B. Habilitación de trozas de Higuera

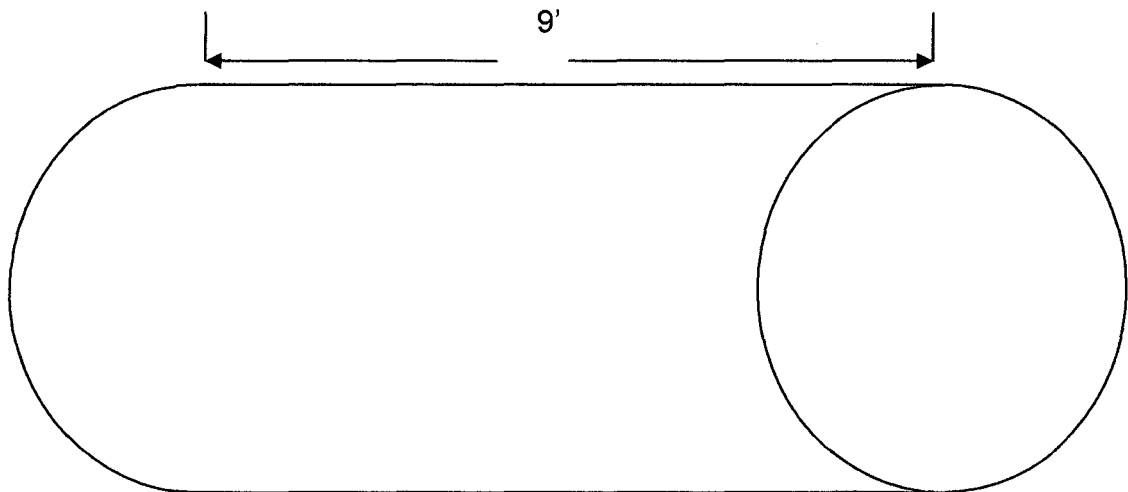


Figura 15. Longitud promedio de las trozas de Higuera (2,74 m)

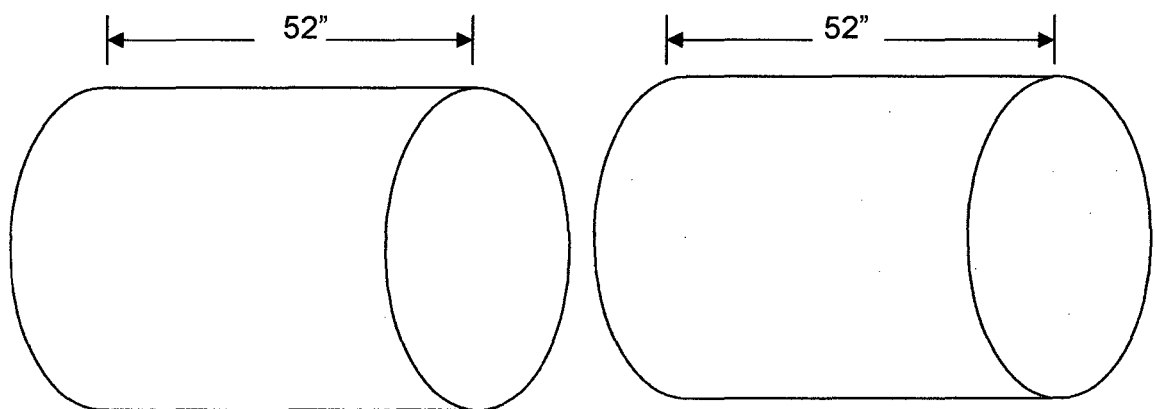


Figura 16. Corte transversal de las trozas para abastecer al Torno debobinador

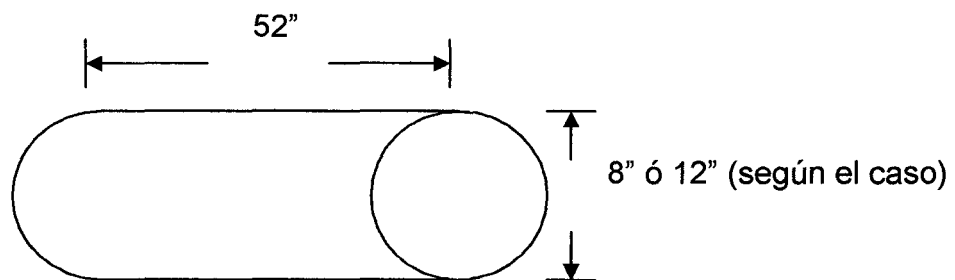


Figura 17. Rollizo residual (polín), luego del debobinado

### Apéndice 3. Formatos para registro y evaluación de trozas y láminas

#### Anexo A. Formato 1. Registro y Evaluación de trozas

Especie: ..... N° de Troza: ..... Calidad: .....  
 Procedencia: .....  
 Evaluador: ..... Fecha: .....

Extremo mayor		Unid	Defectos físicos			Observaciones
			Sin defectos			
			Grietas			
Diámetro mayor			Rajaduras			
Diámetro Menor			Acebolladuras			
Promedio			Nudos			
Duramen			Perforación central			
Extremo menor			Corteza incluida			
Diámetro mayor			características fitosanitarias			Observaciones
Diámetro menor			Sana			
Promedio			Manchas naturales			
Duramen			Manchas fungi cromógenas			
Longitud			Pudrición			
Volumen			Perforaciones			
Forma de la troza			Representación gráfica de la troza			
Excentricidad						
Redonda						
Ovalada						
Cuadrangular						
Triangular						
Irregular						
Conicidad						
Curvatura			Extremo mayor		Extremo menor	











Anexo F. Formato 6. Evaluación Cualitativa de Chapas (Norma ITINTEC 251.045)

Especie..... N° de troza..... Calidad.....  
 N° de muestras evaluadas..... Evaluador.....  
 Fecha.....

N°	Requisitos y características específicas	Chapas de Cara Grado A	Chapas de Cara Grado B	Chapas de Cara Grado C	Chapas de Trascara Grado D	Chapas de Trascara Grado E
1	Ondulaciones (arqueaduras)					
2	Corrugado					
3	Perforación de insectos					
4	Decoloración por manchas naturales					
5	Decoloración por manchas de hongos cromógenos					
6	Depósitos minerales: látex, gomas, resinas, entre otros					
7	Hendiduras o grietas abiertas					
8	Hendiduras o grietas cerradas					
9	Contenido de humedad					
10	Nudos sanos					
11	Nudos muertos					
12	Raspaduras, desgarres					
13	Tolerancia en espesor (calibración)					
14	Coloración					
15	Veteado					
16	Consistencia quebradiza					
17	Mezcla de albura y duramen					
18	Corte					









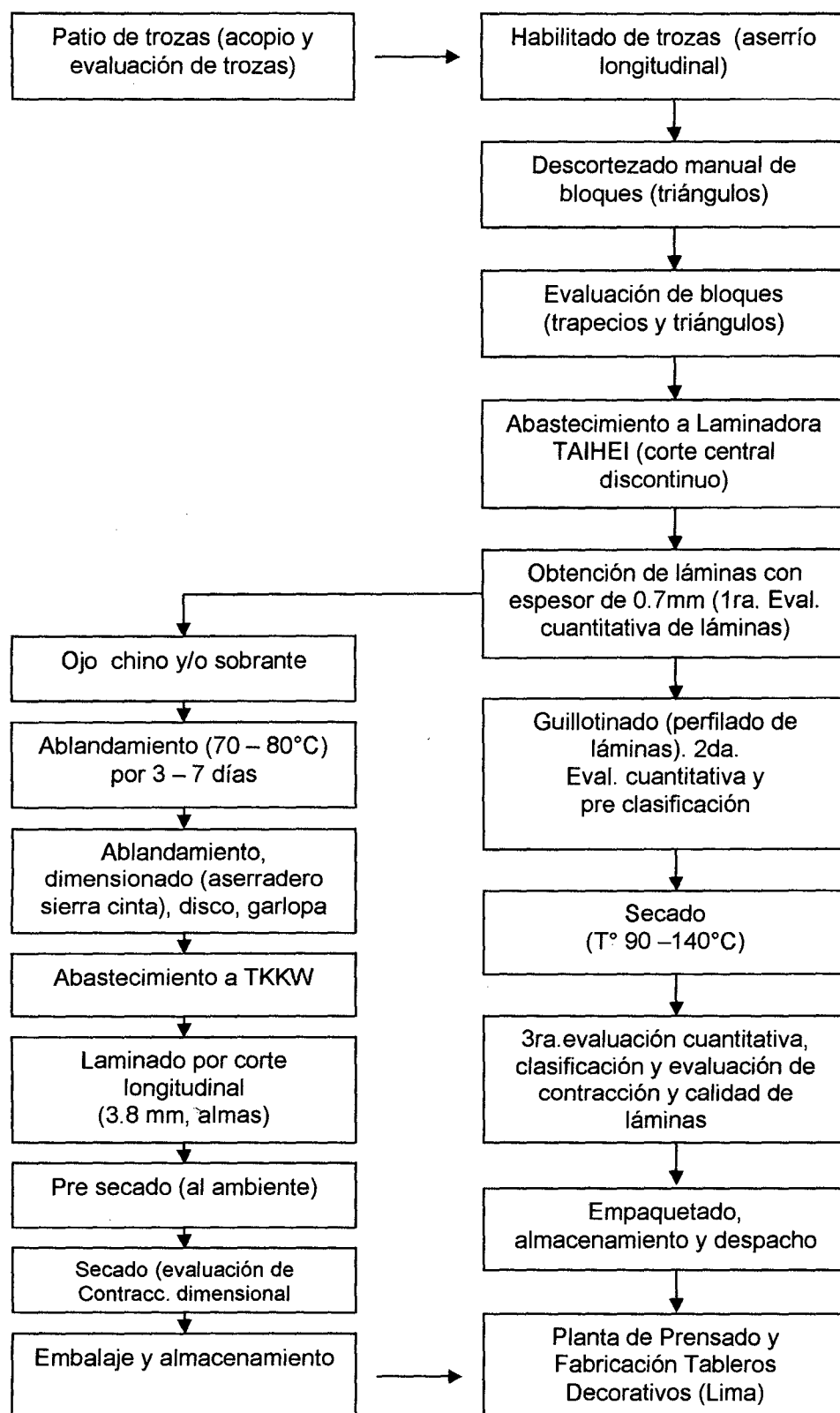
Anexo K. Formato 11. Evaluación Cualitativa de Almas (Norma ITINTEC 251.058)

Especie..... N° de troza..... Calidad.....  
 N° de muestras evaluadas..... Fecha.....  
 Evaluador.....

N°	Requisitos y características específicas	Almas o centros de primera	Almas o centros de segunda
1	Ondulaciones (arqueaduras)		
2	Coloración		
3	Perforación de insectos		
4	Decoloración por manchas naturales		
5	Decoloración por hongos cromógenos		
6	Depósitos minerales: látex, gomas, resinas, entre otros		
7	Rajaduras cerradas		
8	Rajaduras abiertas		
9	Contenido de humedad		
10	Nudos sanos		
11	Nudos muertos		
12	Tolerancia en espesor		
13	Pudriciones		
14	Corte		
15	Defectos sanos (no abiertos)		
16	Mezcla de albura y duramen		

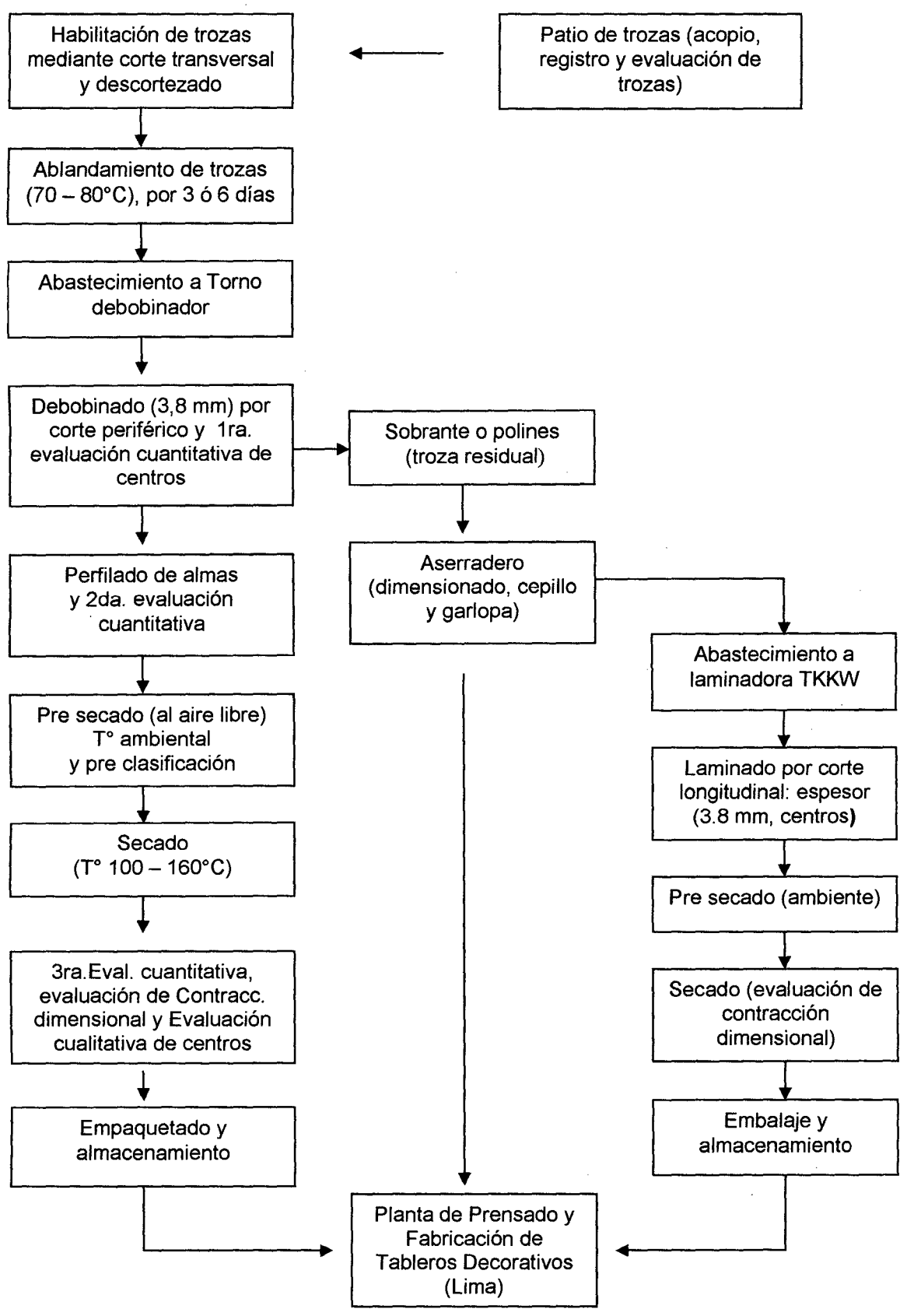
## Apéndice 4. Flujograma de producción de láminas de madera

### Anexo A. Evaluación del proceso productivo de chapas de Cedro huasca





### Anexo B. Evaluación del proceso productivo de centros de Higuierilla



## Apéndice 5. Trozas evaluadas durante el trabajo de investigación

### Anexo A. Datos obtenidos de las trozas evaluadas de Higuierilla

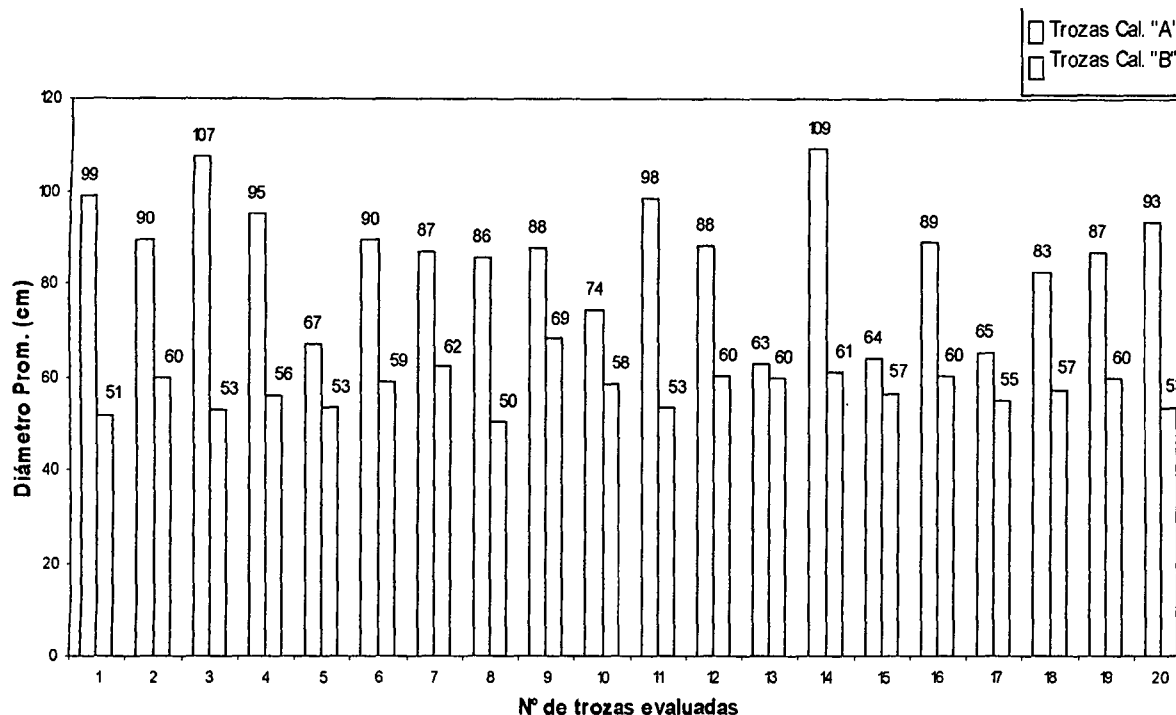


Figura 18. Diámetros promedio de las trozas de Higuierilla

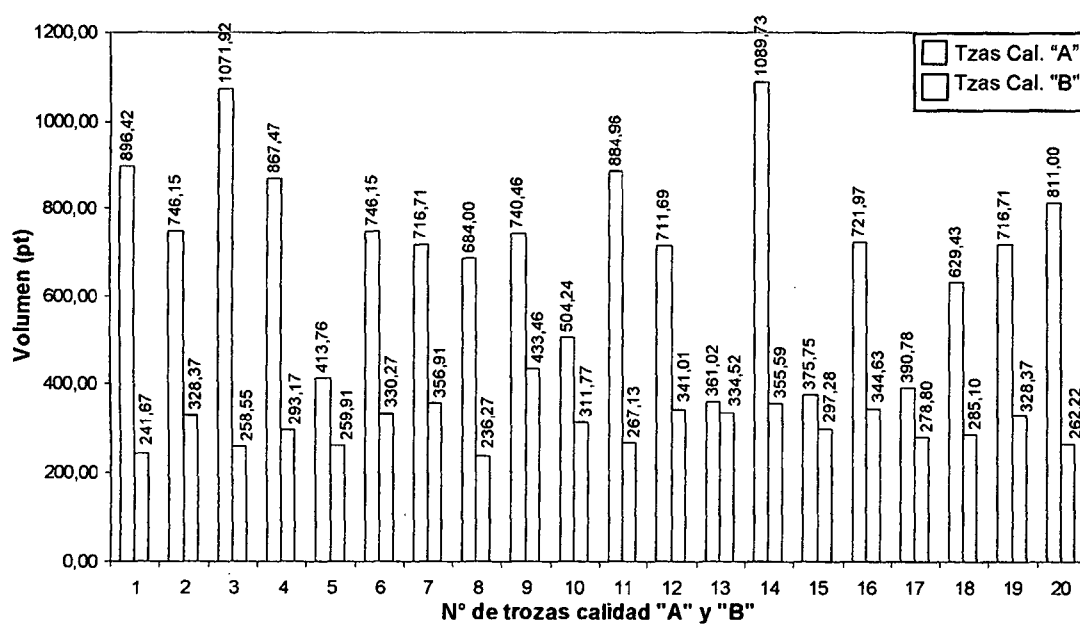


Figura 19. Volumen rollizo (pt) de las trozas de Higuierilla

Anexo B. Datos obtenidos de las trozas evaluadas de Cedro huasca

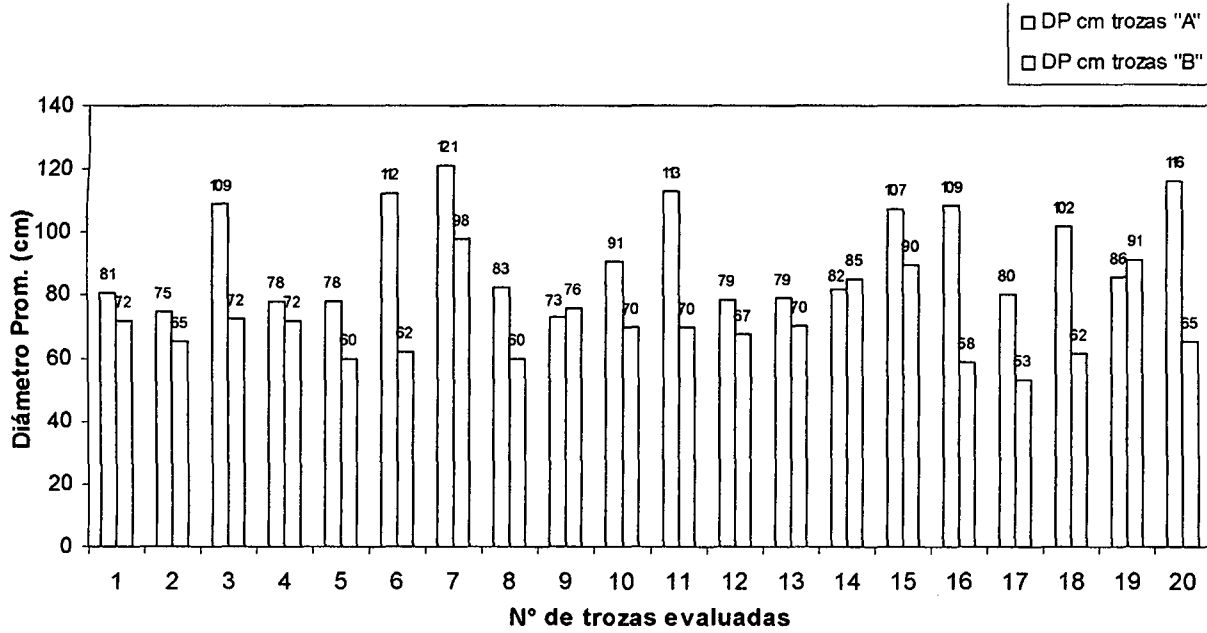


Figura 20. Diámetros promedio de las trozas de Cedro huasca

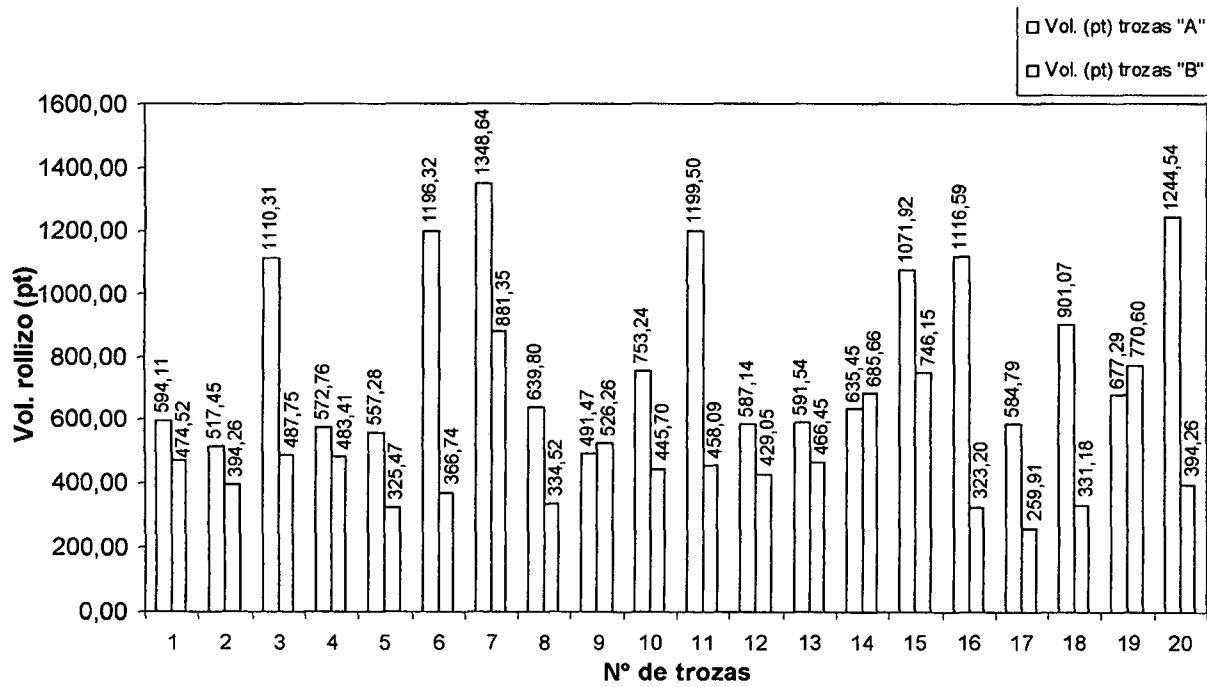


Figura 21. Volumen rollizo (pt) de las trozas de Cedro huasca

### Apéndice 6. Merma (pérdida) de volumen rollizo durante el laminado

Anexo A. Merma en la producción de chapas de Cedro huasca (trozas "A")

Cuadro 24. Promedio del volumen de merma de trozas de Cedro huasca (calidad "A").

Proceso productivo de chapas	Volumen de merma	
	pt	%
Habilitado por corte longitudinal	56,09	7,07
Descortezado (pelado)	27,78	3,46
Despuntado	39,72	4,66
Desbastado (corte central tangencial)	37,16	4,17
Sobrante (ojo chino)	120,68	15,79
Perfilado	33,22	3,82
Secado	37,36	3,98
<b>Total de merma</b>	<b>352,01</b>	<b>42,95</b>

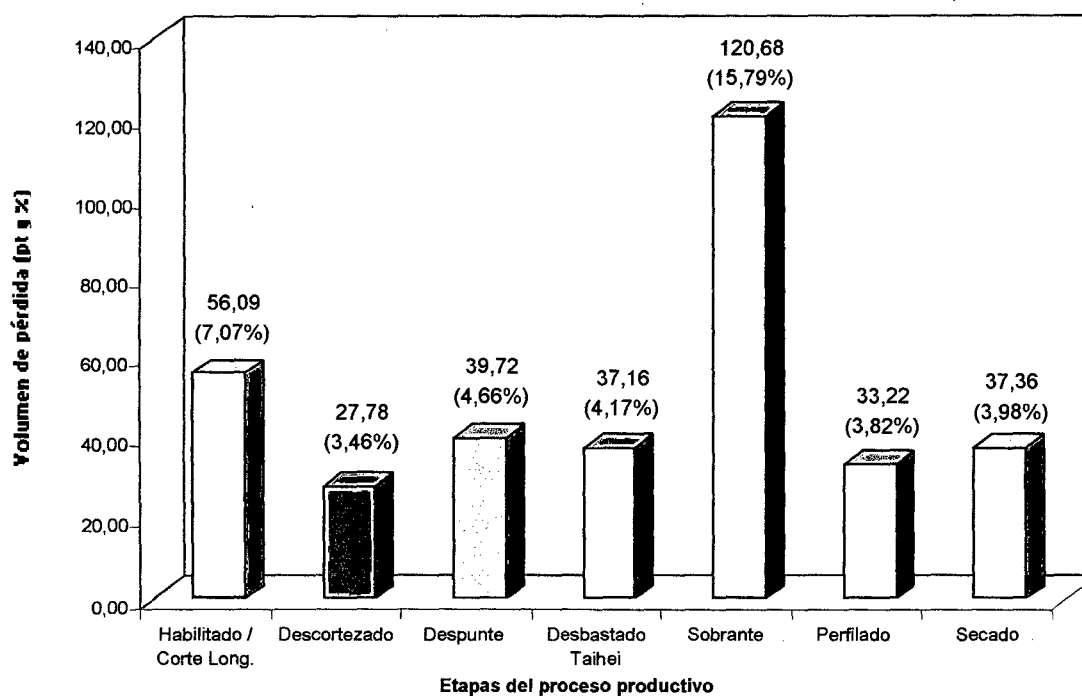


Figura 22. Volumen de merma del laminado de trozas de Cedro huasca (calidad "A").

## Anexo B. Merma en la producción de chapas de Cedro huasca (trozas "B")

Cuadro 25. Promedio del volumen de merma de trozas de Cedro huasca (calidad "B").

Proceso productivo de chapas	Volumen de merma	
	pt	%
Habilitado por corte longitudinal	34,56	7,55
Descortezado (pelado)	21,28	4,67
Despuntado	23,93	4,95
Desbastado (corte central tangencial)	25,41	5,02
Sobrante (ojo chino)	103,82	21,76
Perfilado	14,72	3,31
Secado	13,13	2,83
<b>Total de merma</b>	<b>236,85</b>	<b>50,09</b>

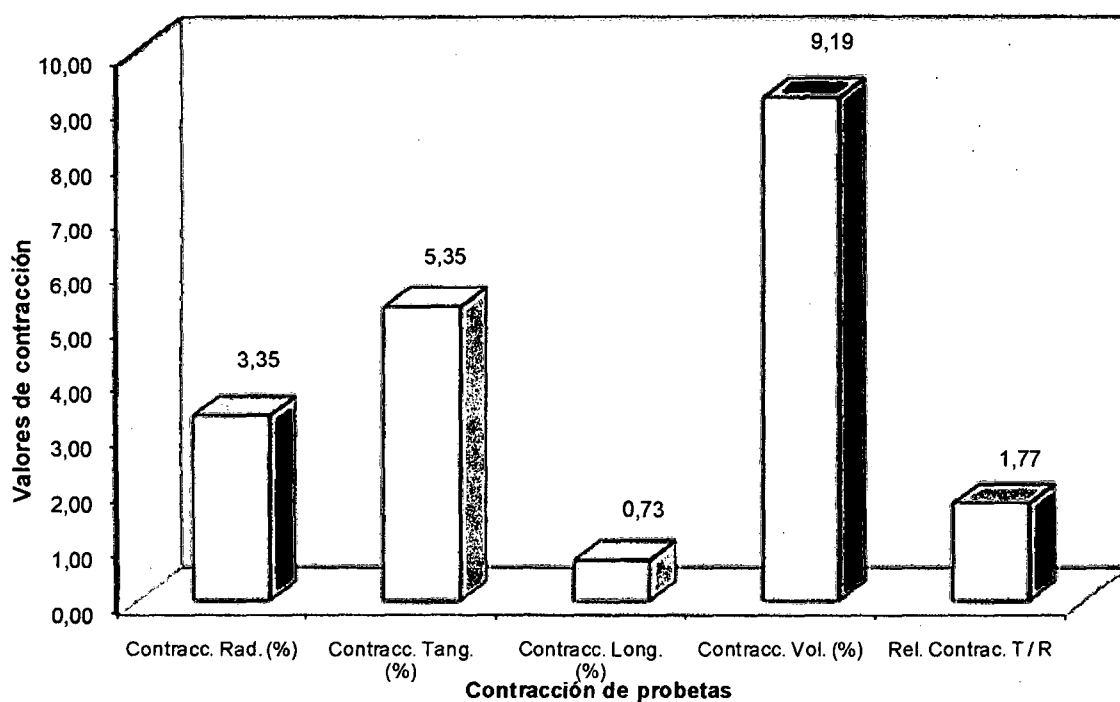


Figura 23. Volumen de merma del laminado de trozas de Cedro huasca (calidad "B").

### Apéndice 7. Evaluación de probetas en laboratorio

Anexo A. Contenido de humedad y densidad básica de Cedro huasca

Cuadro 26. Evaluación del contenido de humedad y densidad básica por desplazamiento de volumen con probetas de Cedro huasca.

N° Prob	PH° Prom (gr)	PSH Prom (gr)	VH° (cm <sup>3</sup> )	CH° (%) BH°	CH° (%)	DB (gr/cm <sup>3</sup> )
1	58,34	48,10	127,00	17,55	21,29	0,38
2	53,78	44,02	121,33	18,15	22,17	0,36
3	56,98	44,18	120,33	22,46	28,97	0,37
4	60,30	46,62	122,33	22,69	29,34	0,38
5	53,62	44,69	123,67	16,65	19,98	0,36
6	57,34	46,14	124,67	19,53	24,27	0,37
7	59,03	47,46	123,33	19,60	24,38	0,38
8	51,26	42,20	115,33	17,67	21,47	0,37
9	55,78	44,30	114,33	20,58	25,91	0,39
10	53,68	42,84	114,00	20,19	25,30	0,38
11	56,17	44,42	114,67	20,92	26,45	0,39
12	59,68	45,32	116,67	24,06	31,69	0,39
13	52,60	42,69	115,67	18,84	23,21	0,37
14	62,91	44,21	114,00	29,73	42,30	0,39
15	53,95	42,73	114,33	20,80	26,26	0,37
16	56,40	45,76	117,00	18,87	23,25	0,40
17	52,74	42,20	115,67	19,98	24,98	0,37
18	50,64	41,61	115,00	17,83	21,70	0,36
19	51,76	42,86	116,00	17,19	20,77	0,37
20	54,72	44,38	116,33	18,90	23,30	0,38
Suma	1111,68	886,73	2361,66	402,20	507,00	7,51
Prom	55,58	44,34	118,08	20,11	25,35	0,38

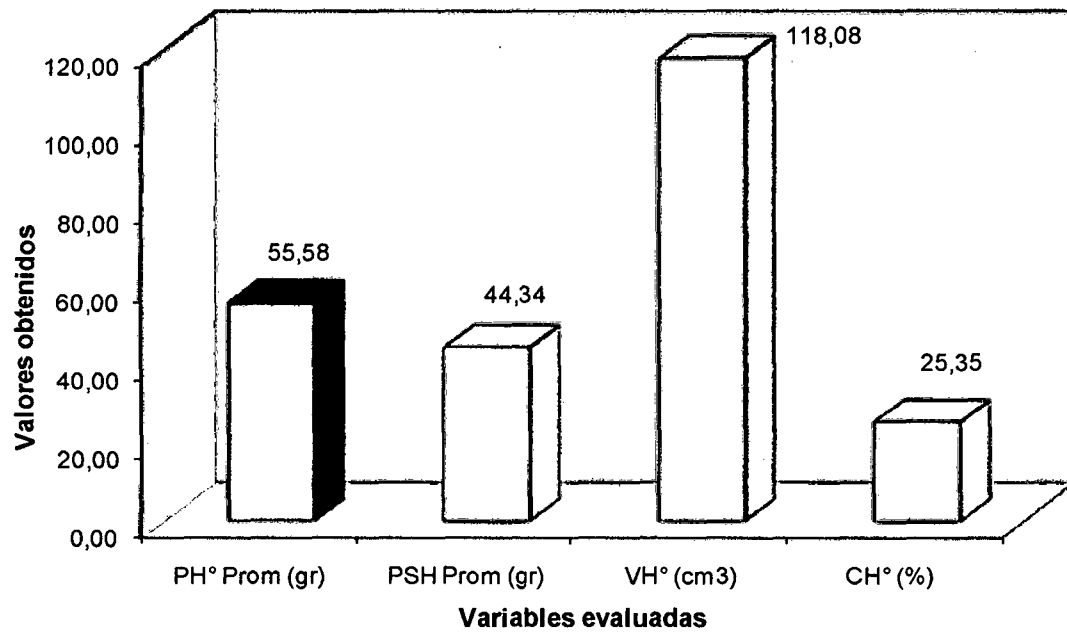


Figura 24. Variables evaluadas de las probetas de Cedro huasca

## Anexo B. Contenido de humedad y densidad básica de Higuierilla

Cuadro 27. Evaluación del contenido de humedad y densidad básica por desplazamiento de volumen con probetas de Higuierilla.

N° Prob	PH° Prom (gr)	PSH Prom (gr)	VH° (cm <sup>3</sup> )	CH° (%) BH°	CH° (%)	DB (gr/cm <sup>3</sup> )
1	67,20	39,87	84,64	40,67	68,55	0,47
2	65,03	39,94	83,68	38,58	62,82	0,48
3	67,07	41,78	84,70	37,71	60,53	0,49
4	68,65	43,19	85,74	37,09	58,95	0,50
5	65,56	39,22	85,35	40,18	67,16	0,46
6	71,53	43,71	85,92	38,89	63,65	0,51
7	69,52	42,63	85,21	38,68	63,08	0,50
8	66,75	40,76	84,32	38,94	63,76	0,48
9	67,87	40,91	83,50	39,72	65,90	0,49
10	66,10	40,92	84,34	38,09	61,53	0,49
11	64,43	41,14	84,75	36,15	56,61	0,49
12	67,22	41,16	84,31	38,77	63,31	0,49
13	68,53	41,38	84,79	39,62	65,61	0,49
14	64,40	40,84	83,68	36,58	57,69	0,49
15	64,79	42,65	84,10	34,17	51,91	0,51
16	66,22	41,16	83,98	37,84	60,88	0,49
17	65,26	41,42	84,06	36,53	57,56	0,49
18	65,58	40,96	84,53	37,54	60,11	0,48
19	67,65	42,51	86,17	37,16	59,14	0,51
20	66,10	40,96	84,12	38,03	61,38	0,49
Suma	1335,46	827,11	1691,89	760,95	1230,13	9,78
Prom	66,77	41,36	84,59	38,05	61,51	0,49



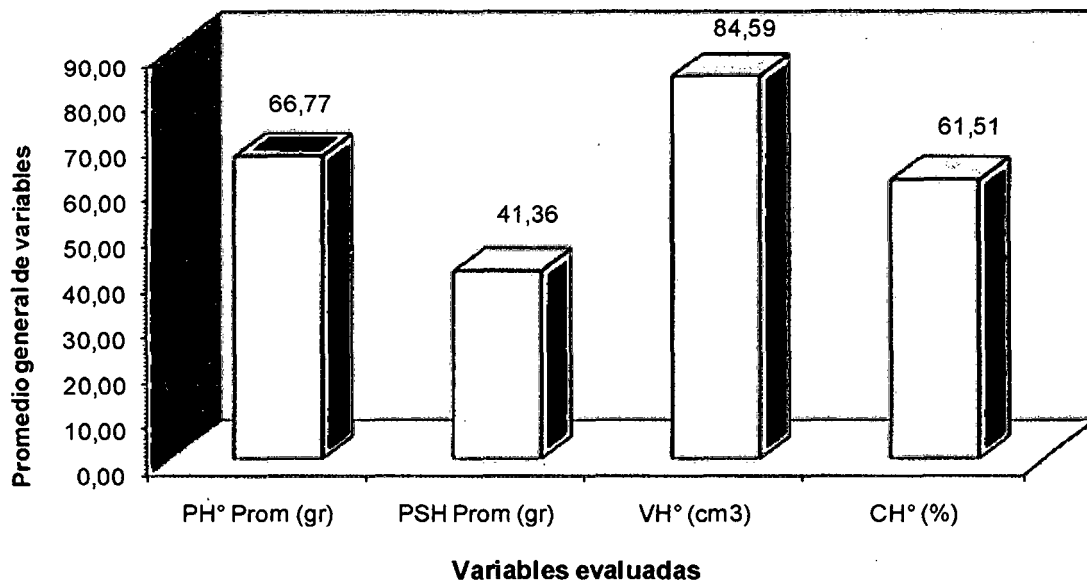


Figura 25. Variables evaluadas de las probetas de Higuierilla

Anexo C. Evaluación de la contracción dimensional de probetas de Higuierilla y Cedro huasca

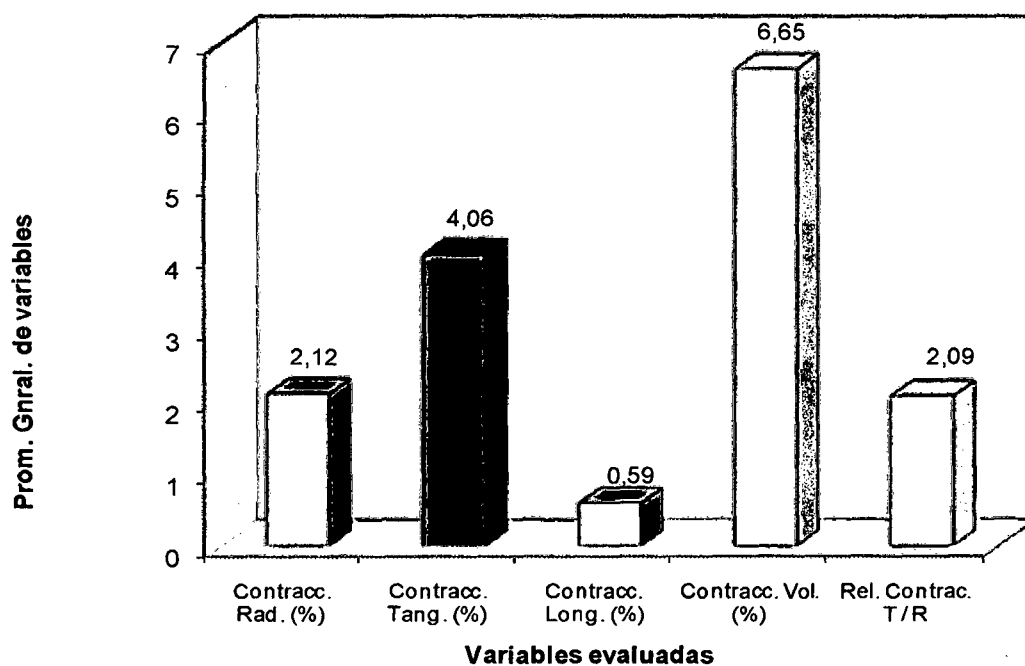


Figura 26. Evaluación de la contracción de probetas de Higuierilla

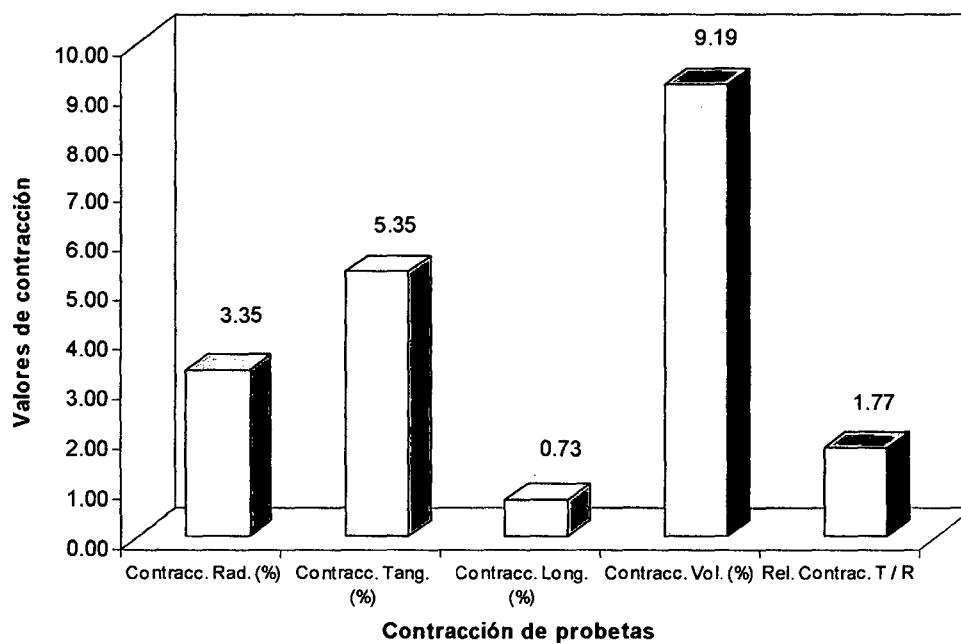


Figura 27. Evaluación de la contracción de probetas de Cedro huasca

## Apéndice 8. Fotografías tomadas durante las evaluaciones

### Anexo A. Evaluación del abastecimiento y habilitación de trozas



Figura 28. Descarga de madera rolliza de Cedro huasca en el patio de trozas



Figura 29. Aserrío longitudinal de trozas Cedro huasca

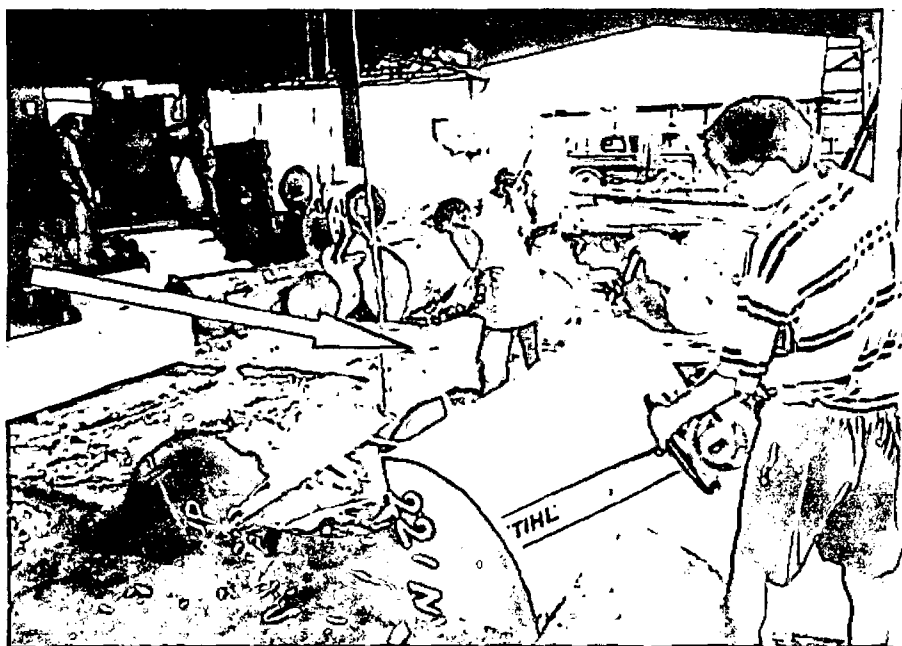


Figura 30. Descortezado (pelado) de trozas y bloques



Figura 31. Ablandamiento (cocción) de trozas



Figura 32. Abastecimiento con trozas a torno debobinador

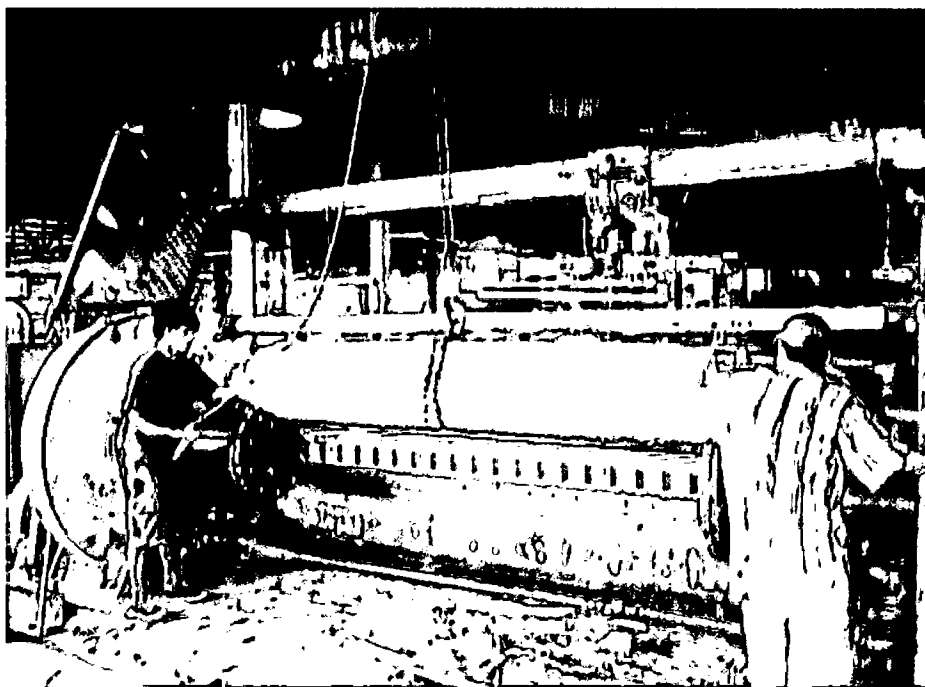


Figura 33. Abastecimiento con bloques a Laminadora TAIHEI

## Anexo B. Evaluación del laminado de trozas y bloques



Figura 34. Obtención de centros por debobinado de trozas de Higuerrilla

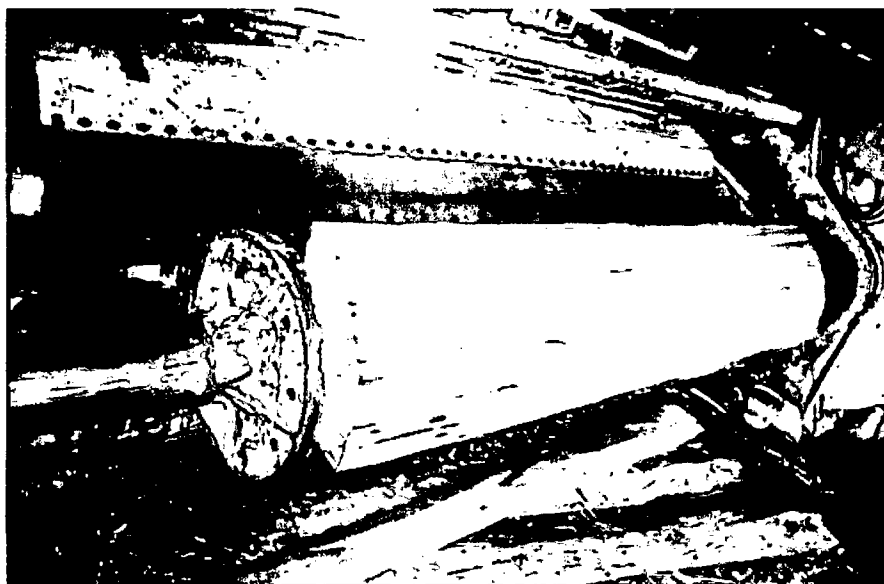


Figura 35. Bloque de Cedro huasca en proceso de laminado (desbastado)

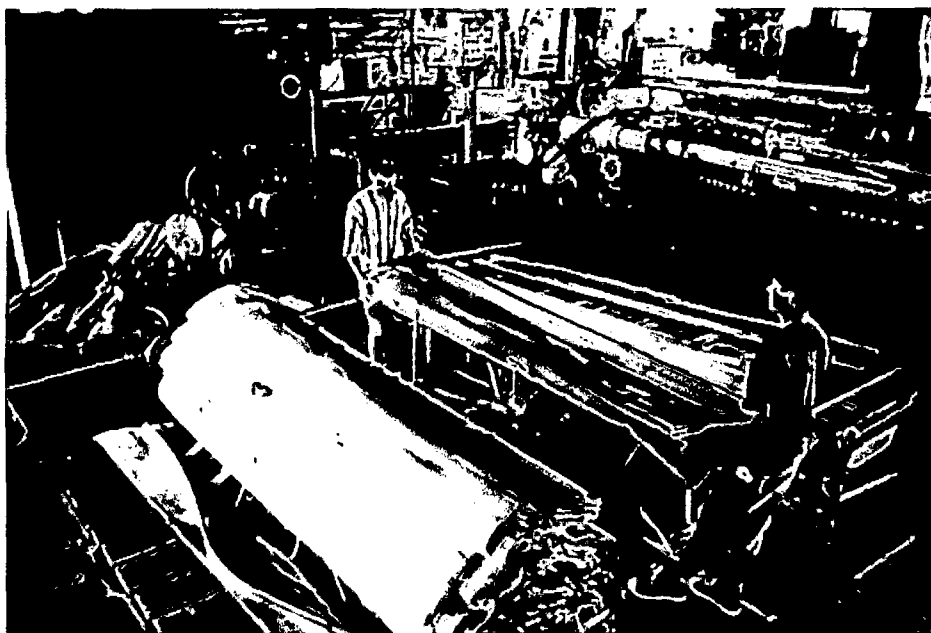


Figura 36. Evaluación de la producción de chapas de Cedro huasca obtenidas mediante corte central tangencial

### Anexo C. Evaluación del perfilado y guillotinado de láminas

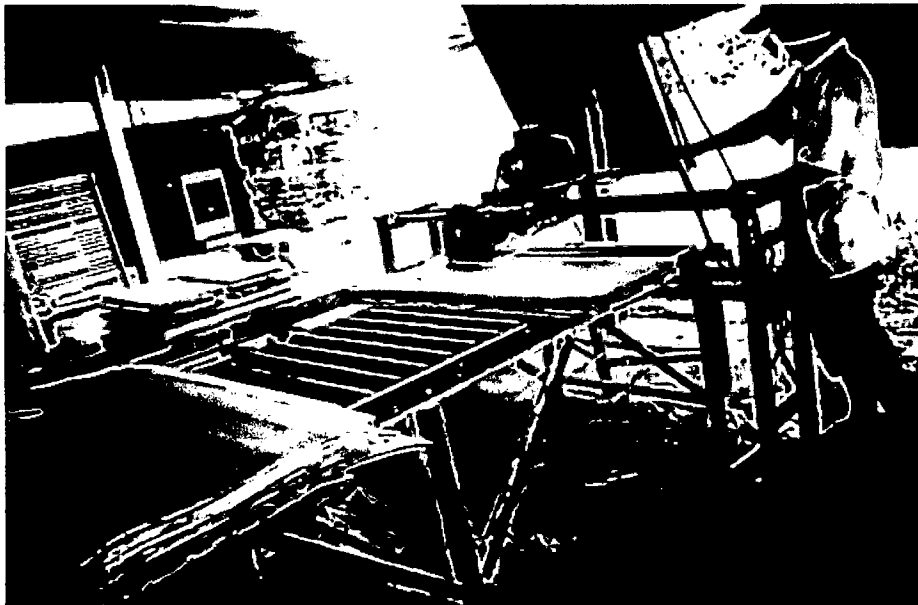


Figura 37. Perfilado de centros o almas de Higuierilla

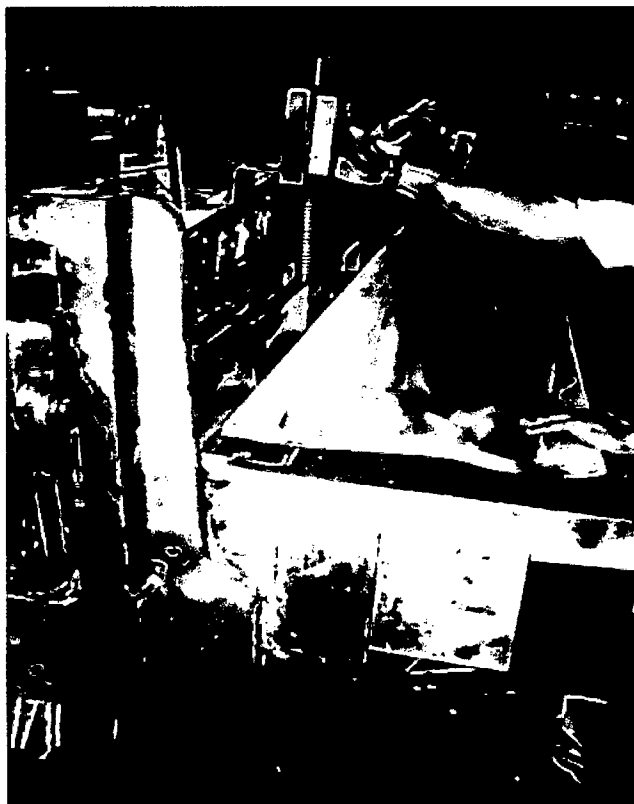


Figura 38. Guillotinado de chapas de Cedro huasca



Anexo D. Evaluación del pre secado y secado de láminas

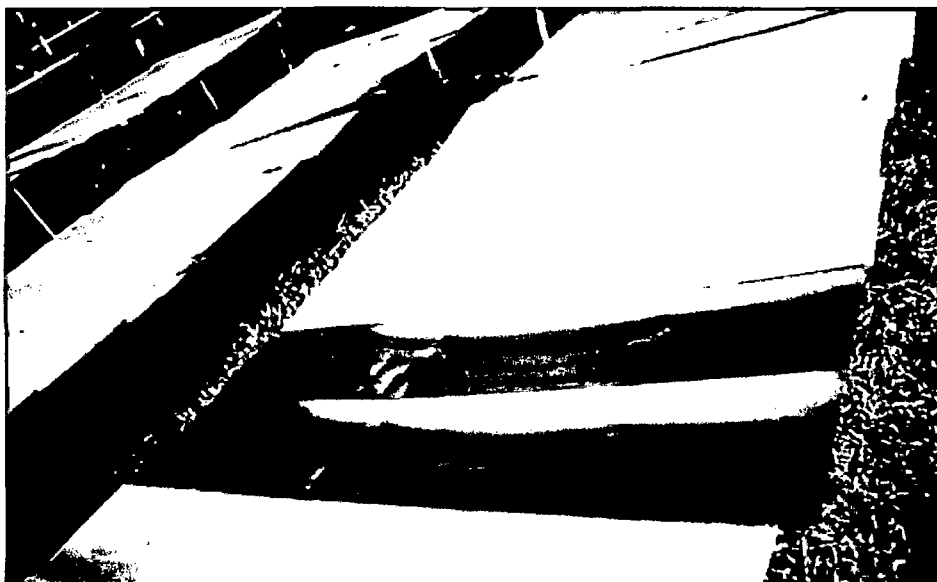


Figura 39. Pre secado al ambiente de centros de Higuera

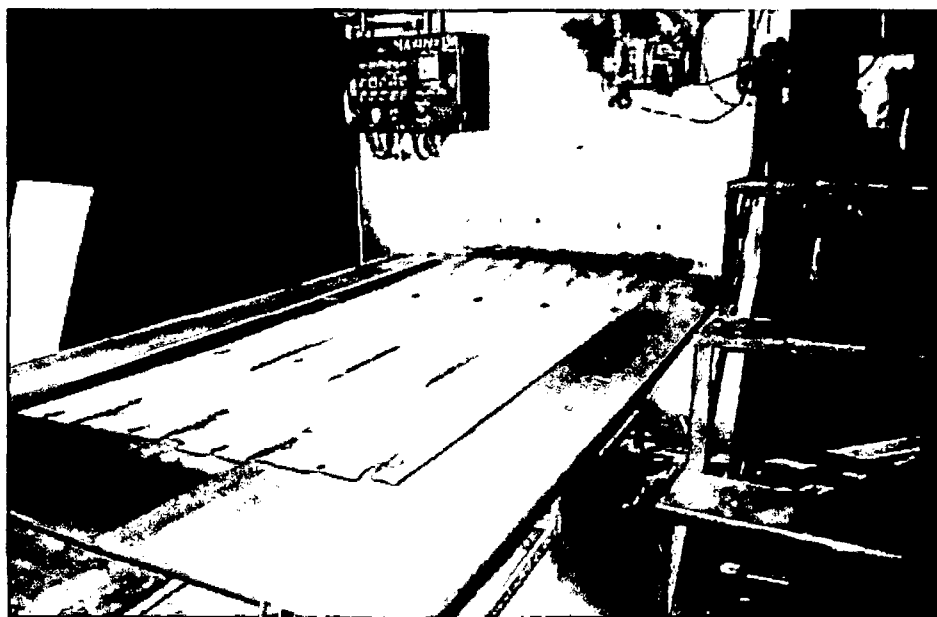


Figura 40. Evaluación de las dimensiones húmedas de chapas de Cedro huasca



Figura 41. Evaluación de las dimensiones secas de chapas de Cedro huasca

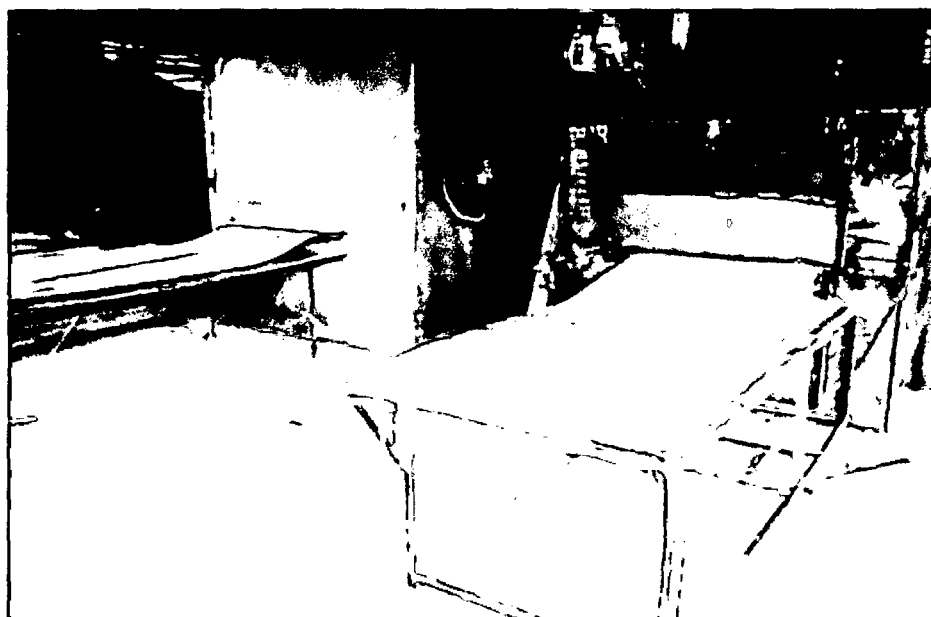


Figura 42. Secado artificial de centros de Higuierilla

Anexo E. Evaluación de chapas y centros durante el empaquetado y almacenamiento de láminas

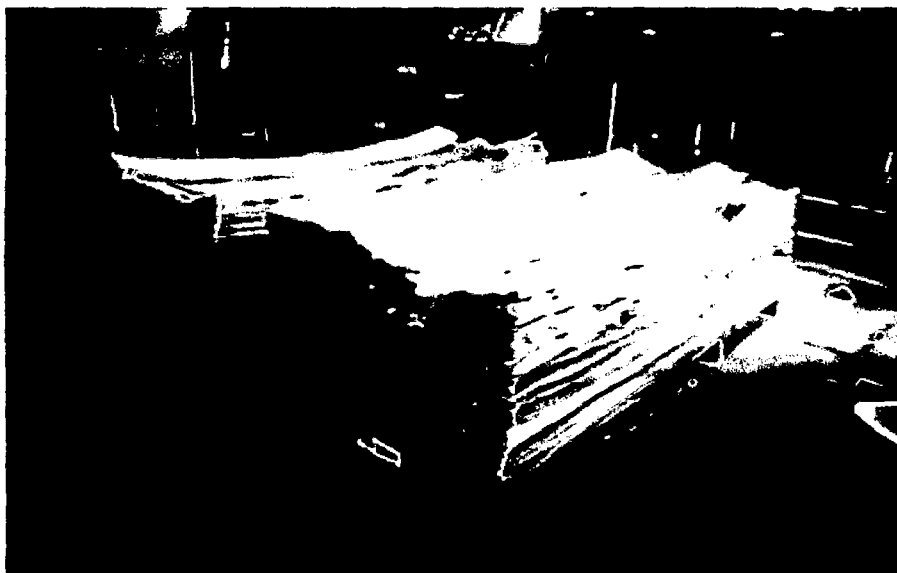


Figura 43. Clasificación de chapas por calidad



Figura 44. Empaquetado y almacenamiento de chapas clasificadas

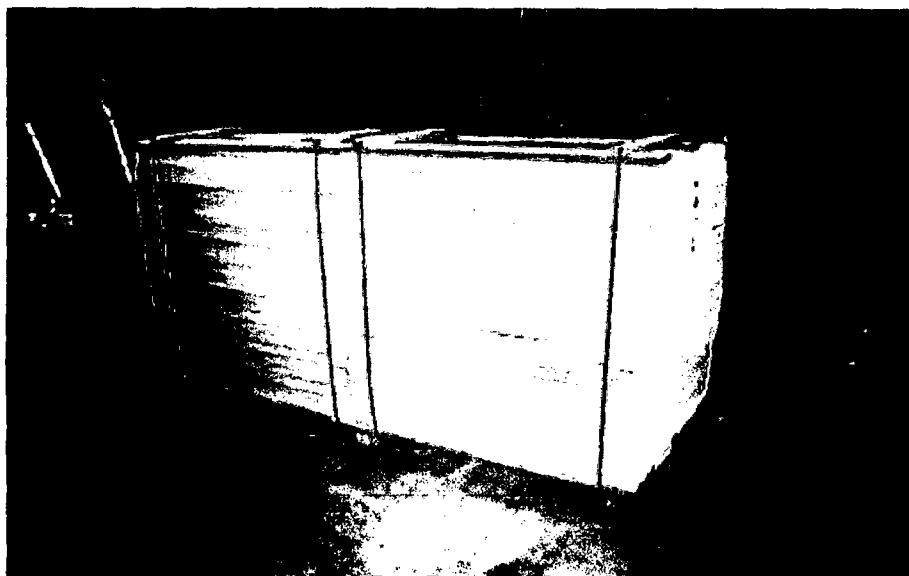


Figura 45. Láminas para centros clasificados y empaquetados

Anexo F. Transporte de chapas y centros empaquetados



Figura 46. Traslado de chapas de Cedro huasca a Lima



Figura 47. Traslado de centros de Higuera a Lima

Anexo G. Evaluación en laboratorio de probetas de Higuera y Cedro huasca

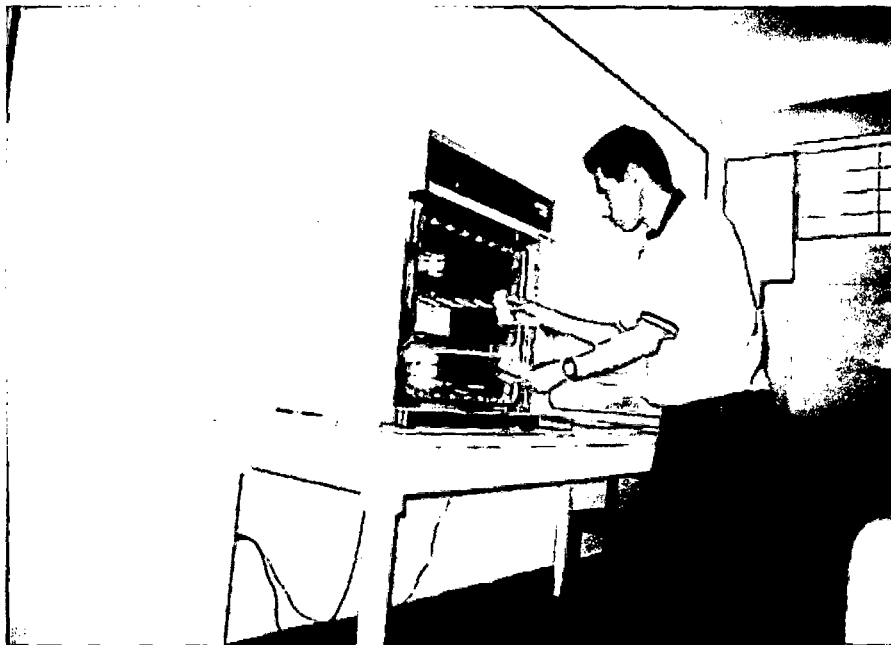


Figura 48. Secado de muestras de láminas para hallar Contenido de Humedad



Figura 49. Probetas de Higuera y Cedro huasca

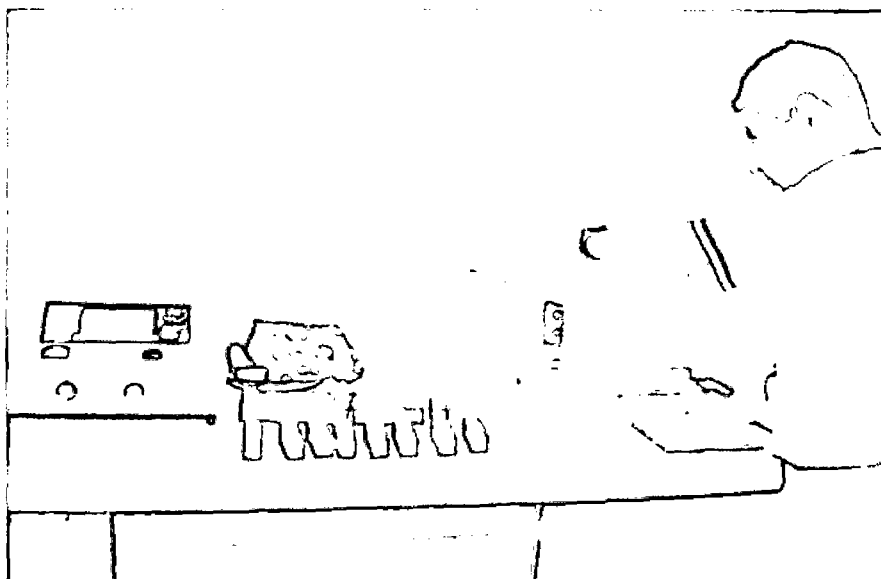


Figura 50. Registro del volumen de probetas mediante el desplazamiento de agua

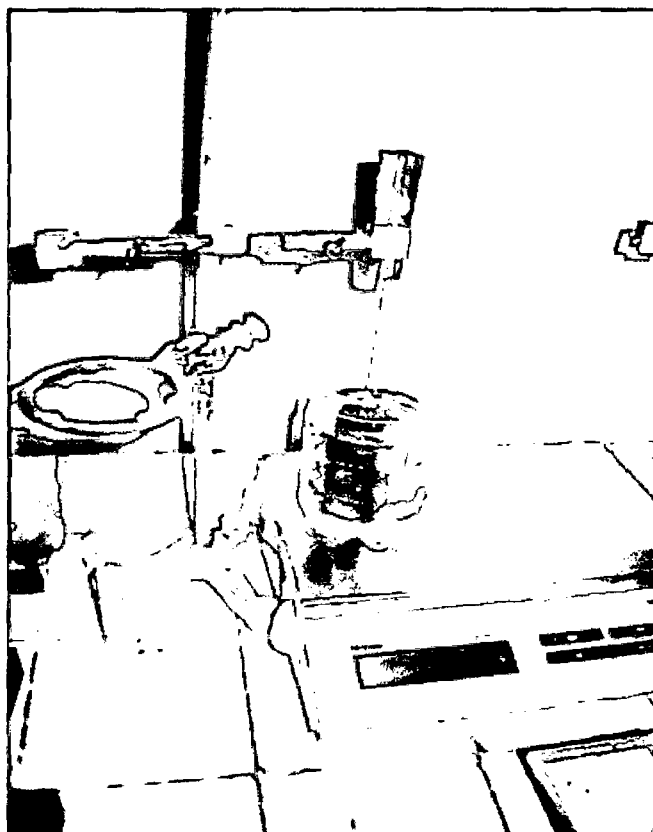


Figura 51. Registro del peso de probetas sumergidas

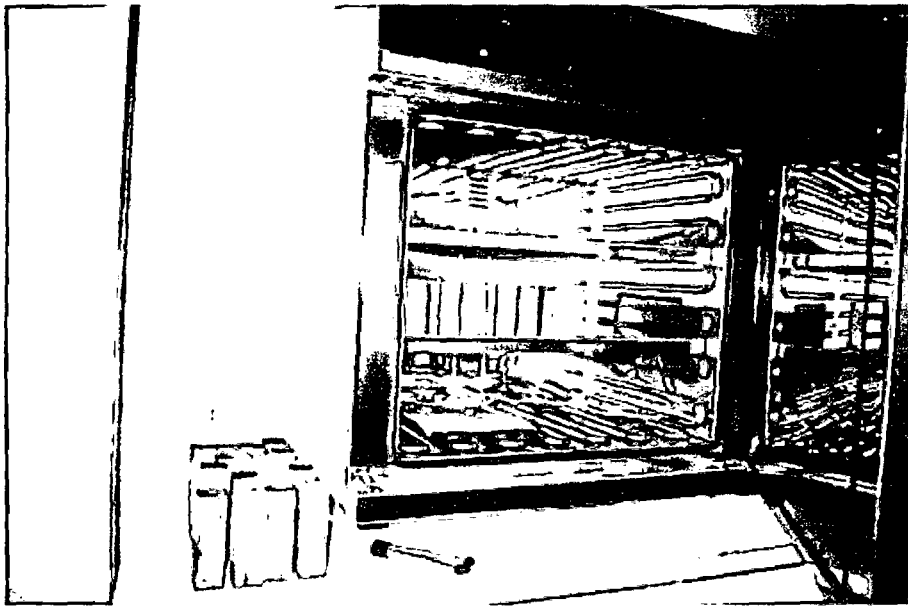


Figura 52. Secado artificial de probetas

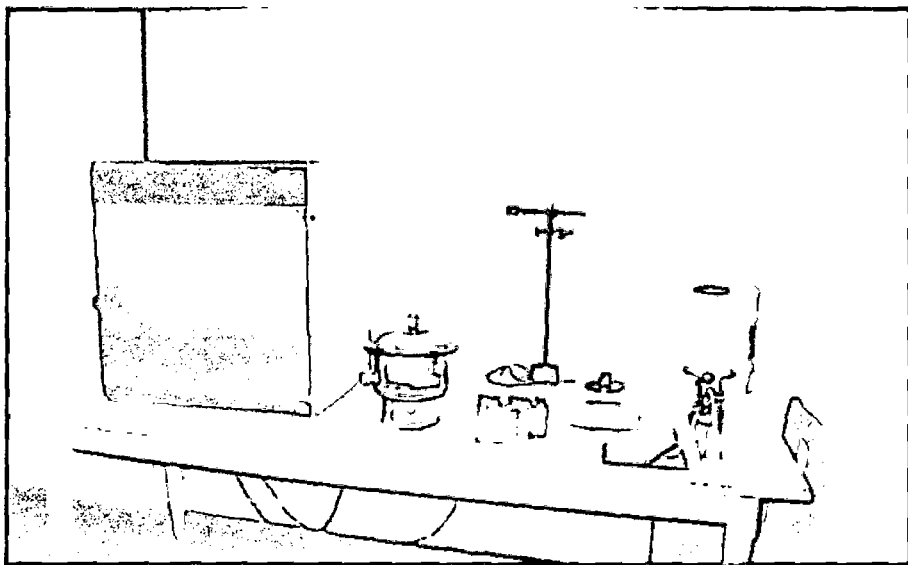


Figura 53. Determinación del peso seco de probetas



## Apéndice 9. Terminologías y gráficos bibliográficos

Anexo A. Terminologías establecidas por la Norma ITINTEC 251.038 (1984)

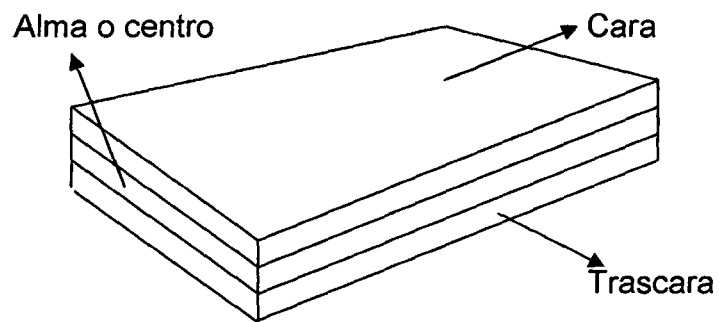


Figura 54. Caras externas de un tablero contrachapado

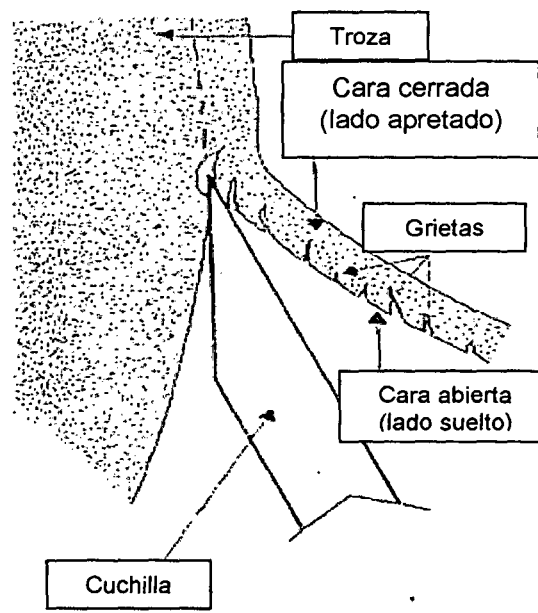


Figura 55. Cara abierta y cerrada de una lámina de madera

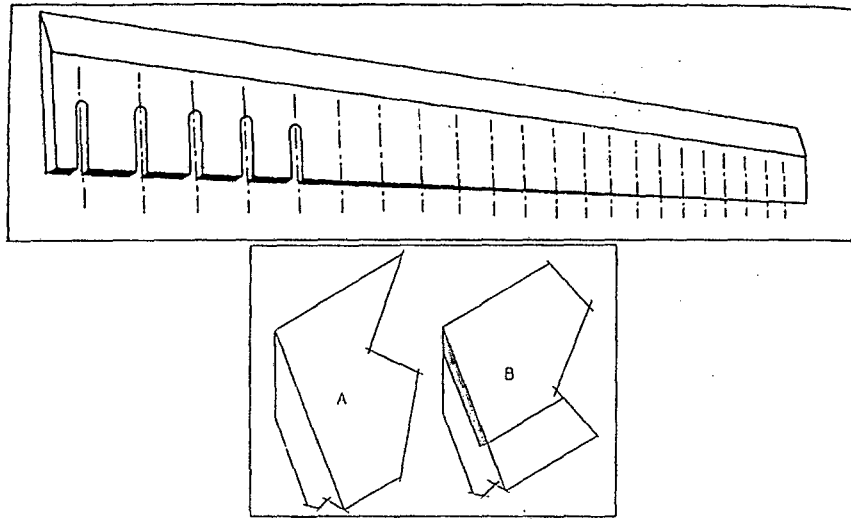


Figura N° 5: Cuchillo de debobinadora.  
 A) cuchillo monobloque  
 B) cuchillo compuesto

Figura 56. Cuchillo de debobinadora

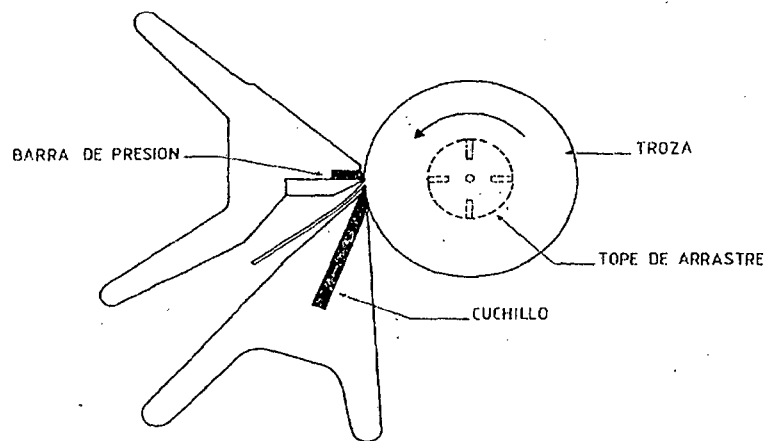


Figura 57. Compresión de la madera durante el debobinado

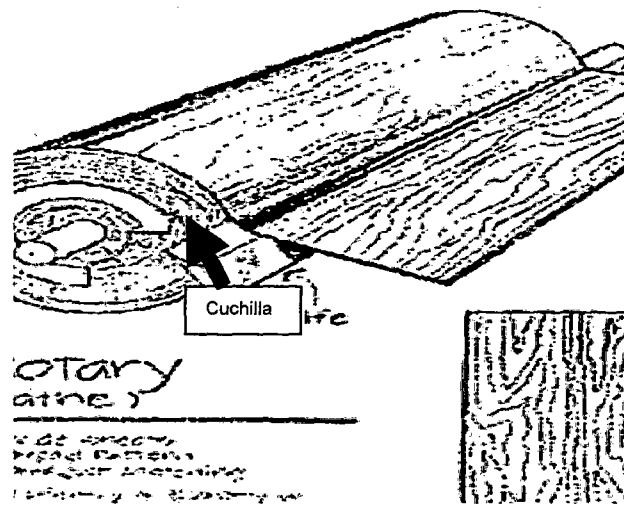


Figura 58. Chapa periférica

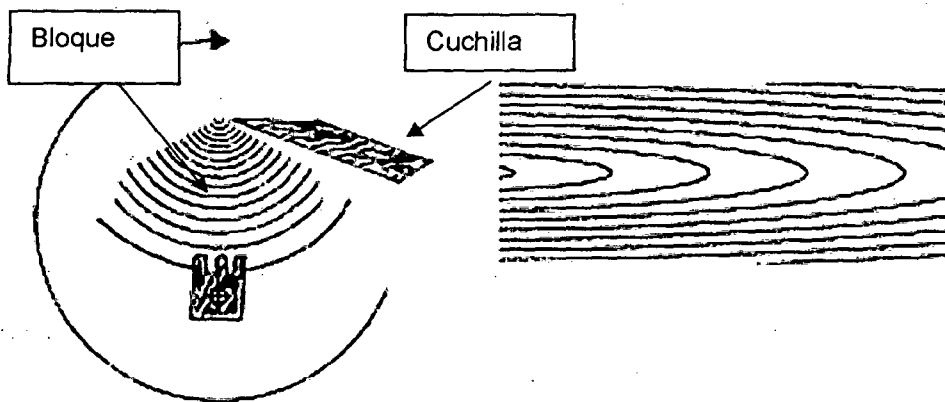


Figura 59. Chapa discontinua de desenrollo central

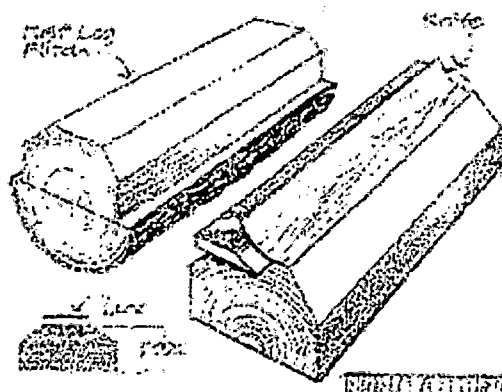


Figura 60. Chapa discontinua de desenrollo tangencial