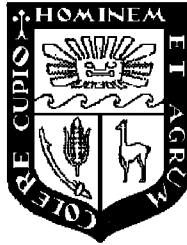


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

*Facultad de Ciencias Forestales*



**Aptitud de la yuca (*Manihot esculenta*  
Granz) de la región San Martín como  
extendedor en la formulación para  
tableros contrachapados**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**Aracelli Del Carmen Ttito Clavo**

Lima – Perú  
2007

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. ARACELLI DEL CARMEN TTITO CLAVO, intitulado “Aptitud de la yuca (*Manihot esculenta Granz*) de la región San Martín como extendedor en la formulación para tableros contrachapados”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 27 de abril de 2007

.....  
Dr. Ph D. Hector E. Gonzalez Mora  
Presidente

.....  
Ing. Mg. Sc. Florencio Trujillo Cuellar  
Miembro

.....  
Ing. Mg. Sc. Graciela Egoavil Ccueva  
Galvez  
Miembro

.....  
Ing. Mg. Sc. Leonidas Miguel Castro  
Patrocinador

.....

## *RESUMEN*

Dentro del presente trabajo de investigación se evaluó la aptitud de la harina de yuca (*Manihot esculenta* Cranz) procedente de la región de San Martín en la formulación de cola para tableros contrachapado de Lupuna (*Chorisia* sp.). Los objetivos fueron: evaluar la resistencia a la tracción paralela y la resistencia a la humedad para uso interior y seminterior de los tableros elaborados utilizando diferentes proporciones de harina de yuca en la formulación de la cola.

En las diferentes proporciones se emplearon como extendedor a la harina de yuca elaborada mecánicamente de raíces sin cáscara siendo separada granulométricamente en mallas de 50, 100, 200 y más de 200 MESH reemplazando a la harina de trigo en diferentes proporciones dentro de su formulación estándar. Los tableros fueron elaborados utilizando como resina la Urea Formaldehído como componente principal de la cola, con un extendido de 220 gr/m<sup>2</sup> y el prensado se realizó a una temperatura de 125° C, presión específica de 6 kg/cm<sup>2</sup> y un tiempo de 2 a 3 minutos en una prensa de platos calientes.

Se evaluó la resistencia a la tracción paralela al grano de las mezclas encolantes mediante un diseño completamente al azar (DCA) utilizando 5 tratamientos: 100% harina de trigo como extendedor (T1); 100% harina de yuca pasada por una malla de 50 mesh como extendedor (T2); 100% harina de yuca pasada por una malla de mas de 200 mesh como entendedor(T3); 100% harina de yuca sin haber pasada por ninguna malla como entendedor (T4); y 50% harina de trigo y 50% harina de yuca como entendedor (T5).

Los resultados de este estudio indicaran también si la harina de yuca proveniente de la región San Martín podría utilizarse satisfactoriamente como extendedor en la formulación de colas para tableros contrachapados.

# ÍNDICE

Página

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
2.1 GENERALIDADES .....	2
2.2 CARGAS Y EXTENDEDORES .....	2
2.3 HARINAS .....	4
2.4 TRIGO (TRITICUM SPP).....	5
<b>2.4.1 Composición Química de la harina</b> .....	<b>5</b>
2.5 YUCA (MANIHOT ESCULENTA GRANZ).....	5
2.5.1 Generalidades.....	5
<b>2.5.2 Composición química de la harina de yuca</b> .....	<b>6</b>
2.5.3 Taxonomía .....	8
2.5.4 La yuca en la Región San Martín.....	8
2.5.5 Rendimiento de la harina de yuca .....	9
2.6 ADHESIÓN.....	9
2.7 ADHESIVOS.....	12
2.7.1 Adhesivo.....	14
2.7.2 Catalizadores.....	15
2.8 ENCOLADO .....	18
2.8.1 Preparación de la cola .....	18
2.8.2 Extendido .....	18
2.9 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENCOLADO.....	19
2.9.1 De la viscosidad .....	19
2.9.2 De la acidez .....	20
2.9.3 Del contenido de humedad.....	20
2.9.4 De la temperatura.....	21
2.10 EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS .....	21
2.10.1 Experiencias y Resultados en trabajos de investigación anteriores.....	23
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN .....	24
3.2 PROCEDENCIA Y COLECCIÓN DE MUESTRAS.....	24
3.2.1 Yuca.....	24
3.2.2 Láminas .....	24
3.3 MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	24
3.4 EQUIPOS E INSTRUMENTOS .....	25
3.5 METODOLOGÍA .....	26
3.5.1 Obtención de la harina de yuca .....	26
3.5.2 Determinación del Rendimiento .....	27
3.5.3 Análisis químico de las harinas.....	28
3.5.4 Clasificación de partículas de la harina de yuca .....	28
3.5.5 Preparación de la mezcla encolante .....	28
3.5.6 Preparación de los tableros.....	29
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>34</b>
4.1 RENDIMIENTO DE LA HARINA DE YUCA .....	34
4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA HARINA DE YUCA .....	34
4.3 EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ADHESIVA .....	36
4.3.1 Viscosidad y pH.....	36
4.4 EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS.....	41
4.4.1 Prueba Mecánica o de Resistencia a la Tracción Paralela .....	41
4.4.2 Prueba Física o de Resistencia a la Humedad .....	43

5. CONCLUSIONES .....47

6. RECOMENDACIONES.....49

## *Lista de cuadros*

Cuadro	Página
Cuadro. 1 Composición química de Trigo ( <i>Triticum spp</i> ).....	5
Cuadro. 2 Composición química de yuca ( <i>Manihot esculenta Granz</i> ) .....	7
Cuadro. 3 Producción, Rendimiento, Superficie Sembrada, cosechada y Precio de yuca en la Región San Martín .....	8
Cuadro. 4 Factores que Modifican la Calidad de la Unión Formada.....	19
Cuadro. 5 Valores de resistencia a la humedad y tracción paralela.....	23
Cuadro. 6 Formulación estándar expresada en porcentajes y masa de acuerdo a la superficie a encolar por tablero .....	30
Cuadro. 7 Valores Promedios de características físico- químicas de la harina de trigo y yuca	35
Cuadro. 8 Valores promedios de resistencia a la tracción paralela al grano de la harina de trigo y/o yuca.....	41
Cuadro. 9 Análisis de varianza (ANVA) de los valores del ensayo mecánico de los tableros preparados en base a los tratamientos respectivos.....	43
Cuadro 10. Calificación del encolado de tableros elaborados con extendedores a base de harina de trigo y/o yuca para uso interior.....	44
Cuadro 11. Calificación del encolado de tableros elaborados con extendedores a base de harina de trigo y/o yuca para uso seminterior.....	44
Cuadro 12. Análisis Kruskall Wallis del ensayo físico para uso interior.....	45
Cuadro 13. Análisis Kruskall Wallis del ensayo físico para uso seminterior.....	46

## *Lista de figuras*

Figura	Página
Figura 1: Diagrama esquemático de la unión adhesiva formada en la superficie tangencial de la madera. Fuente: White (1977). .....	11
Figura 2: Esquema de las zonas a reconocer en una unión con adhesivo. Fuente: Poblete (2001).....	13
Figura 3: Composición estructural de la Urea Formaldehído (UF).....	14
Fuente: Houwink y Salomón (1978).....	14
Figura 4: Efecto de la temperatura en un adhesivo de Urea formaldehído utilizando como catalizador el cloruro de amonio (NH <sub>4</sub> Cl). Fuente: Kollman (1975) .....	17
Figura 5: Tipos de fallo de una unión adhesiva después de realizar un ensayo de rotura. Fuente: Madrid (1997).....	22
Figura 6: Diagrama del Proceso de Elaboración de Harina de Yuca (Manihot esculenta Crantz) .....	27
Figura 7: Distribución de las probetas en el tablero contrachapado .....	33
Figura 8: Porcentaje de los rendimientos al elaborar harina de yuca.....	34
Figura 9: Comportamiento de la viscosidad de las cinco mezclas encolantes.....	37
Figura 10: Comportamiento del pH de las cinco mezclas encolantes.....	39

## *INDICE DE ANEXOS*

Anexo	Paginas
CARACTERÍSTICAS DE LA UREA FORMALDEHÍDO, VENCEUF – 603 .....	55
VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y PH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE LAS MEZCLAS ENCOLANTES .....	56
ANEXO 3A. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y PH DE LAS MEZCLAS ENCOLANTES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO UTILIZANDO COMO EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO Y PLÁTANO (PAREDES, 1995) .....	57
ANEXO 3B. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y PH DE LAS MEZCLAS ENCOLANTES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO UTILIZANDO COMO EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO Y YUCA (DUDA, 1996) .....	58
VALORES DEL ENSAYO MECÁNICO EN KG/CM <sup>2</sup> DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS .....	59
PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIONES PAREADAS DE RESISTENCIA POR DISTINTA MEZCLAS ENCOLANTES .....	60
VALORES DEL ENSAYO FÍSICO PARA USO INTERIOR DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS .....	61
VALORES DEL ENSAYO FÍSICO PARA USO SEMINTERIOR DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS .....	62
CALIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA PRUEBA MECÁNICA .....	63



## ***1. INTRODUCCIÓN***

Los tableros contrachapados son productos conformados por láminas las cuales son unidas por un adhesivo en presencia de presión y temperatura. El adhesivo utilizado es una mezcla de varios aditivos dentro de las cuales resalta la importancia de las cargas y extendedores, que son añadidos a la mezcla con la finalidad de mejorar la viscosidad de la cola y favorecer su extendido para su posterior prensado.

La industria de tableros contrachapados en el Perú se encuentra concentrada fundamentalmente en las localidades de Pucallpa e Iquitos con una producción de 48000 m<sup>3</sup>/año tanto para el mercado local como para la exportación. Las principales especies utilizadas para la producción de estos tableros son: Lupuna, Cumala, Capinuri, Copaiba, Loromicuna, entre otras. (INRENA, 2003)

El extendedor comúnmente utilizado por las empresas, es la “harina de trigo”, cuyo consumo es de aproximadamente 300 000 TM/año (SUNAT, 2003), que por ser un insumo importado muchas veces se convierte en una de las causas de paralización de la empresa cuando no se toman las precauciones debidas para contar siempre con un stock adecuado. Frente a esta situación es importante conocer las bondades de otros extendedores como lo puede constituir la harina de yuca, cultivo muy difundido en las zonas donde se localizan las empresas nacionales. Es por esta razón que en el presente estudio se analiza las características y rendimiento de la harina de yuca así como la calidad del encolado de los tableros contrachapados de “lupuna”, elaborados utilizando el producto mencionado como extendedor en la formulación de la cola.

De esta manera, el presente estudio pretende contribuir con la industria nacional mediante el uso de otros productos y generar información sobre productos con potencial para constituirse en importantes extendedores en la formulación de la cola de los tableros contrachapados.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 GENERALIDADES**

Los tableros contrachapados conocidos también como tableros contraplacados, plywood o triplay son productos elaborados por la unión de láminas de madera de iguales o diferentes espesores obtenidas mediante un corte rotatorio. Las láminas son colocadas según la orientación del grano puestas generalmente en forma perpendicular una de otra, para ser pegadas posteriormente con colas de formulación química adecuadas según el uso que se le dará al producto final.

El adhesivo comúnmente conocido como “cola” esta constituido por una mezcla de varios aditivos como la resina (Urea Formaldehído), cargas y extendedores, endurecedores, agua, sustancias preservadoras, entre otros.

### **2.2 CARGAS Y EXTENDEDORES**

ASTM (1980) define a las cargas como sustancias relativamente no adhesivas agregadas a un adhesivo para mejorar sus propiedades de trabajo, permanencia, resistencia u otras cualidades, mientras que los extendedores son sustancias que tienen generalmente alguna acción adhesiva, que son agregados a una mezcla encolante para reducir la cantidad de resina requerida por una unidad de área.

Houwink y Salomón (1978) agregan que la adición de cargas tiene como efecto reducir las tensiones y esfuerzos del curado disminuyendo la contracción; sin embargo, advierten que existe un límite para la cantidad de carga a añadirse para evitar la disminución de la adhesión.

Asimismo los mismos autores expresan otra importante ventaja al adicionar cargas es que permite una reducción de penetración de la cola en la madera.

Respecto a los extendedores, Shields (1984) afirma que son sustancias que se agregan al adhesivo para mejorar el relleno de los espacios vacíos. Asimismo, Jhonson (1994) manifiesta que los extendedores son usados principalmente para reducir el consumo del adhesivo, mejorar las propiedades del panel y bajar los costos durante la manufactura del triplay. En muchos casos, la resistencia en la unión interna, absorción del agua, propiedades de hinchamiento y densidad son mejorados por la adición al adhesivo de extendedores y cargas.

Houwink y Salomón (1978) determinan que los extendedores más útiles empleados con urea formaldehído son las harinas de cereales y de tubérculos, que son substancialmente almidones, y el agua las hace esponjarse. Asimismo expresan que si la temperatura es bastante alta, el hinchamiento continúa hasta que los gránulos se rompen y forman una dispersión coloidal. Aunque el comportamiento gelatinizante de todos los almidones no es el mismo, el proceso tiene lugar de forma conveniente dentro de la temperatura de curado normal de una cola de curado en caliente.

Al respecto, Rayner citado por Houwink y Salomón (1978) determina que si la temperatura de curado de la cola está por debajo del punto de gelatinización, el almidón no degradado se comporta predominantemente como una carga inerte y contribuye poco a las propiedades adhesivas, mientras que si el almidón se gelatiniza, ayuda a mantener la viscosidad de la cola cuando la temperatura se eleva, y contribuye también a la adhesión.

Blomquist (1981) manifiesta que los extendedores son similares a las cargas pero son usadas en mucha mayor proporción con el propósito de reducir los costos de la mezcla adhesiva a la vez que desarrollan algunas propiedades adhesivas.

Perry (1944) sostiene que en el caso de resinas de urea, se pueden agregar elevados porcentajes de harina de trigo, centeno o yuca con el principal propósito de reducir los costos de la mezcla encolante.

Houwink y Salomón (1978) determina que la harina de trigo es probablemente el extendedor más utilizado hoy en día, debido a su abundancia y bajo precio, pero la harina de maíz, patatas y tapioca se usan en todo el mundo.

### **2.3 HARINAS**

Cerrate (1989) define a la harina como un conjunto de partículas libres de pigmentos de salvado obtenido por molienda gradual del trigo técnicamente limpio. Asimismo Wikipedia (2004) entiende por harina al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.

Wikipedia (2004) afirma que se puede obtener harina de distintos cereales; aunque, la más habitual es harina de trigo. También se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz. Existen harinas de leguminosas (garbanzos, judías) e incluso en Australia se elaboran harinas a partir de semillas de varias especies de acacia.

La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales y menestras) y tubérculos y raíces le corresponde la denominación “harina” seguida del nombre del vegetal del que provienen. (NTP 205.027)

## 2.4 TRIGO (*TRITICUM SPP*)

Wikipedia (2004) define al trigo como una planta gramínea anual, de la familia Poaceae, con espigas de cuyos granos molidos se saca la harina. Es uno de los cereales mas usados en la elaboración de alimentos y uno de los que posee mayor demanda a nivel mundial.

### 2.4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA

En el cuadro 1 se presentan los valores de algunos componentes químicos del Trigo y harina de trigo determinado por Collazos et al (1996) y Macedo (1990).

**Cuadro. 1 Composición química de Trigo (*Triticum spp*)**

Componentes	Collazos		Macedo
	Trigo	Harina	Trigo
Agua (g)	14,5	10,8	12,5
Carbohidratos (g)	73,7	74,8	69,0
Fibra (g)	3,0	1,5	1,7
Cenizas (g)	1,7	0,4	2,1

*Fuente: Collazos (1962) y Macedo (1990)*

Macedo (1990) expresa que la composición química del trigo varía de acuerdo a la especie, variedad y lugar donde haya sido cultivado ya que depende de los factores tales como clima, suelos y manejos agronómicos.

## 2.5 YUCA (*MANIHOT ESCULENTA GRANZ*)

### 2.5.1 GENERALIDADES:

La yuca, conocida también como tapioca, mandioca, manioc o cassava pertenece a la familia de las Euphorbiaceae y género Manihot, que cuenta con más de 180 especies. Según García (2003), este tubérculo se caracteriza por ser un cultivo de climas tropicales y subtropicales generalmente de tierras de baja altura; de crecimiento en suelos franco – arenosos y

ligeramente ácidos; y capaz de adaptarse a diversas condiciones de precipitación. En el Perú, Rojas (2001) afirma que la tuberosa es cultivada principalmente en la costa, y en la selva donde es uno de los alimentos básicos del poblador de la región conociéndose como “el pan de la selva”.

Alvarado (1983) afirma que el cultivo de la yuca además de ser usado como alimento humano se puede aplicar a la industria para la obtención de Tapioca, almidón, dextrinas, alcohol, entre otros. Además, la harina de hojas y ramas tiene un 15 % de proteínas que es utilizado como un complemento alimenticio en la alimentación animal.

### ***2.5.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE YUCA***

Pardio y Waliszewhi (1993) expresan que la yuca se caracteriza por un elevado contenido de humedad de 58 a 68 %, la cual trae como consecuencia la rápida descomposición del tubérculo durante su almacenamiento, de ahí que en el período entre la cosecha y su industrialización debería ser de un máximo de cuatro días. Asimismo, Bardbury y Holloway citado por Pardio y Waylizewhi (1993) afirma que el contenido de cenizas de la yuca se encuentra entre 2,85 y 3,22 %.

Collazos (1962) realizó el análisis químico de harina de yuca variedad blanca determinando 1,63 % de cenizas y 87,14 % de carbohidratos en una muestra con 7,42 % de contenido de humedad y una muestra en base a masa seca (b.m.s.) 1,7 % y 94,1 % de cenizas y carbohidratos respectivamente. Asimismo el mismo autor determinó 2,6 % de cenizas y 80,9 % de carbohidratos en una muestra con 14,3 % de contenido de humedad y en una muestra b.m.s. 3,0 % y 94,3 % de cenizas y carbohidratos respectivamente.

Ferruci citado por Gonzales (1977), menciona que, el porcentaje de almidón presente en las raíces de yuca fresca es de 26 % y en la yuca deshidratada varía entre 52 a 58 %. Al respecto

Villagomez citado por Duda (1996) expresa que el contenido de almidón en las raíces reservantes es variable y depende de condiciones del clima, suelo, factores hereditarios y estado de maduración entre otros.

En el **cuadro 2** se muestra los valores relacionados a algunos componentes químicos de la yuca por variedades y de harina de yuca determinado por Collazos et al (1996), Alvarado (1983) y Esteves (1969).

**Cuadro. 2 Composición química de yuca (*Manihot esculenta* Granz)**

Componentes	Collazos			Alvarado		Esteves
	Yuca Amarilla	Yuca Blanca	Harina	Yuca Amarilla	Yuca Blanca	Yuca Montañera
Agua (g)	59,0	58,9	14,3	61,4	65,3	56,5
Carbohidratos (g)	39,1	39,3	80,9	35,8	32,4	39,5
Fibra (g)	0,9	1,1	1,8	1,1	0,9	1,6
Cenizas (g)	1,1	0,8	2,6	1,1	0,8	1,4

*Fuente: Collazos (1962 ), Alvarado (1983 ) y Esteves (1969 )*

Respecto a la acidez de la yuca, Ognio (1998) encuentra para la harina de yuca un pH de 6,1 mientras que Alvarado (1983) encuentra para la raíz de yuca un pH de 5,15. Whistler (1984) determina que el pH normal de una raíz de yuca fresca esta comprendido entre 6,3 – 6,5.

Por otra parte, Grace (1977) señala que cuando mas cuidadosa y limpia sea la manufactura de la harina de yuca, tanto mas elevado será su valor para casi todas las aplicaciones y por consiguiente mejorará la calidad. Asimismo indica que la cantidad de elementos inorgánicos presentes medidos por el contenido de ceniza, puede considerarse como signo del grado de limpieza de su elaboración.

### 2.5.3 TAXONOMIA

Ognio (1998) da el siguiente esquema de clasificación de la yuca:

<b>División</b>	Embryophita
<b>Subdivisión</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Subclase</b>	Choripetalae
<b>Familia</b>	Euphorbiaceae
<b>Subfamilia</b>	Crotonoideae
<b>Género</b>	Manihot

### 2.5.4 LA YUCA EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

Según el Ministerio de Agricultura (2003), en el Perú se producen 914 252 TM de yuca al año con un rendimiento promedio nacional de éste cultivo de 10,8 TM/ha, una superficie sembrada de 85 967 ha, una superficie cosechada de 83 321 ha y un precio promedio de 0,27 S./Kg para el año 2003. En el cuadro 3 se presenta la producción, rendimiento, superficie sembrada, cosechada y precio de yuca en la Región San Martín en los años 2002 y 2003.

**Cuadro. 3 Producción, Rendimiento, Superficie Sembrada, cosechada y Precio de yuca en la Región San Martín**

Años	Región San Martín				
	Producción (TM)	Rendimiento (TM/ha)*	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Precio (S./ha)*
2002	42 987	12,529	3 543	3 431	0,22
2003	39 566	12,417	3 188	3 187	0,23

Fuente: Ministerio de Agricultura

\* Valores Promedios



### **2.5.5 RENDIMIENTO DE LA HARINA DE YUCA**

En relación al rendimiento de la yuca fresca en harina, Villagomez (1993), indica que en promedio una tonelada de este producto produce entre 250 a 300 kg de harina (de 25 % a 30 %). Brekelbaum (1991) también expresa que con una tonelada de yuca fresca se puede obtener 280 kg de Harina, 230 kg de almidón, 350 kg de trozos secos, o 170 litros de alcohol. Al respecto Gómez citado por Duda (1996) sostiene que los rendimientos de harina de yuca a partir de la yuca fresca varían aproximadamente de 28 a 30 %. Duda (1996) encontró en yuca fresca un rendimiento de 30% de harina de yuca.

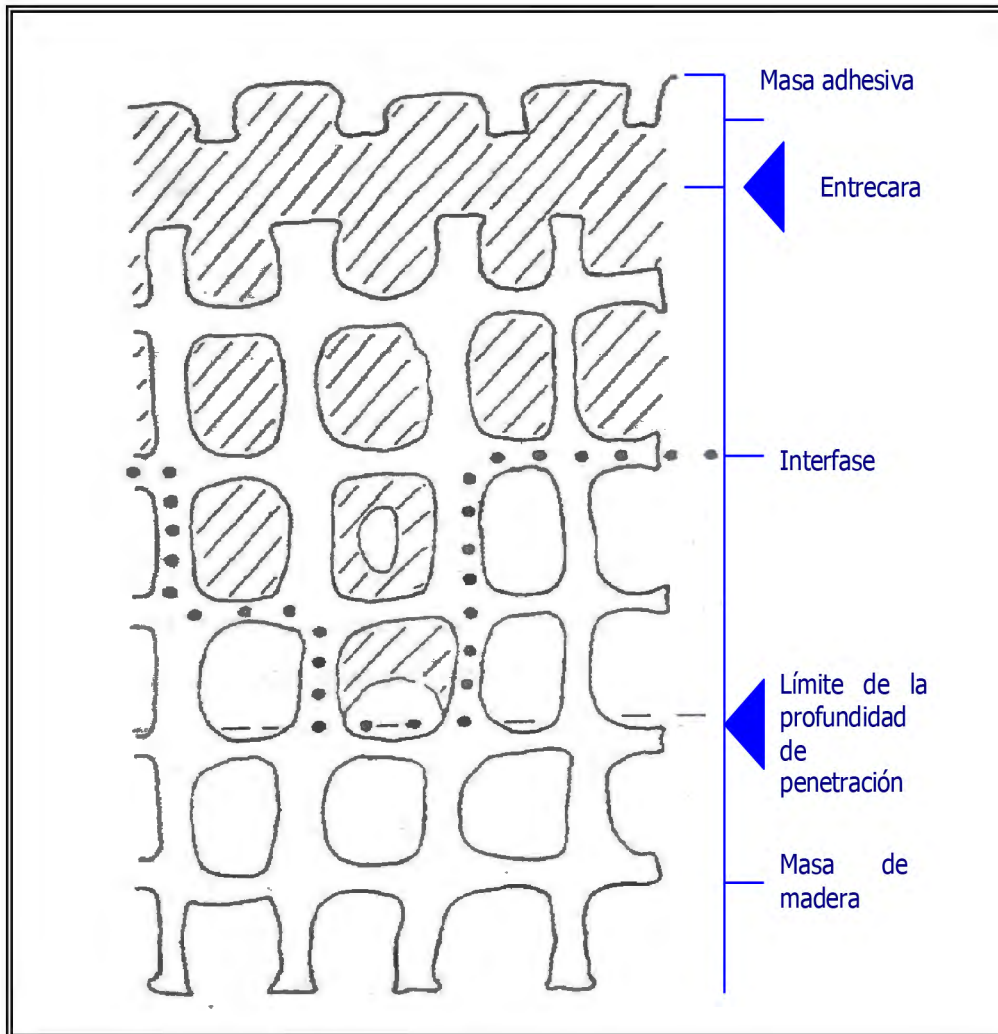
### **2.6 ADHESIÓN**

Skiest (1965) define la adhesión como el estado en que dos superficies se mantienen unidas por medio de fuerzas interfaciales, que pueden consistir en fuerzas de valencias o por acción de interconexión o ambas. Además, agrega que los mecanismos de unión podrían ser puentes de Hidrógeno, fuerzas de valencia y/o fuerzas de Van der Waals, dependiendo de la naturaleza del adhesivo. Asimismo indica que el aire, la humedad, los solventes y otros gases y materiales volátiles atrapados en los intersticios de la superficie deben tener una vía de escape.

Kollmann (1975) dice que para entender los fundamentos de adhesión, se debe analizar la relación entre cohesión y adhesión. Señala que la cohesión es causada por las fuerzas de atracción entre átomos o moléculas, en el proceso de separación, la energía es disipada, solo de este modo las fuerzas de atracción son vencidas y simultáneamente nuevas superficies son producidas. Esta es la razón por la que se puede estimar la cantidad de fuerzas de cohesión, basados en la fuerza o resistencia al rasgado; fundamentalmente las fuerzas de cohesión y adhesión son idénticas. Generalmente, la adhesión es el poder adhesivo de las moléculas que están adyacentes entre sí, este poder adhesivo solo puede ser desarrollado si dichas moléculas están suficientemente juntas.

Madrid (1997) menciona la adhesión mecánica explicando que está se debe a un anclaje del adhesivo en los poros y rugosidades superficiales del sustrato. La penetración del adhesivo en la orografía superficial del sustrato provoca que la zona de contacto real entre los dos materiales sea varias centenas de veces superior a la correspondiente a la superficie aparente de contacto. Por lo tanto, rugosidad y porosidad son factores favorables a la adhesión. Sin embargo, es preciso asegurar una buena humectabilidad del sustrato por el adhesivo, puesto que las cavidades no alcanzadas por el adhesivo constituyen puntos potenciales de iniciación de rotura de la unión adhesiva.

Asimismo, Skeist (1965) afirma que, cuando la penetración está relacionada directamente al grado de porosidad de la madera, ingresa una mayor cantidad de cola en áreas más profundas y así podría haber un aumento en la resistencia. De esta manera indica que el aire, la humedad, los solventes y otros gases y materiales volátiles atrapados en los intersticios de la superficie deben tener una vía de escape. Sobre este punto en la Figura 1 se visualiza esquemáticamente la unión adhesiva en la superficie tangencial de la madera.



**Figura. 1: Diagrama esquemático de la unión adhesiva formada en la superficie tangencial de la madera. Fuente: White (1977).**

Al respecto, Marra (1951) indica que para lograr la adhesión, el adhesivo fluye dentro de los poros o intersticios de la madera y que al estabilizarse se entrelaza así misma en dicho lugar. También se debe a que las fuerzas químicas que existen en las moléculas del adhesivo se llegan a atraer unas a otras con gran poder para lograr una buena resistencia. El adhesivo debe infiltrarse a través y más allá de la superficie laminar, de esta forma se logran tres cosas: 1) Se refuerzan las áreas con ruptura u otras debilitadas en la proximidad de la unión; 2) Se obtiene un anclaje en el material más sólido; 3) Se distribuyen esfuerzos en diferentes planos de la madera al haber una profundidad variable de penetración del adhesivo.

## 2.7 ADHESIVOS

ASTM (1980) define a los adhesivos: “como sustancias capaces de mantener unidas a materiales por unión superficial”. Al respecto Galindo (1987) agrega que esta capacidad de los adhesivos no es una propiedad intrínseca de la sustancia, se desarrolla únicamente bajo ciertas condiciones mientras existe interacción con un sustrato.

Asimismo Blomquist (1981) y Myers (1977) definen como adhesivo a “una sustancia capaz de mantener materiales juntos por medio de la adhesión de sus superficies”. Cada unión adhesiva es un sistema de dos materiales sólidos similares o distintos (denominados sustratos o adherentes) unidos por una capa de otro material (el adhesivo). Estos autores también señalan que el adhesivo debe ser aplicado a los adherentes en forma líquida para proporcionar la humedad necesaria; posteriormente, esta capa líquida se convierte en una capa sólida para proporcionar la adherencia y resistencia requerida en servicio.

Madrid (1997) señala que el adhesivo y la madera son los constituyentes más importantes en el tablero. Las propiedades del tablero dependen en gran medida de las materias primas madera y adhesivo y de las reacciones que se produzcan entre ellas. El tipo de adhesivo, la cantidad y la composición de la mezcla de adhesivo y aditivos determina las propiedades y el uso que se daría al tablero.

Poblete (2001) expresa que por tratarse la madera de un material poroso, al encolarlo se produce inicialmente una penetración del adhesivo en la madera, produciendo una zona de madera que queda impregnada por el adhesivo. En esta zona se reconocen los denominados “dedos de cola” que se forman luego de fraguar el adhesivo que ha penetrado por difusión. Asimismo, indica que con el fraguado se elimina el medio portador de la resina y se tiene como resultado una unión en la que se distinguen tres zonas: una porción de madera intacta, una zona impregnada con el adhesivo y una línea de cola o película donde solo se encuentra adhesivo (Figura 2).

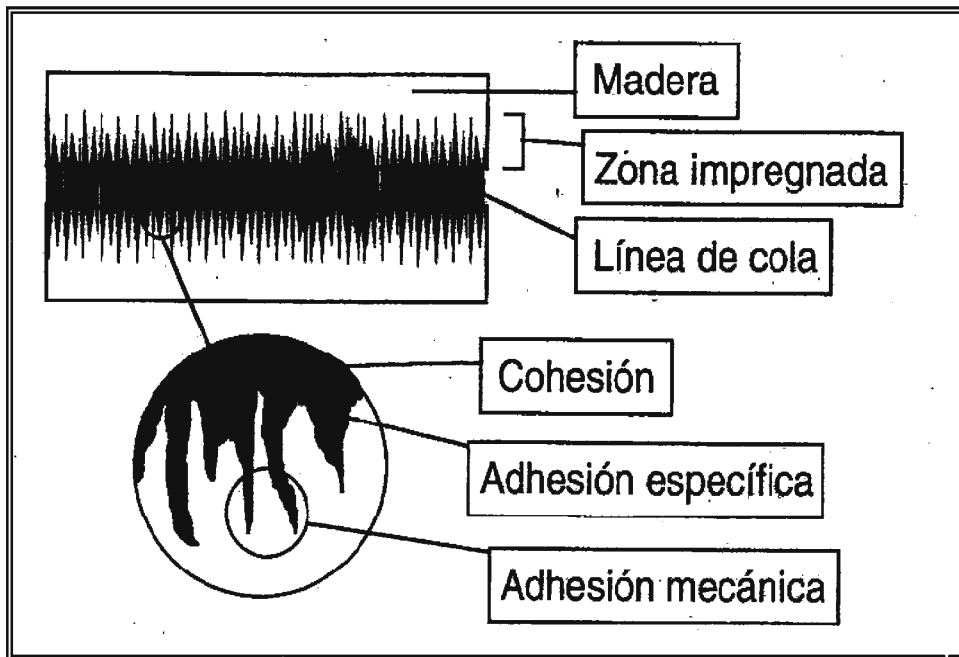
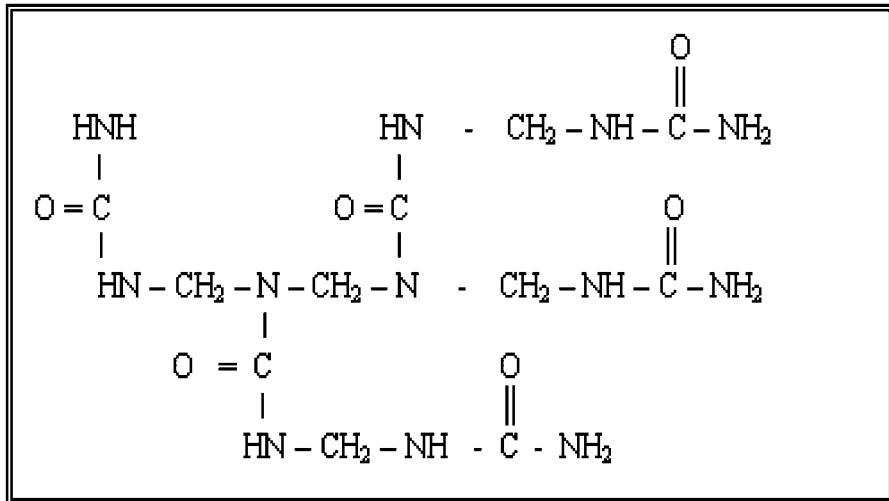


Figura. 2: Esquema de las zonas a reconocer en una unión con adhesivo. Fuente: Poblete (2001).

Según Pizzi (1983), de cualquier forma, la adhesión obtenida está dada en un 95 % por la naturaleza de las uniones químicas que se hayan formado durante el fraguado. Las fuerzas químicas principales en las uniones producidas con adhesivos termoendurecibles, que fraguan con la aplicación de calor, son debido a los enlaces covalentes y puentes de hidrógeno. Por esta razón es esencial que el adhesivo contenga un número significativo de grupos funcionales y que la superficie de la madera tenga un número importante de puntos capaces de reaccionar con la resina. Cualquier factor que limite la resina o bloquee puntos en la madera impedirá una adhesión adecuada.

### 2.7.1 ADHESIVO

Heritage (1983) menciona que la Urea Formaldehído es un polímero producto de la condensación y reacción del formaldehído (HCHO) con Urea (CON<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), de la cual resulta la siguiente composición estructural:

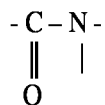


**Figura. 3: Composición estructural de la Urea Formaldehído (UF).**

**Fuente: Houwink y Salomón (1978).**

Asimismo Pizzi (1983) determina que la reacción entre urea y formaldehído es bastante compleja. Los factores más importantes en esta reacción son: la proporción molar entre urea y formaldehído, temperatura a la que se lleva a cabo la reacción, y los valores de pH en los cuales se desarrolla el proceso.

Blomquist (1981) manifiesta que la desventaja de los adhesivos a base de urea formaldehído es que no son resistentes a la intemperie, esta falta de durabilidad es atribuida a la presencia de un grupo hidrolizable:



Al respecto, Heritage (1983) menciona que estas resinas tienen una durabilidad limitada y son apropiadas solamente para productos no expuestos a la intemperie. Asimismo, Blomquist (1981) sostiene que colas de urea formaldehído son preferidas para encolar mueblería y triplay de interior, sin embargo en ocasiones para mejorar la resistencia a la intemperie se fortifica o eleva el grado de resistencia introduciendo pequeñas proporciones de melamina.

Por otro lado, Mullins (1981) indica que las resinas UF son los adhesivos más baratos, incoloros y no manchan el producto. Además si se añaden agentes endurecedores, tales como sales de amonio (cloruro de amonio), pueden acelerar su fraguado, ya sea en frío o en caliente.

### **2.7.2 CATALIZADORES**

Houwink y Salomón (1978) denominan a los agentes de curado como endurecedores, aceleradores o catalizadores, que son añadidos a la resina por el usuario determinando que son sustancias ácidas por sí mismas o son capaces de liberar ácido cuando se las mezcla con la resina. Asimismo, determinan que los catalizadores comprenden las sales amónicas de ácidos fuertes; usadas con mayor frecuencia por su bajo costo, fácil manejo y por dar una alta relación de vida útil a tiempo de endurecimiento.

Rayner citado por Houwink y Salomón (1978) afirma que las sales amónicas como endurecedores de empleo a temperaturas normales y elevadas, son ideales en muchos aspectos. Estas actúan como endurecedores reaccionando con el formaldehído libre en la resina y/o con el formaldehído puesto en libertad en las condiciones de curado para dar el correspondiente ácido, hexametileno tetramina (hexamina). La sal amónica empleada con mayor frecuencia es el cloruro de amonio que libera ácido clorhídrico.



El mismo autor determina que al disminuir inmediatamente el pH al adicionarse la sal le sigue un posterior y progresivo decrecimiento cuando se libera formaldehído a partir de los grupos metilo.

Kollmann (1975) menciona a su vez que la tasa de liberación del formaldehído consecuentemente la tasa de caída en el pH es notablemente incrementado por la elevación en la temperatura. El mismo autor agrega que al adicionar el catalizador se causa generalmente una reacción exotérmica en la mezcla encolante. Asimismo Rayner citado por Houwink y Salomón (1978) expresa que al liberarse el formaldehído produce la caída del pH cuando se eleva la temperatura es una de las razones de porque las sales amónicas son excelentes endurecedores en caliente. Sobre este punto en la Figura 4 se muestra las variaciones en el pH con la temperatura.



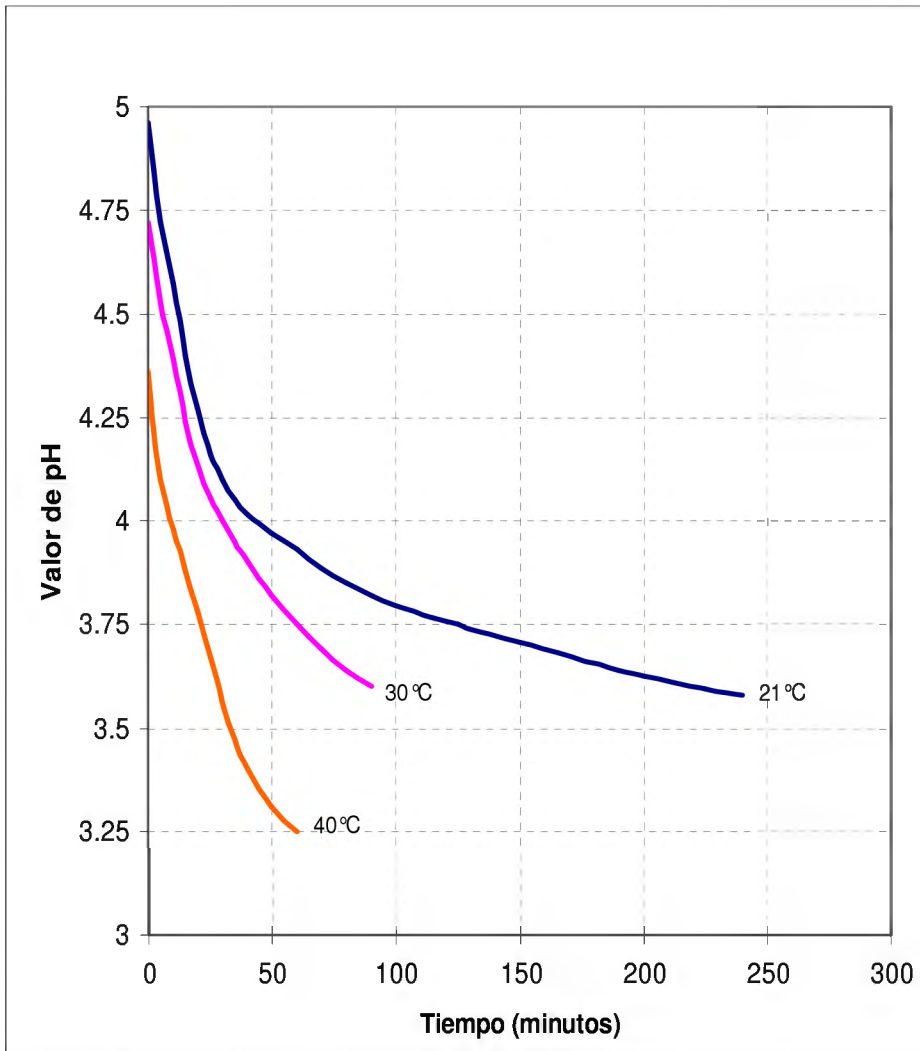


Figura 4: Efecto de la temperatura en un adhesivo de Urea formaldehído utilizando como catalizador el cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Fuente: Kollman (1975)

## **2.8 ENCOLADO**

### **2.8.1 PREPARACIÓN DE LA COLA**

La mezcla encolante o formulación consiste de un conjunto de componentes que refuerzan a la resina base. Entre estos componentes podemos citar a los catalizadores, cargas o rellenos. Diluyentes, pigmentos o tinturas y preservantes.

La formulación de la cola varía en las diferentes industrias y de acuerdo a la densidad de la madera. La formulación mas recomendada para resinas a base de Urea – Formaldehído es la usada como Formulación Estándar (Vencedor, 2003):

Resina : 100 partes\*

Harina : 50 partes

Agua : 35 partes

Catalizador : 2 partes

\* La resina se divide en 50 % de sólidos y 50 % de agua

En donde:

La harina esta en una proporción de 1:1 con los sólidos de la resina, El agua esta en un 70% sobre la harina y el catalizador esta en un 4% sobre los sólidos de la resina en una solución al 25% de cloruro de amonio.

### **2.8.2 EXTENDIDO**

Basf mencionado por Córdova (1992), respecto al gramaje, recomienda aplicar una cantidad de 120 a 180 g/m<sup>2</sup>. A su vez, Grigoriev y Heritage citados por el mismo autor recomiendan un extendido de 200 g/m<sup>2</sup>. García (2000) determina que el gramaje debe estar entre 100 y 300 g/m<sup>2</sup>, mencionando que dosificaciones menores conducen a una película de cola irregular, mientras que dosificaciones más altas necesitarían una separación de las bandejas o rodillos

dosificadores muy grande, con lo que la mezcla encolante no permanecería sobre la superficie de los rodillos de aplicación.

Watkins (1989) menciona que al extender la cola uniformemente se produce una película lisa que abarca completamente el centro y la cara adyacente de una pieza y que de esta manera se logra una unión adhesiva altamente satisfactoria. Al respecto, el mismo autor menciona tres aspectos que normalmente se debe encontrar en una unión adhesiva perfecta: 1) La cola se ha extendido uniformemente y producido una película lisa completa entre el alma y la cara adyacente; 2) El color de la cola, cuando ha fraguado apropiadamente, en la mayoría de las mezclas usadas, debe ser de color marrón oscuro; 3) Aún dependiendo del primer período de polimerización (tiempo de ciclo de prensado) la línea de cola deberá mostrar mayor resistencia que la madera.

## 2.9 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENCOLADO

Poblete (2001) expresa que la calidad de la unión formada depende de varios factores. En el cuadro 4 se presentan los factores mas importantes.

**Cuadro. 4 Factores que Modifican la Calidad de la Unión Formada**

Del estado de la madera:	Del proceso:	Del adhesivo:
Densidad	Presión	Viscosidad
Humedad	Temperatura	pH
Valor De pH	Tiempo	Temperatura de polimerización
Porosidad	Ciclo De Prensado	
Composición Química		

Fuente: Poblete (2004)

### 2.9.1 DE LA VISCOSIDAD

Blomquist (1981) expresa que la viscosidad es una propiedad importante de trabajo que afecta el esparcimiento de la cola, humedecimiento y penetración del sustrato. Esta propiedad puede ser usada para determinar el tiempo de trabajo y la vida útil de la cola.

Stone (1978) indica que los extendedores se diferencian por su capacidad de desarrollar una viscosidad en particular, afectada por factores como tamaño de partículas, temperatura, peso, contenido de humedad, pero que estos factores no son tan significantes como la naturaleza química, inherente de dichos extendedores.

### ***2.9.2 DE LA ACIDEZ***

Stamm citado por Córdova (1992) recomienda determinar el pH de la solución adhesiva, como es un parámetro importante debido a que el tipo de fraguado del adhesivo depende notablemente del pH, por ello un incremento en la acidez puede alterar la viscosidad, vida de almacenamiento, de trabajo y el fraguado, además de poder causar la corrosión de la maquinaria.

Kollmann (1975) afirma que la influencia de los valores de pH en el fraguado de la unión de la cola es notable, una alcalinidad o acidez fuerte reduce la resistencia de la unión. Por otra parte el tratamiento para remover extractivos de la madera mejora la humectabilidad e incrementa el pH de la madera. El fraguado de adhesivos sintéticos es influenciado por valores relativamente bajos de pH, sin embargo estos bajos valores de pH tienen un efecto de deterioro en la madera. Asimismo menciona que existe una correlación lineal positiva entre la humectabilidad y la resistencia de la unión en madera encolada con resinas a base de urea-formaldehído.

### ***2.9.3 DEL CONTENIDO DE HUMEDAD***

Watkins (1989) al analizar el efecto de la humedad en el encolado, indica que una excesiva humedad de las láminas de madera podría generar suficiente vapor para causar sobre penetración o un lavado que de lugar a áreas donde no se adhieran las partes.

Skeist (1965) indica que un elevado contenido de humedad de la madera al momento de la unión podría causar una excesiva absorción del adhesivo durante la aplicación o sobre penetración durante las condiciones de unión. Por el contrario, un bajo contenido de humedad podría causar un pobre humedecimiento de la superficie y una subpenetración resultando una unión débil en resistencia.

#### **2.9.4 DE LA TEMPERATURA**

Marra (1951) al analizar la influencia de la temperatura en el encolado menciona que una elevación muy rápida de la temperatura no solamente expande el aire atrapado en la cola, por ello el rápido curado del adhesivo no permite el escape de ese aire y así estos permanecen en la línea de cola. El mismo autor señala que una de las fuentes de debilitamiento de la unión adhesiva son las burbujas de aire que usualmente se producen en la operación de extendido. Si estas permanecen en la línea de cola mientras se “cura” el adhesivo, reducirán la resistencia.

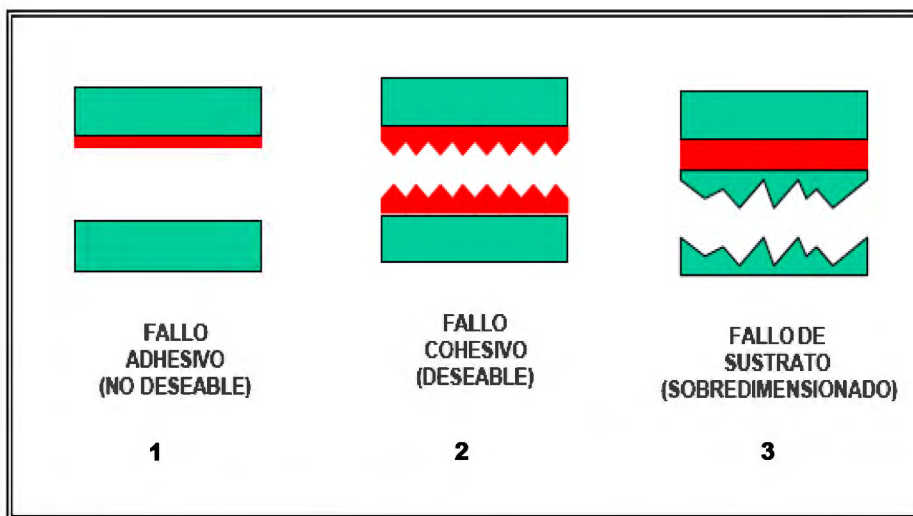
#### **2.10 EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS**

Mullins (45) menciona que el requerimiento básico para una completa durabilidad de la línea de cola es que ésta sea tan fuerte con la madera y que permanezca de la misma manera en el tiempo de vida del producto.

Poletika citado por Kollmann (1975) encuentra que la resistencia a la rotura de la unión adhesiva es en términos cualitativos inversamente proporcional al espesor de la línea de cola.

Madrid (1997) afirma que se puede evaluar la adhesión de dos sustratos simplemente realizando un ensayo de rotura de la unión adhesiva. Así, el fallo de una unión adhesiva puede ocurrir según tres posibles modos: 1) Separación por adhesión: cuando la separación se produce en la interfase sustrato-adhesivo; 2) Separación por cohesión: cuando se produce la

ruptura del adhesivo; y 3) Ruptura de sustrato: cuando el propio sustrato rompe antes que la unión adhesiva o que la interfase sustrato-adhesivo. En la Figura 5 se puede apreciar los tres tipos de fallo de una unión adhesivo mencionados por el mismo autor.



**Figura 5: Tipos de fallo de una unión adhesiva después de realizar un ensayo de rotura. Fuente: Madrid (1997)**

Al respecto, Houwink y Salomón (1978) mencionan que el criterio de un buen empalme de madera es que en el ensayo, se romperá por la madera antes que por la película adhesiva (rotura cohesiva) o por la interfase (rotura adhesiva). El porcentaje de roturas en la madera, esto es el porcentaje de fallos en la madera con relación a la rotura cohesiva y rotura adhesiva, es una medida de la calidad de la unión. Asimismo, Medina (1994) manifiesta que el encolado de un tablero será tanto mejor cuanto mas claramente se produzca la rotura a través de la madera y no a través de los planos de encolado o líneas de cola.

Williamson (1957) agrega que los valores de resistencia en los ensayos mecánicos están limitados por la resistencia al adhesivo, resistencia de la interfase o la resistencia de la madera. De observaciones de madera ensayada, es posible determinar cual de estos factores limita la resistencia de la unión. Si la falla aparece enteramente dentro del adhesivo en cada superficie después de la fractura del espécimen, podría indicar que la resistencia de la cohesión de la cola

ha sido alcanzada antes de que la resistencia del adhesivo de la unión, y por lo tanto, la resistencia real de la unión es desconocida. Para el caso donde la muestra se separó en la interfase entre el adhesivo y al madera, la falla fue debida a la carencia de adhesión por el adhesivo. Si la resistencia alcanzada por el adhesivo, tanto en la cohesión y adhesión es mas grande que la resistencia de la madera, entonces sería 100% de madera fallada en la interfase, de este modo fue la resistencia de la madera y no la del adhesivo la que ha sido medida. En la mayoría de los casos no es posible determinar cual de los factores limitantes están envueltos en la falla de una probeta, porque esta es frecuentemente una combinación de todos estos factores.

Watkins (1980) menciona que la única razón por la que falla una cola de unión perfecta podría ser una chapa de mala calidad, cola mal extendida o mala condición de prensado. Este autor, sostiene que la forma de evaluar la calidad de los tableros está en base a la falla de la madera; si el área rota es toda la madera o cubre con fibras de madera completamente, se tendrá en ese caso una falla en la madera del 100%.

### **2.10.1 EXPERIENCIAS Y RESULTADOS EN TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN ANTERIORES**

En el cuadro 5, se encuentran los valores de resistencia a la humedad y de tracción encontrados por Córdova (1992), Duda (1996), Paredes (1995) en los trabajos de investigación sobre cargas y extendedores para tableros contrachapados utilizando lupuna (*Chorisia integrifolia*), como sustrato y urea formaldehído como resina principal en sus mezclas encolantes.

**Cuadro. 5 Valores de resistencia a la humedad y tracción paralela**

Referencia	Variables de Prensado				Valores de Resistencia	
	Espesor (mm)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (calificación)	Tracción Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )
Cordova	4	10	120	3	4	10.6
Duda	4	6	125	4	4	15.4
Paredes	7	7.4	125	4	5	15.8

Fuente: Elaboración propia

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La obtención de harina de yuca se realizó en el Laboratorio de Evaluación de Alimentos del Departamento de Nutrición Animal, la clasificación de partículas se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Departamento de Construcciones Rurales. Las evaluaciones físico-químicas de la harina así como la caracterización de las mezclas encolantes se realizaron en el Laboratorio de Pulpa y Papel Departamento Académico de Industrias Forestales. La elaboración de los tableros contrachapados se realizó en el laboratorio de Fabricación de Paneles, y sus evaluaciones en el laboratorio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### 3.2 PROCEDENCIA Y COLECCIÓN DE MUESTRAS

##### 3.2.1 YUCA

Muestras de raíces de Yuca (*Manihot esculenta* Grants): procedentes de la localidad de Tarapoto, Región San Martín, Perú.

##### 3.2.2 LÁMINAS

Muestras de láminas de lupuna (*Chorisia sp.*); colectadas en Pucallpa, Región Ucayali de la empresa Grupo Empresarial Amazónico GEA SAC.

#### 3.3 MATERIA PRIMA E INSUMOS

- laminas de Lupuna (*Chorisia sp.*) de 600 x 600 x 1.5 mm 45 u
- harina de Trigo 2kg



- harina de Yuca	2kg
- resina a base de Urea Formaldehído	2kg.
- cloruro de amonio	200 g
- agua	20L

### 3.4 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- balanza Analítica
- balanza Mecánica
- molino de discos
- viscosímetro Brookfield
- potenciómetro digital (HANNA)
- prensa de platos calientes ORMA MACHINE
- prensa Universal Tinius Olsen
- mallas de tamizar ASTM N° 50,100, y 200 mesh
- estufa eléctrica 100 – 200 °C
- desecador de vidrio con Silicagel
- cronometro
- lijas
- buretas
- pipetas

- baguetas
- vasos
- cápsulas
- crisoles

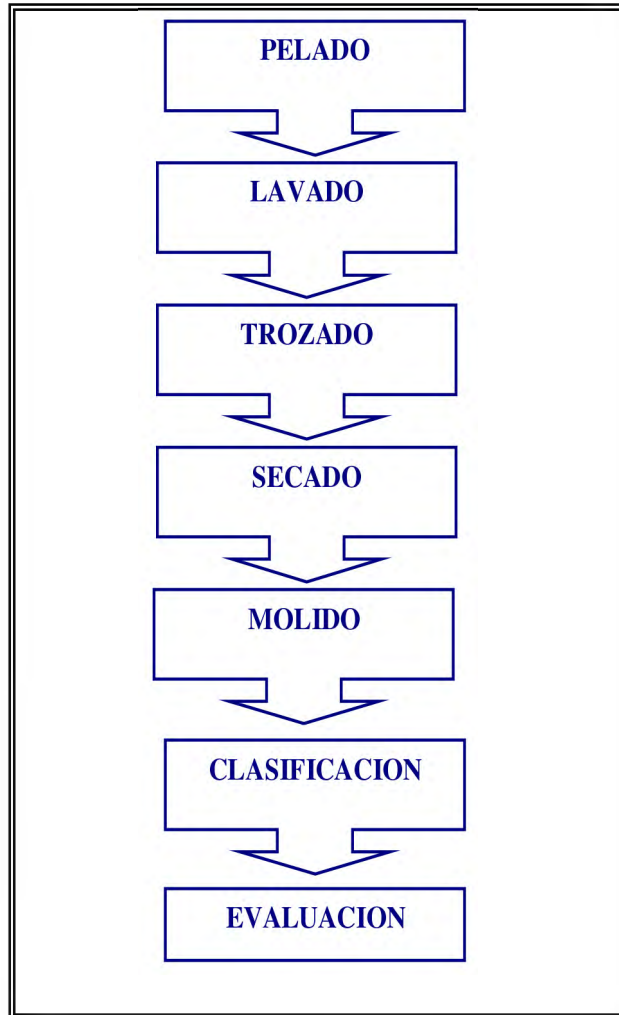
### **3.5 METODOLOGÍA**

#### **3.5.1 *OBTENCIÓN DE LA HARINA DE YUCA***

La obtención de la harina a partir de las raíces de yuca se obtuvo mediante el siguiente procedimiento:

- **Pelado:** Las raíces se partieron a tamaño manejables para pelarlos en forma manual, eliminando extremos leñificados
- **Lavado:** Al obtener la yuca pelada se lavó y enjuagó con mucho agua. Luego se dejó que se oreen unos minutos.
- **Trozado:** Se redujo las raíces en forma manual a un tamaño aproximado de 3 x 3 x 3 cm
- **Secado:** La yuca trozada fue trasladada al interior del horno, en el que permaneció por 12 horas a 40° C para alcanzar un 12 – 10 % de contenido de humedad.
- **Molido:** La yuca trozada y deshidratada fue sometida a una operación de micro pulverización en el Molino de discos Pullmann.
- **Evaluación:** Al obtener la harina se obtuvo el peso final para pasar a su evaluación físico-química.

En la Figura 6 se muestra el diagrama de operaciones del proceso:



**Figura 6:** Diagrama del Proceso de Elaboración de Harina de Yuca (*Manihot esculenta Crantz*)

### 3.5.2 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO

El rendimiento de la harina a partir de las raíces de yuca se determino utilizando la siguiente expresión:

$$R = \frac{UsHarinadeyuca}{UsYuca} * 100$$

R : Rendimiento de la harina

Us Harina de yuca: Masa Seca de la harina de yuca

Us Yuca : Masa Seca de yuca

### **3.5.3 ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS HARINAS**

Se evaluó el contenido de Humedad, Cenizas y pH, según las siguientes normas técnicas:

Contenido de Humedad : NTP<sup>1</sup> 205.037

Contenido de Cenizas : NTP 205.038

pH : AOC<sup>2</sup> 943.02.

### **3.5.4 CLASIFICACIÓN DE PARTÍCULAS DE LA HARINA DE YUCA**

Para separar la harina de yuca según su granulometría se utilizaron los tamices ASTM 50, 100 y 200 mesh

### **3.5.5 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ENCOLANTE**

Se prepararon las diferentes mezclas encolantes tomando como base la formulación estándar (VENCEDOR, 2003):

Resina : 100 partes

Harina : 50 partes

Agua : 35 partes

Catalizador : 2 partes

---

<sup>1</sup> NTP Norma tecnica Peruana

<sup>2</sup> AOC Oficial Methods of Análisis of the Association of Oficial Agricultural Chemists.

En esta formulación el extendedor tradicional, la harina de trigo fue reemplazado por harina de yuca bajo los siguientes tratamientos

T1: 100% Harina de trigo (testigo)

T2: 100% Harina de yuca de grano grueso (50 mesh)

T3: 100% Harina de Yuca de grano fino (mas de 200 mesh)

T4: 100% Harina de Yuca que no fue separada por mallas.

T5: 50% Harina de yuca + 50% Harina de trigo

### **3.5.6 PREPARACIÓN DE LOS TABLEROS**

#### **3.5.6. A) CARACTERÍSTICAS DE LOS TABLEROS**

##### **Dimensiones y número de tableros**

Cada tablero se conformó por dos caras de 1,5 mm de espesor y un centro de 1,5 mm de espesor y 600mm de largo x 600 mm de ancho. Para cada una de las cinco mezclas encolantes se elaboraron 3 tableros teniendo un total de 15 tableros.

#### **3.5.6. B) EXTENDIDO**

Se utilizó un extendido de 220 g/m<sup>2</sup>

#### **3.5.6. C) PREPARACIÓN DE LA COLA**

Formulación Estándar:

**Cuadro. 6 Formulación estándar expresada en porcentajes y masa de acuerdo a la superficie a encolar por tablero**

Componentes	Proporción	Porcentajes	Peso *
Resina	100	53.57%	84.69 g
Harina	50	26.73%	42.34 g
Agua	35	18.71%	29.64 g
Catalizador	2	1.06%	1.68 g
Total	187	100.00	

\* Considerando que la superficie a encolar es de 0.72 m<sup>2</sup> por cada tablero.

### 3.5.6. D) APLICACIÓN DE LA COLA Y ENSAMBLADO DEL TABLERO

Se realizó en forma manual en ambos lados del centro, el que luego es colocado entre las dos caras con la dirección de la fibra en sentido transversal.

### 3.5.6. E) PRENSADO

Se realizó en una prensa de platos calientes ORMA MACHINE empleando las siguientes variables de prensado:

Temperatura (°C) : 125

Presión específica (kg/m<sup>2</sup>): 6

Tiempo (min) : 2

### 3.5.6. F) CARACTERIZACIÓN

#### a. Del adhesivo

Viscosidad : Norma ASTM D1084 – 63. Viscosímetro Brookfield RVF con Aguja N° 3 y 20 rpm de velocidad.

pH : Norma ASTM E 7070

Contenido de Sólidos : Norma ASTM D 1489 – 69 Ver detalles proporcionados por Vencedor (2003) Anexo 1

**b. De la mezcla encolante**

Viscosidad : Norma ASTM D1084 – 63. Viscosímetro Brookfield RVF con aguja N° 6 y 20 rpm de velocidad. Las mediciones se realizaron cada 10 minutos durante 120 minutos.

pH : Este parámetro se controló cada 10 minutos junto con la viscosidad durante 120 minutos.

**c. De los tableros**

Se acondicionó durante una semana, luego se procedió a evaluar la resistencia del encolado a la humedad y a los esfuerzos de tracción perpendicular al grano mediante los siguientes ensayos:

- Ensayo Mecánico: La resistencia de la línea de cola a los esfuerzos de tracción paralela al grano fue evaluada en base a la Norma Técnica ASTM D 906 – 64
- Ensayo Físico: La resistencia de los tableros a la humedad fue evaluada en base a la Norma Técnica NTP 251.042 .

Para la calificación de los resultados en el Ensayo Mecánico se tomo la escala de calificación del ASTM D 906 – 64.

Calidad Maxima: 8 y 10

Calidad Minima: 0 y 2

Calidad Intermedia: 4 y 6

En el **anexo 9** se presenta las figuras respectivas de cada calidad.

Para la calificación de los resultados en el Ensayo Físico se tomo la escala de Calificación de la Norma Técnica NTP 251.042:

Calificación Máxima: 10

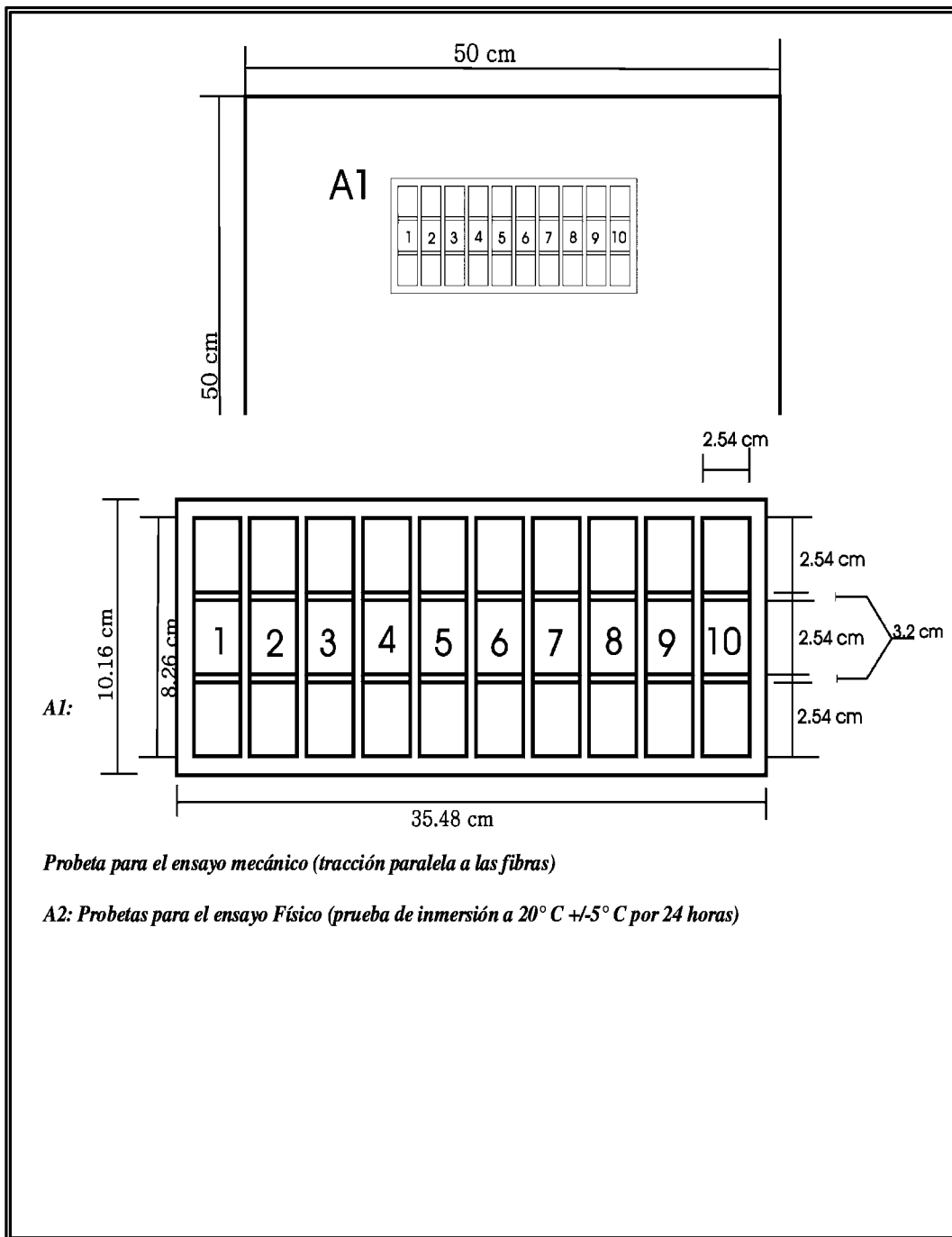
Calificación Mínima: 0

Calificación intermedia: 2, 4, 6 y 8

### *3.5.6. G) DISEÑO ESTADÍSTICO*

Se evaluó la resistencia de la línea de cola a los esfuerzos de tracción paralela al grano de las mezclas encolantes mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) utilizando cinco tratamientos. Ver Figura 7 para observar la distribución de las probetas en el tablero contrachapado.





**Figura 7: Distribución de las probetas en el tablero contrachapado**

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 RENDIMIENTO DE LA HARINA DE YUCA

El Rendimiento de harina de yuca obtenido fue de 43% en base a masa seca, en la Figura 8 se aprecia un cuadro con los porcentajes de los diferentes componentes del cultivo, de acuerdo a estos resultados se aprecia los rendimientos y merma al elaborar la harina.

El rendimiento de la harina es aceptable, en la presente investigación se obtuvo un bajo porcentaje de contenido de agua en el cultivo, de 40%. Sin embargo, la harina se caracterizo por una alta cantidad de material lignocelulosico formado por las fibras y cáscara que, según Duda (1996) disminuye el rendimiento de la harina.

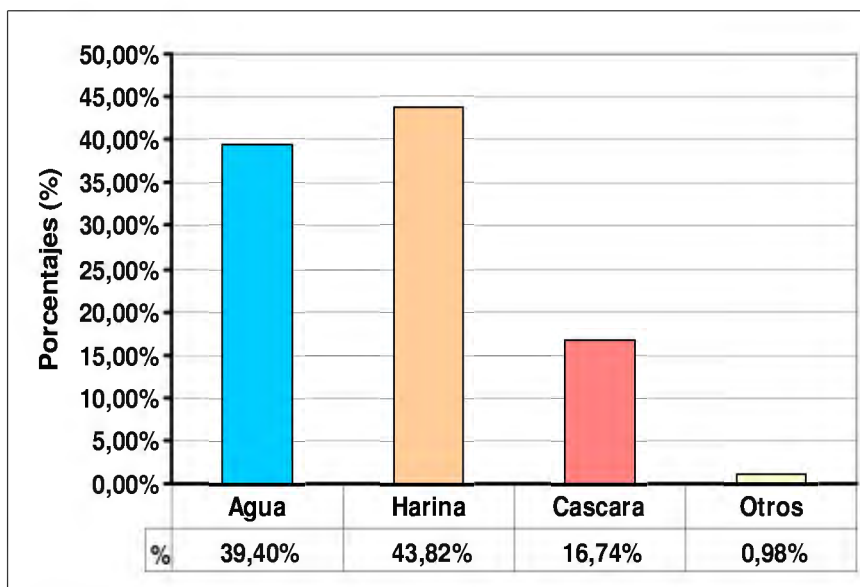


Figura 8: Porcentaje de los rendimientos al elaborar harina de yuca

### 4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA HARINA DE YUCA

Los resultados de las principales características químicas de la harina de yuca y trigo se muestran en el cuadro 7.

**Cuadro. 7 Valores Promedios de características físico- químicas de la harina de trigo y yuca**

Variabes	Harina de Yuca	Trigo
Contenido de Humedad (%)	6.41	13.56
Cenizas (%)	2.66	1.18
Ph	5.06	5.98

En el cuadro 7, se observan los valores obtenidos por la harina de yuca y trigo, utilizado como testigo en esta investigación. Comparando estos resultados, podemos señalar respecto al contenido de humedad, que el menor valor lo presenta la harina de yuca de 6.41 % frente a un 13.56% obtenido de la harina de trigo. Los resultados o tenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por el NTP (15%). Por otro lado, el mayor valor de cenizas 2.66% lo presenta la harina de yuca frente al 1.18% de la harina de trigo. De acuerdo a la investigación de Duda (1996), el alto contenido de cenizas es de gran influencia en la acidez de las mezclas encolantes.

Estas diferencias pueden ser causadas como menciona Villagomez (1993), que el contenido de almidón así como otros elementos en las raíces reservantes es variable y depende de condiciones de clima, suelo, factores hereditarios y estado de maduración entre otros. La variación de estos elementos inorgánicos, también puede deberse como sostiene Grace (1977) al cuidado y limpieza con que se elabore la harina de yuca.

En lo que respecta a pH, la harina de yuca presento un valor de 5.06 frente al 5.98 de la harina de Trigo. De acuerdo a este resultado, la harina de yuca presenta un pH mas bajo respecto al Trigo, considerándose como ligeramente ácida, por lo tanto será un complemento favorable para el fraguado de la Urea formaldehído, según lo manifestado por la investigación de Córdova (1992).

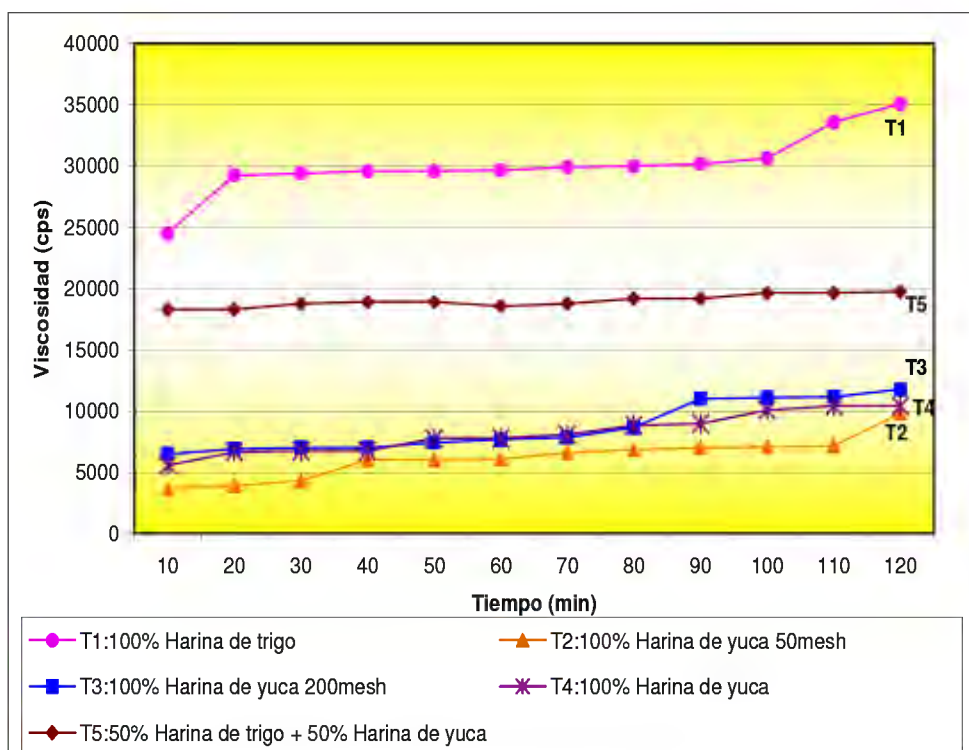
### **4.3 EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ADHESIVA**

#### **4.3.1 VISCOSIDAD Y PH**

Los resultados relacionados a la viscosidad y pH en función del tiempo para las mezclas encolantes se muestran en el Anexo 2.

El comportamiento de la viscosidad se puede apreciar en la Figura 9. La mezcla encolante que utiliza el tratamiento T1 presenta una mayor viscosidad comparada con las demás mezclas encolantes. En todos los casos a excepción de T5, el valor de la viscosidad aumenta conforme transcurre el tiempo, en especial en los primeros y últimos minutos, este comportamiento es algo similar a lo reportado por Paredes (1995) que utilizó harina de plátano como extendedor y Duda (1996) que utilizó harina de yuca como extendedor. Los valores reportados por Paredes (1995) y Duda (1996) se encuentran en el Anexo 3A y 3B.

En la figura 9, también se puede apreciar el comportamiento de la viscosidad de los demás tratamientos. La curva correspondiente al tratamiento T2 muestra una variación muy notoria, pues a los 30 minutos aumenta la viscosidad hasta hacerse casi constante. En el caso de T3, la viscosidad aumenta conforme avanza el tiempo, aunque a los 90 minutos la viscosidad sube casi un 50% hasta quedar constante. En el caso de T5, que es la mezcla de harina de trigo y yuca en igual proporción, la curva se asemeja algo a una línea demostrando una viscosidad muy poco variable a su valor inicial, aunque ligeramente se aprecia unos cambios conforme pasa el tiempo, pues en los últimos minutos hay un ligero incremento. Las curvas que presentan los valores de viscosidad más bajos son los de harina de yuca, siendo T2 la de menor viscosidad. Sin embargo, la curva que presenta valores más altos de viscosidad pero menores que del trigo es la combinación de harina de yuca y de trigo en proporciones similares, siendo caracterizada por ser muy estable al pasar el tiempo.



**Figura 9: Comportamiento de la viscosidad de las cinco mezclas encolantes**

Al respecto, Ognio (1990) señala que los gránulos de almidón de las harinas absorben agua y sufren un ligero hinchamiento; aumentando así la viscosidad de la mezcla. Sobre esto Contreras (1969) manifiesta que la harina de trigo tiene una capacidad para absorber grandes cantidades de agua, debido al gluten, - especie de carbohidrato que hace que mantenga una masa voluminosa-, mientras que por el contrario la harina de yuca no presenta dicha característica. Esto podría ser una de las causas por la cual la mezcla encolante que utilizó como extendedor la harina de trigo presentó una mayor viscosidad que las que utilizan harina de yuca.

Conforme a los datos obtenidos por Duda (1996), quien trabajó con harina de yuca y de trigo en diferentes proporciones, la mezcla encolante final es similar a sus resultados obtenidos, indicando que es la harina de yuca la que modera los cambios en viscosidad. La poca variación de la viscosidad de las mezclas encolantes usando como extendedor a la harina de yuca que se aprecia en la figura 9, puede relacionarse según Soriano (1986) a los ácidos que hidrolizan

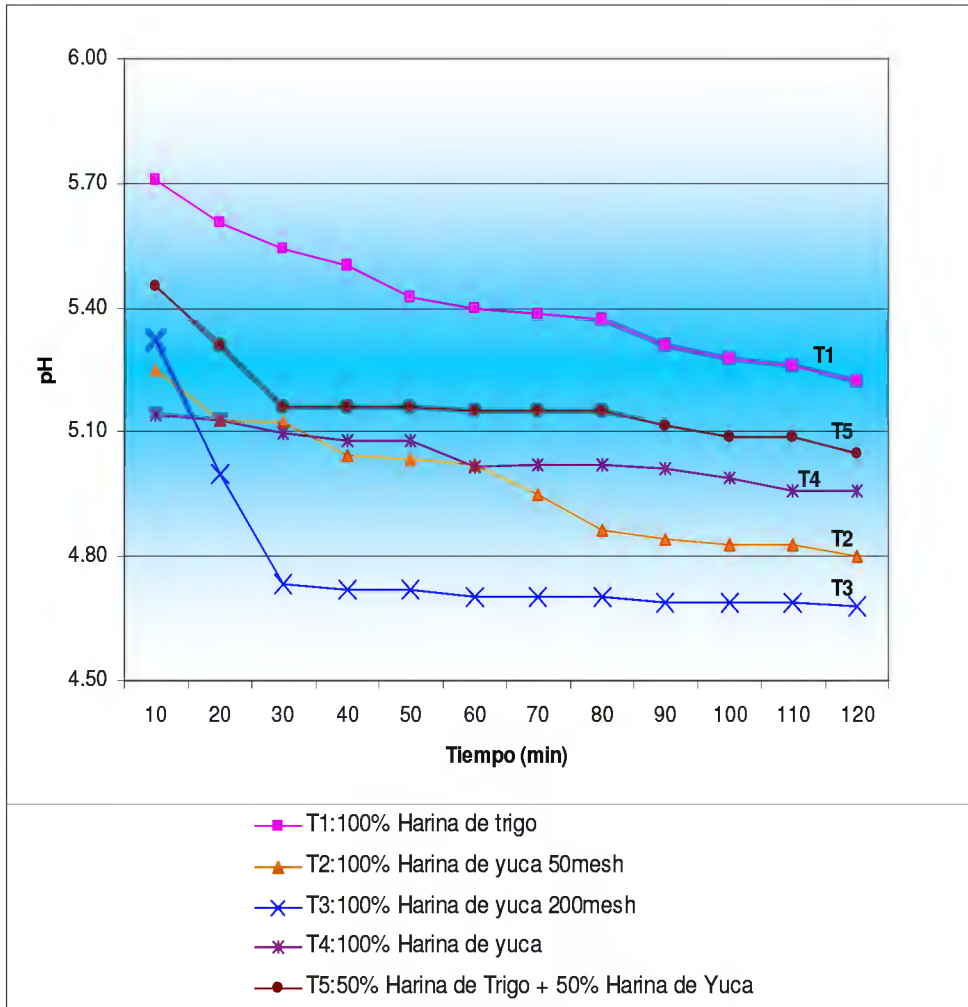
todos los almidones hasta D-glucosa y al igual que las enzimas causan una reducción de la viscosidad en las secciones amorfas de los gránulos hinchados. Así se podría inferir que los gránulos de almidón de la yuca tienen una mayor cantidad de secciones amorfas que por acción de los ácidos que se originan en la reacción de fraguado mantiene una viscosidad baja.

Por otro lado Skeist (1965) sostiene que la consistencia apropiada de la viscosidad depende de una adecuada cantidad de agua, que puede variar de acuerdo al grado y variedad de la harina.

El comportamiento observado en las viscosidades de las harinas también está relacionado con el tamaño de partícula de los gránulos de almidón de las harinas, tal como sostiene Stone (1978) que los gránulos de almidón del trigo tienen mayor tamaño que los de la yuca.

Respecto a la viscosidad, Bird citado por Duda (1996) señala que la mayor parte de los líquidos puros cumple la ley de Newton de la viscosidad: “Fluidos con una alta viscosidad se deforman relativamente más despacio que los fluidos de baja viscosidad”. Sin embargo las pastas, suspensiones y polímeros de elevado peso molecular no cumplen esta ley. Menciona asimismo que un líquido no Newtoniano a menudo se caracteriza por una elasticidad y plasticidad perceptible. Teniendo en cuenta las características de las mezclas encolantes utilizadas para este trabajo se asemejan a pastas se concluye que son Líquidos no Newtonianos.

Respecto al pH en la Figura 10, se aprecia el comportamiento de este parámetro en las mezclas encolantes evaluadas. Se puede observar que el pH tiende a disminuir conforme pasa el tiempo, y en los primeros minutos se observa una baja notable en casi todas las mezclas encolantes.



**Figura 10: Comportamiento del pH de las cinco mezclas encolantes**

Además, se aprecia el comportamiento de cada tratamiento, siendo el tratamiento T1 el que presenta los mayores valores de pH, probablemente debido a que la harina de trigo ha presentado el valor de pH más alto. El tratamiento T2 presenta un comportamiento similar a T1 pero con valores más bajos de pH. A diferencia de los mencionados el tratamiento T3 presenta un comportamiento diferente, pues es una de las mezclas encolantes con menor pH y esta baja abruptamente a partir de los 30 minutos hasta hacerse casi constante. Asimismo, el tratamiento T4 presenta un comportamiento distinto pues la disminución del pH es ligera presentando una curva casi estable. Finalmente, el tratamiento T5 en los primeros 30 minutos presenta un

comportamiento similar a T1 y T2, luego se hace constante hasta los 80 minutos para seguir disminuyendo.

Kollman (1975) sostiene que el pH tiende a disminuir notablemente en los primeros minutos, aumentando la acidez, debido a que luego de la reacción inicial, en el proceso de fraguado, esta tasa de reacción se incrementa notablemente por los ácidos o sustancias capaces de liberar ácidos al mezclarse con la resina. Moslemi citado por Córdova (1992) corrobora esta afirmación al mencionar que el cloruro de amonio al reaccionar con el formaldehído genera ácido clorhídrico lo que ocasiona el aumento de la acidez.

Sobre este punto, Skeist (1965) afirma que al mezclar la resina y el cloruro de amonio, este reacciona con el formaldehído libre para formar hexametileno tetramina, ácido clorhídrico y agua. Kollmann (1975) por su parte menciona que la cantidad de formaldehído libre en la resina es responsable directo de la cantidad de ácido que se libera.

Por otra parte Keenan (1991) manifiesta que las sales constituidas por cationes de bases débiles y aniones de ácidos fuertes forman soluciones ácidas, tal como sucede con el cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). También agrega que las soluciones acuosas de estas sales, el ion  $\text{NH}_4^+$  funciona como un ácido debido a que los iones  $\text{Cl}^-$  son bases muy débiles. Esto explica con mayor amplitud el hecho del aumento en el valor de la acidez.

La acidez que presenta las mezclas encolantes de harina de yuca se puede deber a la influencia de los elementos inorgánicos representados por el contenido de cenizas que en la harina de yuca es 2.66% mientras que la harina de trigo es de 1.18%.



Otro aspecto según Keenan (1991), en el pH de las mezclas encolantes interviene la concentración de iones hidronio, la que depende de la hidrólisis de cationes ácidos o aniones básicos, ligado al pH de la harina. Esta a su vez es influenciada por la temperatura a la cual fue deshidratada, dado que como sostiene Alvarado (1983) a temperaturas altas de secado el producto se vuelve más ácido.

#### 4.4 EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS

##### 4.4.1 PRUEBA MECÁNICA O DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA

Los valores promedio de resistencia a la tracción paralela y su calificación se muestran en el cuadro 8.

**Cuadro. 8 Valores promedios de resistencia a la tracción paralela al grano de la harina de trigo y/o yuca**

Extendedor	Promedio de Resistencia del tablero (kg/cm <sup>2</sup> )			Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Calificación de la falla
	Tablero 1	Tablero 2	Tablero 3		
100% Harina de Trigo (T1)	11.34	14.74	19.07	15.05	10
100% Harina de yuca de 50 mesh (T2)	8.98	10.94	16.01	11.98	2
100% Harina de yuca de mas de 200 mesh (T3)	11.36	14.43	16.75	14.18	8
100% Harina de yuca (T4)	11.82	16.07	20.95	16.28	8
50% Harina de yuca + 50% Harina de trigo (T5)	11.65	14.29	18.62	14.85	10

De acuerdo al cuadro 8, se observa que el tratamiento T4 es el que presenta el mayor valor de resistencia a la tracción paralela. Este valor promedio es superior al obtenido por Córdova (1996) de 14.71 kg/cm<sup>2</sup> en un trabajo a base de cargas utilizando harina de madera; aunque es menor al obtenido por Duda (1996) de 17.93 kg/cm<sup>2</sup> en un trabajo similar. Sin embargo, el valor de resistencia del tratamiento T4 tiene una calificación de la falla de 8. La calificación de la falla se relaciona con la calidad de enlace del tablero, con la temperatura interna de la línea

de cola y la ineficiencia del pegado en calor. Así, los tratamientos T1 y T5 a pesar de presentar menores valores de resistencia al mencionado, se caracterizan por tener una calificación de 10.

Por otro lado, en el cuadro 8, también se puede apreciar el caso del tratamiento T2, que es el que presenta el menor valor de resistencia a la tracción paralela asimismo también se caracteriza por una baja calificación.

Según Kollmann (1975), menciona que una acidez o alcalinidad fuerte reduce la resistencia de la unión en los tableros. En este sentido, el tratamiento T3 que presenta el menor valor de pH, por tanto una acidez fuerte, se caracteriza por presentar una de las resistencias mas bajas (14.18 kg/cm<sup>2</sup>). Por lo tanto, este tratamiento no sería recomendable en la unión de los tableros.

Kollman también afirma que existe una correlación lineal positiva entre la humectabilidad y la resistencia de la unión de las colas de Urea Formaldehído, esto se relaciona a su vez con la viscosidad de las mezclas, en ese sentido la mezcla con el tratamiento T4 (16.28 kg/cm<sup>2</sup>) es menos viscosa por lo que su humectabilidad será mayor que la mezcla con el tratamiento T5 (14.86) que presenta una mayor viscosidad.

Watkins (1980) sostiene que una buena cola solo fallara si la chapa es de mala calidad, el prensado se ha efectuado en malas condiciones o la cola este mal extendida. Al respecto Poletika citado por Kollmann (1975) afirma que la resistencia de la unión adhesiva es en términos cualitativos inversamente proporcional al espesor de la línea de cola. En este caso en particular, el extendido manual de la cola es un factor que ha influido en las resistencias registradas.

Al evaluar la resistencia de la línea de cola a los esfuerzos de tensión se obtienen resultados numéricos, ya que la variable resistencia es cuantitativa continua, se justifica el empleo de pruebas paramétricas para el análisis estadístico de los datos.

La prueba de comparación múltiple por pares de tratamiento de Tuckey, muestra que existen diferencias significativas de resistencias promedio a la tracción paralela al grano entre los tratamientos T1 y T2, mostrado en el anexo 5.

El análisis de varianza, muestra que al menos uno de los niveles de extendido de cola presenta un promedio de resistencia a la atracción paralela al grano diferente de los demás niveles, con un error experimental de 11.8. En el cuadro 9 se aprecia el análisis de varianza de los valores del ensayo mecánico de los tableros preparados.

**Cuadro. 9 Análisis de varianza (ANVA) de los valores del ensayo mecánico de los tableros preparados en base a los tratamientos respectivos.**

<b>Fuente de Varianza</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M</b>	<b>Fc</b>	<b>F0.05</b>
Tratamientos	4	302.4	75.6	6.39	0.002
Error Experimental (Dentro del Tratamiento)	145	1715.5	11.8		
TOTAL	149	2017.9			

#### **4.4.2 PRUEBA FÍSICA O DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD**

En los cuadros 10 y 11 se presentan la calificación a la resistencia de la línea de cola de los tableros elaborados con extendedores a base de trigo y/o yuca para uso interior y seminterior.

En el cuadro 10, se observa que los tableros que utilizaron los tratamientos T1, T3 y T5 son los que presentaron un encolado aceptable, pues el rango esta entre 4 al 10 que de acuerdo a lo señalado en la metodología se lo califica como aceptable, se considera entonces que su resistencia a la humedad se ubica dentro del rango permisible para colas a base de Urea

Formaldehído. Los tableros restantes a base de los otros tratamientos tuvieron un encolado insatisfactorio.

**Cuadro 10. Calificación del encolado de tableros elaborados con extendedores a base de harina de trigo y/o yuca para uso interior.**

<b>Extendedor</b>	<b>Calificación</b>
100% Trigo (T1)	6
100% Yuca de malla 50 mesh (T2)	1
100% Yuca de mas de 200 mesh (T3)	4
100% Yuca (T4)	2
50% Yuca + 50% Trigo (T5)	4

En el **cuadro 11**, se observa la calificación del encolado de tableros elaborados con extendedores a base de trigo y/o yuca para uso seminterior. Se observa que los tableros que utilizaron los tratamientos T1 y T3 tuvieron un encolado aceptable, siendo su resistencia a la humedad dentro del rango permisible para colas a base de Urea Formaldehído. Los tableros restantes a base de los otros extendedores no tuvieron un encolado satisfactorio.

**Cuadro 11. Calificación del encolado de tableros elaborados con extendedores a base de harina de trigo y/o yuca para uso seminterior.**

<b>Extendedor</b>	<b>Calificación</b>
100% Trigo (T1)	4
100% Yuca de malla 50 mesh (T2)	2
100% Yuca de mas de 200 mesh (T3)	3
100% Yuca (T4)	1
50% Yuca + 50% Trigo (T5)	2

Houwink y Salomón (1978) expresa que las colas de Urea Formaldehído de buena calidad, tienen buena resistencia en agua fría, débil en agua caliente y sin resistencia en agua hirviendo. Debido a esto, es que los tratamientos presentan una respuesta baja a la prueba física.

En el ensayo físico la evaluación de la resistencia de los tableros se obtuvo mediante una escala de calidad, es decir se trata de una variable cualitativa, por lo tanto para su análisis se emplearán pruebas no paramétricas.

Por lo tanto las variables cualitativas fueron evaluados con un análisis para pruebas no paramétricas, como la prueba de Kruskal-Wallis. En el **cuadro 12**, se muestra que más de uno de los tratamientos de la resistencia a la humedad para uso interior es diferente a los demás y que el mayor puntaje corresponde al tratamiento T1.

**Cuadro 12. Análisis Kruskal Wallis del ensayo físico para uso interior**

<b>Extendedor</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Promedio</b>	<b>Z</b>
100% Trigo (T1)	9	7,000	37,8	3,77
100% Yuca de malla 50 mesh (T2)	9	0,000	10,2	-3,28
100% Yuca de más de 200 mesh (T3)	9	6,000	27,9	1,25
100% Yuca (T4)	9	2,000	14,4	-2,18
50% Yuca + 50% Trigo (T5)	9	4,000	24,7	0,44
TOTAL	45		23,0	

En el **cuadro 13**, se muestra que al menos uno de los tratamientos de la resistencia a la humedad para uso seminterior es diferente a los demás y que el mayor puntaje corresponde al tratamiento T1.

**Cuadro 13. Análisis Kruskal Wallis del ensayo físico para uso seminterior**

<b>Extendedor</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Promedio</b>	<b>Z</b>
100% Trigo (T1)	9	4,000	33,3	2,64
100% Yuca de malla 50 mesh (T2)	9	0,000	13,3	-2,47
100% Yuca de mas de 200 mesh (T3)	9	2,000	27,6	1,18
100% Yuca (T4)	9	0,000	19,2	-0,96
50% Yuca + 50% Trigo (T5)	9	2,000	21,5	-0,38
TOTAL	45		23,0	

## 5. *CONCLUSIONES*

- La harina de yuca (*Manihot esculenta* Grantz) proveniente de la región San Martín puede ser utilizada como extendedor en la formulación de la cola para tableros contrachapados.
- El rendimiento de la yuca fresca en harina es aceptable, no obstante a su elevado contenido de agua.
- El bajo pH de la harina de yuca favorece el fraguado de la cola.
- La baja viscosidad de la cola con harina de yuca, como extendedor, favorece el extendido y prolonga la vida útil de la cola.
- Los elevados valores de viscosidad y pH de la cola con harina de yuca y harina de trigo, como extendedores, dificultan el extendido y disminuye la vida útil de la cola.
- La baja granulometría de la harina de yuca disminuye la resistencia del encolado de los tableros.
- Los tableros elaborados utilizando la harina de yuca sin tamizar, como extendedor, presentan mayor resistencia a la tracción paralela.

- Los tableros elaborados utilizando harina de trigo, como extendedor presentan mayor resistencia a la humedad.



## **6. RECOMENDACIONES**

- Extraer el almidón de la harina de yuca y comparar su aptitud como extendedor con la harina de trigo.
- Evaluar el comportamiento de otras variedades de yuca procedentes de otras regiones.
- Evaluar el comportamiento de la harina de yuca con otras especies maderables como Oje Renaco, Capinuri, Copaiba, entre otros.
- Realizar un análisis de costos para evaluar la rentabilidad de la harina de yuca como extendedor en la Industria Nacional de Tableros Contrachapados.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ACEVEDO M, M.; KIKATA, Y. (1994) Atlas maderas del Perú. Lima, PE, UNALM, Universidad de Nagoya. 200 p.
- 2.- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1980) Annual Book of ASTM Standar. Wood Adhesives. Philadelphia, USA
3. - ALVARADO F., C. (1983) Determinación de las propiedades físicas de la Yuca (*Manihot esculenta* Grantz) relacionado con su deshidratación (Contenido de humedad de equilibrio y calor latente de vaporización) Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 167p.
- 4.- AROSTEGUI, A. (1982) Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 fortalecimiento de los Programas de Desarrollo Forestal en Selva Central. 57p
- 5.- BARBIERI B., R. (2002) Determinación de los tiempos óptimos de prensado en tableros contrachapados de Ishpingo (*Amburana cearensis*) y Carapacho (*Micrandia spruceana*). Tesis (Ing. forestal). Lima, PE, UNALM. 78 p.
- 6.- BLOMQUIST, R (1981) Educational modules for materials science and engineering. 3. Pennsylvania, USA. 120 p.
- 7.- BRAVERMAN, J. (1980) Bioquímica de los alimentos. Editorial Manual Moderno. México, D.F.
- 8.- BREKELBAUM, T. 1991. Secado Natural de Yuca en la Costa Norte de Colombia, CO, IICA. CELATER. (Cuadernos de agroindustria rural Doc-Esp, 6).
- 9.- BUITRAGO, A. J. y LUCKET, A. (1990) La yuca en la alimentación animal. Cali, Colombia, CIAT.
- 10.- CANCHUCAJA R., J. (2001) Influencia de la presión específica en el prensado de tableros contrachapados de lupuna (*Chorisia integrifolia*). Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 70 p.
- 11.- CERRATE E., E. (1989) Efecto de sustitución del trigo por tres variedades de cebada en la elaboración de fideos. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 172p.
- 12.- CHUGG, W. A. (1964) Glulam. The theory and practice of the manufacture of glued laminated timber structures. Ernest Benn Limited. London, UK.423p
- 13.- COLLAZOS, CH. C.; ALVISTUR, J. F.; VASQUEZ, G. J.; QUIROZ, M. A.; HERRERA, A. N.; ROBLES, G. N.; ARIAS, V. M.; VIRAS, T. E.; URGUETO, A. R.; DIAS, T. C.;

- ROCK, N. A.; HERNANDEZ F. E. (1996). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 7. Ed. Lima, PE, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 86p
- 14.- CONTRERAS, A (1969) Estudio comparativo de Rendimiento y calidad panera de 49 variedades de híbridos de trigo. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 96 p.
- 15.- CORDOVA, R (1992) Harina de madera como carga en la formulación de colas para tableros contrachapados. Tesis (Mg Sc). Lima, PE, UNALM. 92p
- 16.- DELGADO B., T.E.; ROSAS S., C (1977) Yuca: Resultados de la investigación y recomendaciones para su cultivo en el país. Lima, PE. Ministerio de Alimentación. Dirección General de Investigación. Informe Especial no.65. 30p.
- 17.- DUDA M., O. A. (1996) Uso de la harina de yuca (*Manihot sp.*) en la formulación de cola para tableros contrachapados. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 100p
- 18.- ESTEVES, C. L. (1969) Estudio morfológico de 28 variedades de yuca en la Costa Central. Tesis (Ing. Agr.). Lima, PE, UNALM. 135p
- 19.- FRENCH, G. E. (1977). Diseño y Operación de Plantas Productoras de Tableros Contrachapados. Lima, PE, Dirección General de Industria. 334p
- 20.- GALINDO O., M. (1987) Cola Sintetica (Adhesivo de Acetato de polivinilo) Factores y condiciones para su elaboración. Tesis (Ing. Química). Lima, PE, UNMSM. 95 p
- 21.- GARCIA E., L.; GUINDEO C., A.; PERAZA O., C.; PALACIOS, de P. (2002) La madera y su Tecnología. . Aserrado, chapa, tableros contrachapados, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración. 7. Ed. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 322 p.
- 22.- GARCIA Y., M. (2003) Cultivos tropicales nativos y aclimatados de la cuenca del Huallaga. Cajamarca, PE, Universidad Nacional de Cajamarca, Oficina General de Investigación.
- 23.- GONZALES C., A. (1977). Obtención de dextrinas a partir de almidones de papa y yuca. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 234p.
- 24.- GRACE, M.R. (1977) Elaboración de Yuca. Roma, IT, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal no.3. 162p.
- 25.- HANCOOK W. (1985) Apuntes del Curso de Fabricantes de Paneles. Lima, PE, UNALM. Programa de estudios de Postgrado en Industrias Forestales. 115 p.
- 26.- HERITAGE, G. (1983). Adhesive bonding of wood another structural materials. Pensilvania. 3. Ed. Blomquist. 450 p.

- 27.- HOUWINK R. Y SALOMON G. (1978). Enciclopedia de la Química Industrial. Espartero, Bilbao, ES. Ediciones URMO. 622 p.
- 28.- HURTADO B., J. (1997) Valorización de las Amiláceas “No – Cereales” Cultivadas en los Países Andinos. Santa fe de Bogota, D.C., CIAT, Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería de Alimentos. 161 p.
- 29.- INDUSTRIAS VENCEDOR S.A. DIVISIÓN QUÍMICA (2001) Vence UF-603 Especificación Técnica. Lima, PE. 3p.
- 30.- INFANTE, R. G. (1986) Caracterización físico-química del grano de 48 linajes de trigo invernol (*Triticum aestivum*) procedente del altiplano. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM 78 p.
- 31.- JHONSON, S.E.; KAMKE, F.A. (1994) Carbohydrate-based extender for wood-particulate composites. *Forest Products Journal (USA)* v. 44 (3).p46-48
- 32.- JUAREZ G., L (1955) Las hojas y tallos de yuca como forraje. Lima, PE. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Boletín no.58. 66p.
- 33.- KEENAN, CH; WOOD, J.H. (1991) Química general Universitaria. México (ME). Editorial Continental. 5ª Reimpresión. 951 p.
- 34.- KIRK, R. E.; OTHMER, D. F.; SCOTTE, J. D.; STANDEN A. (1961) Enciclopedia de la Tecnología Química. 2. México, D. F., MX. UTEHA.
- 35.- KOLLMANN (30),F et al (1975) Principles of wood science and technology wood based materials. Berlin, GE. Springer - Verlag. 2. 592p
- 36.- LEON, J. (1968) Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales. San José, CR, IICA. MCA Ed. 487p
- 37.- MADRID V., M. (1997).Seminaro sobre Adhesivos (en Línea). Madrid, ES. Henkel Loctite, Departamento Tecnico. Consultado el 15 oct. 2004. Disponible en <http://materiales.unex.es/download/adhesivos.pdf>
- 38.- MARRA, A. (1951). Glue line Doctor Forest Products. Philadelphia, USA. Research Society National Annual Meeting. 5. 400p.
- 39.- MACEDO, J. (1990). Sustitución de harina de trigo por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en la elaboración de galletas. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 205 p.
- 40.- McSWEEN R., J; SELLERS T., Jr. (1985) Evaluation of sweet gum yellow-poplar and swamp tupelo for use in structural plywood. *Forest Products Journal*. v. 35(7/8) p. 27-33

- 41.- MEDINA, G (1994) Nueva norma sobre ensayo de calidad del encolado de los tableros contrachapados. Madrid, ES, AITIM Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho No 169. 96 p.
- 42.- MULLINS, E.,J (1981) Canadian Woods.- Their Properties and Uses. Ottawa, CA. 389p2
- 43.- MYERS, G. (1977). How fiber acidity affected functional properties of dry – formed hardboard. USA, USDA Forest Service Research Paper FPL No 282. 8p.
- 44.- OGNIO, A. (1990) Obtención de Alcohol a partir de yuca, (Manihot esculenta Grantz) Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM.83p
- 45.- OSPINA, B.; BEST, R (1981). Manual de Construcción y Operación de una planta de secado natural de yuca. Cali, CO, Centro Internacional de Agricultura tropical. 54p.
- 46.- PARDIO, S. V. y WALISZEWHI, K. K. (1994). Evaluación de la yuca como materia prima no convencional para la industria alimentaria. VE. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 44(1):2-5.
- 47.- PAREDES, A. (1995) Harina de plátano como extendedor en la formulación de cola para tablero contrachapados. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 125 p.
- 48.- PERRY, T (1944) Modern wood adhesives. New York, USA. Pitman Publishing Corporation. 208 p.
- 49.- PIZZI, A. (1983). Wood Adhesives Chemistry and Technology. New York, USA. Marcel Dekker, Inc. 376p.
- 50.- POBLETE W., H. (2001) Tableros de Particulas. CH, Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. Editorial el Kultrún.
- 51.- RADLEY, A.S. 1976. Physical methods of characterizing starch and starch products. London, UK. S.A. Radley Applied Sci. Publ. Ltd. Cap. IV. pp. 91-111.
- 52.- ROJAS, J. C. (2004) Entrevista personal. Proyecto de Especies Promisorias en el Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA. Pucallpa, PE.
- 53.- ROJAS O., D. (2001) Determinación del nivel de sustitución de puré de yuca (Manihot esculenta Grantz) en la elaboración de galletas dulces. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 164p.
- 54.- SHIELDS, J. (1984) Adhesives handbook.. London, UK. Butterworth. 3<sup>rd</sup> Ed. 363 p.
- 55.- SKEIST, I. (1965) Handbook of adhesive. Reinhold Publishing Corporation. New York, USA. 683p.

- 56.- SORIANO, J. (1986) Obtención y Caracterización del almidón pregelatinizado a partir de almidón de yuca. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 104p.
- 58.- STONE, J.B.; ROBITSCHK, P. (1978) Factors Affecting the Performance of Plywood Glue extenders. USA, Forest Products Journal. v.28 (6). p.32-35
- 59.- THE HARDWOOD PLYWOOD INSTITUTE (1962) Hardwood Plywood Virginia. 2nd Ed. 60p.
- 60.- VILLAGOMEZ, C.V.; RODRIGUEZ, S.G. (1993). El cultivo de yuca (*manihot esculenta* Grantz). Lima, PE, UNALM. 90p
- 61.- WATKINS, E (1980) Principles of Plywood Production. Reichhold Limited Canada January. 39 p.
- 62.- WATSON CISNEROS, E. (1985) Cultivos Tropicales Adaptados a la Selva Alta Peruana, particularmente el Alto Huallaga. Lima, PE. Banco Agrario del Perú. 357p.
- 63.- WHISTLER, R.L. (1984) Starch: Chemistry and Technology. New York, USA. Academic Press. 2da Ed. 718p.
- 64.- WHITE, M.S.(1977) Influence of resin penetration on the fracture toughness of wood adhesive bonds. Wood Science. 10 (1).
- 65.- WILLIANSO, F. ;WEARN, W. (1957) Wood to wood bond with epoxide resins – species effect. In: Forest Products Journal 8 (6). 23p.

#### ***Direcciones Electrónicas***

- 66.- **Wikipedia. 2008. Harina (en línea). Consultado: 14 Abril 2006. Disponible en:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Harina>
- 67.- **Portal Agrario del Ministerio de Agricultura. 2008. Datos Estadísticos. Consultado: 22 febrero 2007. Disponible en:** <http://www.portalagrario.gob.pe/boletines/estadisticaAgraria.shtml>

## ANEXO 1

### CARACTERÍSTICAS DE LA UREA FORMALDEHÍDO, VENCEUF – 603

Características	Urea Formaldehído
Gravedad Específica 25/25° C	1.188 -1.198
Viscosidad Gardner 25° C	B – C 1
Tiempo de gelado a 25° C,	2.5 – 5.5 horas 2
pH 25° C	7.5 – 7.9
Contenido de sólidos %	47 - 49
Formaldehído libre %	1.2 máx
Viscosidad cps 25° C	60 -100 3
Vida útil	90 días

Fuente: Industria Vencedor S.A. División Química

1: Viscosidad inicial; esta viscosidad se incrementa con el tiempo y condiciones de almacenamiento.

2: 2000 gramos de resina catalizada con 15 ml de solución de cloruro de amonio al 25%, manteniendo la muestra con un baño de temperatura constante de 25°C.

3: Brookfield. LVF. N° 3,60. 25°C.

## ANEXO 2

### VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y PH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE LAS MEZCLAS ENCOLANTES

Tiempo (min)	T1		T2		T3		T4		T5	
	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH
10	24500.00	5.71	3666.67	5.25	6500.00	5.32	5583.33	5.14	18333.33	5.45
20	29250.00	5.61	3916.67	5.13	6916.67	5.00	6666.67	5.13	18333.33	5.31
30	29416.67	5.54	4333.33	5.12	7000.00	4.73	6750.00	5.10	18750.00	5.16
40	29583.33	5.50	6000.00	5.04	7000.00	4.72	6750.00	5.08	18916.67	5.16
50	29583.33	5.43	6000.00	5.04	7416.67	4.72	7750.00	5.08	18916.67	5.16
60	29666.67	5.40	6083.33	5.02	7666.67	4.70	7750.00	5.02	18583.33	5.15
70	29916.67	5.38	6583.33	4.95	7833.33	4.70	8083.33	5.02	18750.00	5.15
80	30000.00	5.37	6833.33	4.86	8666.67	4.70	8833.33	5.02	19166.67	5.15
90	30166.67	5.31	7000.00	4.84	11000.00	4.69	8966.67	5.01	19166.67	5.11
100	30666.67	5.28	7083.33	4.83	11083.33	4.69	10083.33	4.99	19666.67	5.09
110	33583.33	5.26	7166.67	4.83	11166.67	4.69	10416.67	4.96	19666.67	5.09
120	35083.33	5.22	9833.33	4.80	11750.00	4.68	10416.67	4.96	19750.00	5.05

T1 = 100% harina de trigo

T2 = 100% Harina de yuca por malla 50 mesh

T3 = 100% Harina de yuca por malla 200 mesh

T4 = 100% Harina de yuca

T5 = 50% Harina de trigo + 50% harina de yuca



## ANEXO 3

### ANEXO 3A. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y PH DE LAS MEZCLAS ENCOLANTES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO UTILIZANDO COMO EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO Y PLÁTANO (PAREDES, 1995)

Tiempo (min)	T1		T2		T3		T4		T5	
	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH
10	2100	5.40	2260	5.10	2700	4.35	2740	4.40	1420	6.10
20	2100	4.50	2340	5.00	2700	4.30	2800	4.20	1520	5.90
30	2160	4.30	2440	4.90	2740	4.30	2800	4.20	1550	5.87
40	2160	4.30	2460	4.90	2740	4.25	2820	4.20	1580	5.87
50	2160	4.29	2500	4.80	2740	4.25	2840	4.15	1660	5.80
60	2160	4.28	2500	4.70	2760	4.23	2860	4.10	1780	5.75
70	2180	4.28	2520	4.70	2780	4.20	2900	4.10	1840	5.70
80	2200	4.25	2600	4.60	2800	4.20	2920	4.05	2000	5.65
90	2240	4.21	2600	4.60	2800	4.15	2940	4.00	2040	5.63
100	2240	4.20	2600	4.60	2860	4.11	2960	4.00	2200	5.60
110	2300	4.20	2600	4.50	2900	4.10	3000	4.00	2420	5.50
120	2300	3.19	2600	4.50	2900	4.10	3000	3.90	2500	5.50

T1 = 100% harina de plátano

T2 = 75% Harina de plátano + 25% harina de trigo  
de plátano + 75% harina de trigo

T3 = 50% Harina de plátano + 50% harina de trigo

T4 = 25% Harina  
T5 = 100% Harina de trigo

**ANEXO 3B. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y PH DE LAS MEZCLAS ENCOLANTES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO  
UTILIZANDO COMO EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO Y YUCA (DUDA, 1996)**

Tiempo (min)	T1		T2		T3		T4		T5	
	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH	Viscosidad	pH
10	312.50	6.50	215.00	4.80	565.00	5.60	375.00	6.00	420.00	6.82
20	355.00	5.65	215.00	4.45	565.00	5.00	375.00	5.95	430.00	5.65
30	380.00	5.50	215.00	4.41	575.00	4.80	390.00	5.90	440.00	5.55
40	387.50	5.40	220.00	4.40	575.00	4.75	390.00	5.85	440.00	5.50
50	395.00	5.35	220.00	4.35	580.00	4.70	395.00	5.80	445.00	5.50
60	415.00	5.30	220.00	4.33	585.00	4.68	400.00	5.75	445.00	5.45
70	445.00	5.25	220.00	4.31	590.00	4.65	405.00	5.75	450.00	5.45
80	460.00	5.20	220.00	4.30	595.00	4.61	405.00	5.72	460.00	5.40
90	500.00	5.20	220.00	4.30	600.00	4.60	415.00	5.70	465.00	5.40
100	510.00	5.19	225.00	4.25	600.00	4.55	417.00	5.69	470.00	5.38
110	550.00	5.15	225.00	4.25	605.00	4.52	425.00	5.65	475.00	5.35
120	605.00	5.12	225.00	4.20	605.00	4.49	425.00	5.60	490.00	5.35

T1 = 100% harina de trigo

T2 = 100% Harina de yuca

T3 = 75% Harina de trigo + 25% harina de yuca

T4 = 50% Harina de trigo + 50% harina de yuca

T5 = 25% Harina de trigo + 75% harina de yuca

## ANEXO 4

### VALORES DEL ENSAYO MECÁNICO EN KG/CM2 DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS

T1	T2	T3	T4	T5
9.8924525	7.1574803	5.06265664	10.1216893	10.474361
9.9074752	8.241947	10.162751	10.8814264	10.536251
10.018929	8.2586311	10.9905739	11.7647479	10.744166
11.078788	8.7503978	11.7642045	11.9535788	11.204303
11.107145	8.8203293	12.050119	11.9785663	11.304528
11.324208	8.8602759	12.0511364	12.0506354	12.174107
12.220088	9.3987115	12.2197828	12.0737294	12.246572
12.291307	9.9776493	12.9930767	12.1460272	12.320253
12.725118	10.018209	13.1254061	12.4435318	12.511043
12.880151	10.266878	13.2263071	12.8038415	12.97478
14.16889	10.292022	13.3423295	13.2924634	13.068168
14.292226	10.390427	13.3493101	13.4510247	13.219428
14.327903	10.431522	13.8691047	13.937487	13.444565
14.431579	10.431955	13.937487	16.1565067	13.792305
14.608218	10.453115	14.0538712	16.2944475	13.851817
14.695318	10.683078	14.374985	16.4872812	14.779486
14.954718	11.033844	14.5213467	16.9863123	15.014674
15.04918	11.232623	14.8986753	17.4297984	15.112039
15.178108	12.196957	15.8487064	18.2916221	15.193828
15.709782	12.292089	16.0846485	18.3636364	15.465234
15.774594	13.067229	16.1627703	18.5510204	15.924301
16.237104	14.066243	16.2944475	18.615221	17.212642
17.064312	14.560066	16.3262726	18.759525	17.422591
17.089143	15.014674	16.3661897	18.9038291	18.404974
17.176543	15.244126	16.5118634	19.0575187	18.47715
18.722377	16.700787	16.6304737	19.7926241	18.508232
21.071128	16.993222	16.9863123	22.1125408	19.097711
21.154951	17.388809	17.1000286	23.8582677	19.744773
22.066596	17.931438	17.3684852	24.8261488	20.040945
24.376188	19.090258	17.7834727	25.0671683	21.410664

## ANEXO 5

### PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIONES PAREADAS DE RESISTENCIA POR DISTINTA MEZCLAS ENCOLANTES

Proporción del error total = 0.050

Proporción del error individual = 0.0064

Valor crítico = 3.44

Intervalos para (nivel medio del columna) – (nivel medio de la fila)

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>T2</b>	-5.534 -0.623			
<b>T3</b>	-3.327 1.584	-0.248 4.662		
<b>T4</b>	-1.227 3.684	1.851 6.762	-0.356 4.555	
<b>T5</b>	-2.653 2.258	0.426 5.336	-1.781 3.129	-3.881 1.030

**T1** = 100% harina de trigo

**T2** = 100% Harina de yuca por malla 50 mesh

**T3** = 100% Harina de yuca por malla 200 mesh

**T4** = 100% Harina de yuca

**T5** = 50% Harina de trigo + 50% harina de yuca

## ANEXO 6

### VALORES DEL ENSAYO FÍSICO PARA USO INTERIOR DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS

T1	T2	T3	T4	T5
7	0	0	0	3
4	0	0	2	4
8	0	2	3	2
7	0	8	1	4
4	0	9	4	5
2	1	9	1	4
9	2	3	2	3
8	4	6	2	7
9	6	2	1	5

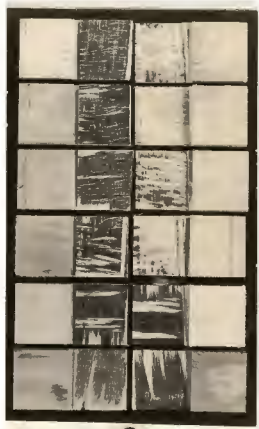
## ANEXO 7

### VALORES DEL ENSAYO FÍSICO PARA USO SEMINTERIOR DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS

T1	T2	T3	T4	T5
4	0	0	5	0
3	0	4	5	1
4	0	1	2	2
2	0	2	0	2
0	0	2	0	2
7	0	7	0	2
6	8	5	0	0
6	0	0	0	3
7	9	5	1	2

## ANEXO 8

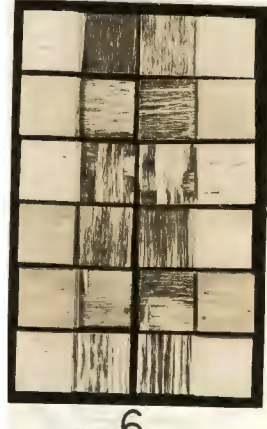
### CALIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA PRUEBA MECÁNICA



CALIDAD 2



CALIDAD 4



CALIDAD 6



CALIDAD 8



CALIDAD DE LIQUORINA  
CALIDAD 10