

**Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y
Naturales. Secretaría de Investigación y Postgrado. Maestrías en Madera,
Celulosa y Papel**

*Maestranda
Susana Ester Aguilar*

Potencial de uso de pulpa mecánica a la piedra en diferentes calidades de papel y cartón

**Tesis de Maestría presentada para obtener el título de “Magíster en
Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel”
OCyP**

*Directora
Ing. María Cristina Area
Co Director
Ing. José Mangolini*

Posadas, 2001



Esta obra está licenciada bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

***“POTENCIAL DE USO DE PULPA MECÁNICA A LA
PIEDRA EN DIFERENTES CALIDADES DE PAPEL Y
CARTÓN”***

SUSANA ESTER AGUILAR

**Tesis presentada a la Universidad Nacional
de Misiones como exigencia parcial de la
Maestría en Madera, Celulosa y Papel.**

Directora: María Cristina Area *PhD, Ing.*

Co-director: José Mangolini Neves *Dr., Ing.*

*A mi familia,
en especial a Elsa, mi Mamá.*

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora de Tesis, María Cristina Area, por las oportunidades brindadas y la dedicación en la orientación de este trabajo.

A mi Co-Director José Mangolini Neves y a todo el personal miembro del “Agrupamento Celulose e Papel” del IPT, Regina Coeli Testa Takahashi, Abel Pereira do Amaral, Antônio dos Santos Filho, Cícero Lucindo Santos, Edemilson do Nascimento, Maria Cristina Almeida Pereira y en especial a Maria Luiza Otero D’Almeida, por todo el apoyo brindado.

Al personal del PROCYP, en particular al Sr. Carlos Núñez, al Ing. Fernando Felissia, y al Ing. Carlos Kruzolek.

Al Ing. Orlando Patiño (SENAI) y a la Empresa Klabin de Telêmaco Borba, del Brasil.

A las Instituciones SECYT y CAPES por el financiamiento del proyecto de Cooperación Brasil-Argentina en Investigación y Enseñanza en Celulosa y Papel.

Por último, pero no por ello menos importante, a mis compañeros de Maestría y a todos mis amigos, especialmente a los que me dieron el último envío.

RESUMEN

El presente trabajo surge a partir de la posibilidad de instalar en la región sudeste de Paraguay, limítrofe con la Provincia de Misiones, Argentina, una pequeña planta para producir pulpa mecánica a la piedra. El objetivo general es evaluar el impacto de incluir pulpa mecánica a la piedra, en mezclas con fibras secundarias, sobre las propiedades de diferentes tipos de papeles y cartones. Las pulpas mecánicas a la piedra poseen bajas resistencias y su uso está en general limitado a la fabricación de papel periódico. Sin embargo, si las comparamos con otros procesos de alto rendimiento, todavía juegan un rol importante en la industria del papel, debido a sus excelentes características de impresión, propiedades ópticas, y bajo consumo de energía. A esto se suma su bajo costo de capital y operación, y la posibilidad de instalarse en pequeña escala. Estos factores hacen que este proceso sea particularmente apto para países o regiones de escaso desarrollo papelerero. En la República del Paraguay, por ejemplo, la mayor parte del papel existente en el mercado es reciclado o importado. Debido a los bajos costos de madera y energía eléctrica, una fábrica de este tipo podría convertirse en una opción válida. Para alcanzar los objetivos propuestos se realizaron experiencias siguiendo un diseño de mezclas de tres componentes de tipo *Simplex Cúbico Especial*, (17 experiencias). Las variables estudiadas fueron los porcentajes de las diferentes pulpas utilizadas como materias primas: bolsas kraft de harina de 50 Kg, recolectadas en distintas panaderías de la ciudad de Posadas (Argentina), pulpa mecánica a la piedra (SGW) proveniente de la fábrica Klabin, de Telémaco Borba, (Brasil), y diarios que fueron recolectados en la ciudad de Encarnación (Paraguay). Las pulpas recicladas se elaboraron en el PROCYP (Argentina), y se trasladaron al IPT (Brasil), donde se prepararon las mezclas con las diferentes proporciones de cada tipo de pulpa y se confeccionaron hojitas de 25 g/m², 60 g/m² y 120 g/m². Se realizaron luego los diferentes ensayos ópticos y fisico-mecánicos para medir las propiedades de los diferentes tipos de papeles. Los valores medios de cada una de las propiedades fueron analizados con un software específico. Los resultados indican que es posible incluir hasta un 48% en papeles tipo tisú sin salir de especificación en sus propiedades básicas. Estos valores son 20-25% de pulpa mecánica en papeles de 60 g/m² y de 20% y 44% de pulpa mecánica en papeles de 120 g/m², embalajes leves y para ondular respectivamente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
Contenido	v
Lista de Figuras	vii
Lista de Tablas	viii
Lista de Gráficos	ix
Lista de Fotos	ix
Lista de Abreviaturas	x
CAPÍTULO 1	1
<i>Propuesta de trabajo</i>	1
<hr/>	
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	2
<i>1.2.1 Objetivo general</i>	2
<i>1.2.2 Objetivos particulares</i>	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 PLAN DE TRABAJO	3
1.5 METODOLOGÍA	4
CAPÍTULO 2	5
<i>Pulpas, Papeles y Cartones</i>	5
<hr/>	
2.1 PAPELES DE REFERENCIA	6
<i>2.1.1 Papeles sanitarios</i>	6
<i>2.1.2 Papeles de impresión y escritura</i>	7
<i>2.1.3 Papeles para embalaje</i>	10
2.2 PULPAS DE ALTO RENDIMIENTO	13
<i>2.2.1 Introducción</i>	13
<i>2.2.2 Tipos de pulpas de alto rendimiento</i>	14
<i>2.2.3 Características generales</i>	15
<i>2.2.4 Uso de las pulpas de alto rendimiento</i>	17
2.3 EL PULPADO MECÁNICO A LA PIEDRA	18
2.4 UTILIZACIÓN DE LA PULPA MECÁNICA A LA PIEDRA (SGW)	18
<i>2.4.1 Uso de pulpa SGW en papeles para impresión y escritura</i>	18
<i>2.4.2 Uso de pulpa SGW en papeles tisú</i>	22
<i>2.4.3 Uso de pulpa SGW en cartones</i>	24
2.5 PULPAS RECICLADAS	26
<i>2.5.1 Introducción</i>	26
<i>2.5.2 El proceso de reciclado de papeles</i>	28

2.5.3 <i>Características de los papeles reciclados</i>	29
CAPÍTULO 3	31
<i>Parte Experimental</i>	31
<hr/>	
3.1 MATERIA PRIMA	32
3.1.1 <i>Obtención y preparación</i>	32
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	33
3.3 ENSAYO DE MATERIAS PRIMAS Y HOJAS DE MEZCLAS	34
3.3.1 <i>Caracterización de las pulpas</i>	34
3.3.2 <i>Formación de probetas</i>	35
3.3.4 <i>Ensayos sobre probetas de mezclas</i>	35
CAPÍTULO 4	37
<i>Resultados y Discusión</i>	37
<hr/>	
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PULPAS	38
4.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS SOBRES LAS HOJAS	40
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.3.1 <i>Análisis de resultados obtenidos con hojas de 25 g/m²</i>	51
4.3.2 <i>Análisis de resultados obtenidos con hojas de 60 g/m²</i>	53
4.3.3 <i>Análisis de resultados obtenidos con hojas de 120 g/m²</i>	56
CAPÍTULO 5	58
<i>Conclusiones</i>	58
<hr/>	
PAPELES DE 25 g/m ² :	59
PAPELES DE 60 g/m ² :	60
PAPELES DE 120 g/m ² :	60
FORMAS ALTERNATIVAS DE AUMENTAR EL PORCENTAJE DE SGW EN EMPASTES	60
<i>Acción sobre las pulpas</i>	60
<i>Acción sobre los papeles:</i>	61
ESTIMACIONES DE COSTOS	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXO A	65
<hr/>	
A.1 LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY	66
A.1.1 <i>Descripción general</i>	66
A.1.2 <i>Desarrollo económico</i>	69
A.1.3 <i>Generación de energía</i>	70
A.1.4 <i>Situación Forestal del Paraguay</i>	72
A.1.5 <i>Producción, Comercio y Consumo de Productos Forestales</i>	72
A.2 BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXO B	77
<hr/>	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Coeficiente de dispersión de la luz de pulpas mecánicas y químicas.....	16
Figura 2.2: Resistencia a la tracción de pulpas mecánicas y químicas.....	16
Figura 2.3: (a) Representación esquemática de cartones tri-capa simétricos; (b) Representación esquemática de cartones tri-capa asimétricos.....	25
Figura 2.4: Efectos del reciclado sobre la longitud de rotura y la densidad, de diferentes tipos de pulpas, (5 ciclos).....	30
Figura 3.1: Diseño Experimental tipo Simplex Cúbico Especial.....	34
Figura 4.1: Volumen específico (cm^3/g) - 25 g/m^2	45
Figura 4.2: Blancura (% ISO) - 25 g/m^2	45
Figura 4.3: Absorción de agua. Test de la gota (s) - 25 g/m^2	45
Figura 4.4: Suavidad Gurley (Softness) (s) - 25 g/m^2	45
Figura 4.5: Índice Explosión ($\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$) - 25 g/m^2	45
Figura 4.6: Índice de Tracción (Nm/g) - 25 g/m^2	45
Figura 4.7: Índice de tracción (límite de utilización SGW - 25 g/m^2).....	46
Figura 4.8: Índice de rasgado (límite de utilización SGW - 25 g/m^2).....	46
Figura 4.9: Grado de refino ($^{\circ}\text{SR}$) - 60 g/m^2	47
Figura 4.10: Opacidad (%ISO) - 60 g/m^2	47
Figura 4.11: Coeficiente dispersión de luz (m^2/kg) - 60 g/m^2	47
Figura 4.12: Absorción de Tinta K&N (%) - 60 g/m^2	47
Figura 4.13: Arrancamiento Lado B (N°) - 60 g/m^2	48
Figura 4.14: Índice de Tracción (Nm/g) - 60 g/m^2	48
Figura 4.15: Índice de tracción (límite utilización SGW - 60 g/m^2).....	48
Figura 4.16: Índice de explosión (límite utilización SGW - 60 g/m^2).....	48
Figura 4.17: Índice de Rasgado (límite utilización SGW - 60 g/m^2).....	49
Figura 4.18: Resistencia al aire Gurley (límite utilización SGW - 60 g/m^2).....	49
Figura 4.19: Resistencia a la flexión Taber ($\text{mN}\cdot\text{m}$) - 120 g/m^2	49
Figura 4.20: RCT (kN/m) - 120 g/m^2	49
Figura 4.21: Índice explosión (límite de utilización SGW- 120 g/m^2).....	50
Figura 4.22: Índice rasgado (límite de utilización SGW- 120 g/m^2).....	50
Figura 4.23: Índice tracción (límite de utilización SGW- 120 g/m^2).....	51
Figura 4.24: Elongación (límite de utilización SGW- 120 g/m^2).....	51
Figura A.1: Mapa de la República del Paraguay.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de pastas utilizadas en la fabricación de papeles sanitarios.	6
Tabla 2.2: Características de papeles sanitarios de mercado.....	7
Tabla 2.3: Características de papeles destinados a la escritura.	8
Tabla 2.4: Características típicas de papeles de impresión (60 g/m ²)	9
Tabla 2.5: Características básicas de papeles para embalajes leves.	10
Tabla 2.6: Características típicas de papeles tipo kraft común	11
Tabla 2.7: Características básicas exigidas para los componentes de un cartón.	12
Tabla 2.8: Características básicas de papeles para corrugar	13
Tabla 2.9: Ejemplos de formulaciones de diferentes tipos de papeles para impresión.....	19
Tabla 2.10: Ejemplos de formulaciones para papel periódico.	20
Tabla 2.11: Ejemplo de formulación para papel periódico con utilización de papel reciclado destintado.	20
Tabla 2.12: Ejemplos de formulación para papeles SC, base para LWC y Rotograbado.	21
Tabla 2.13: Ejemplos de formulaciones para papeles tipo tisú.	24
Tabla 2.14: Ejemplos de formulaciones para Cartones monocapa.....	25
Tabla 2.15: Ejemplos de formulaciones para Cartones monocapa.....	26
Tabla 3.1: Diseño Experimental tipo Simplex Cúbico Especial	33
Tabla 3.2: Ensayos realizados sobre hojas de gramaje 25g/m ² , 60g/m ² y 120g/m ²	36
Tabla 4.1: Caracterización de las pulpas componentes de las mezclas	38
Tabla 4.2: Resultados de los ensayos sobre las hojitas de 25 g/m ²	41
Tabla 4.3: Resultados de los ensayos sobre las hojitas de 60 g/m ²	42
Tabla 4.4: Resultados de los ensayos sobre las hojitas de 120 g/m ²	43
Tabla 4.5: Coeficientes de regresión para las propiedades de las hojas de 25 g/m ²	44
Tabla 4.6: Coeficientes de regresión para las propiedades de hojas de 60 g/m ²	46
Tabla 4.7: Coeficientes de regresión para las propiedades de las hojas de 120 g/m ²	50
Tabla A.1: Importaciones/Exportaciones del Paraguay en el año 1997.	69
Tabla A.2: Producto Bruto y Deuda externa	70
Tabla A.3: Represas hidroeléctricas.....	71
Tabla A.4: Situación Forestal de Paraguay.....	72
Tabla A.5: Comercio, producción y consumo de productos forestales.	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico A.1: Producción, comercio y consumo de productos forestales en 1998.....	74
Gráfico A.2: Exportaciones de productos forestales para 1998.....	75
Gráfico A.3: Importaciones de productos forestales para 1998.....	75

LISTA DE FOTOS

Foto 4.1: Observación microscópica del reciclado kraft (~ 350x).....	38
Foto 4.2: Observación microscópica de la pulpa mecánica SGW (~ 350x).....	39
Foto 4.3: Observación microscópica del reciclado de papel periódico (~ 350x).....	39

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPES: Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CMP (Chemimechanical Pulp): Pulpado quimimecánico
CMT (Concora Medium Test): Resistencia a la compresión de la onda
CSF: Canadian Standard Freeness
CTMP (Chemithermomechanical Pulp): Pulpado quimitermomecánico
Cum: metros cúbicos
DIP: Pulpa destintada
DM: Dirección máquina
DT: Dirección transversal
ECT (Edge Crush Test): Resistencia a la compresión de canto
etc.: etcétera
FAO: La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FCT (Flat Crush Test): Resistencia a la compresión horizontal
Indust.: Industriales
IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IVA: Impuesto al valor agregado (21%)
LF: Lado fieltro
LT: Lado tela
LW (Light Weight): Papel de bajo gramaje
LWC (Light Weight Coated): Papeles revestidos de bajo gramaje
Mt: toneladas métricas
PET (Puncture Energy Test): Resistencia a la perforación dinámica
PGW (Pressurized Groundwood): Pulpado mecánico a la piedra presurizado
PNB: Producto Bruto Nacional
PROCYP: Programa de Investigación de Celulosa y Papel
RCT (Ring Crush Test): Resistencia a la compresión en anillo
Ref.: Referencias
RMP (Refiner Mechanical Pulp): Pulpado mecánico de refinador
SBK: Pulpa kraft semi blanqueada
SC: Papeles supercalandrados
SECYT: Secretaria de Ciencia y Técnica
SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGW o GW (Stone Groundwood): Pulpado mecánico a la piedra
S-PGW (Super Pressurized Groundwood): Pulpado mecánico a la piedra super presurizado
TAPPI: Technical Association for the worldwide Pulp, Paper, and converting Industry.
TEA (Tensile Energy Absorption): Energía absorbida a la tracción
TMP (Thermo Mechanical Pulp): Pulpado termomecánico
USP: Universidad de San Pablo

CAPÍTULO 1

Propuesta de trabajo

1.1 Introducción

El presente trabajo surge a partir de la posibilidad de instalar en la región **sudeste** de Paraguay, limítrofe con la Provincia de Misiones, Argentina, una pequeña **planta** para producir pulpa mecánica a la piedra. Con el objetivo de estudiar los **posibles** usos de dicha pulpa, utilizándola en mezclas con pulpas recicladas **disponibles** en la región, se plantea el trabajo denominado *“Potencial de uso de pulpa mecánica a la piedra en diferentes calidades de papel y cartón”*.

La parte experimental de este trabajo fue realizada en el Instituto de Pesquisas Tecnológicas del Estado de San Pablo S.A. (IPT), en San Pablo, Brasil, por medio de una Beca Mixta otorgada por las instituciones SECYT y CAPES, en el marco del proyecto binacional “Cooperación Brasil-Argentina en Investigación y Enseñanza en Celulosa y Papel”. En este proyecto participaron el Programa de Investigación de Celulosa y Papel (PROCYP) de la Universidad Nacional de Misiones por la parte Argentina, la Universidad de San Pablo (USP), e indirectamente el IPT, por el Brasil.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- ❖ Evaluar el impacto de incluir pulpa mecánica a la piedra, en mezclas con fibras secundarias, sobre las propiedades de diferentes tipos de papeles y cartones.

1.2.2 Objetivos particulares

- ❖ Obtener datos de referencia de diferentes tipos de papeles y cartones, en particular, papeles de impresión/escritura, papeles tisú, y cartones.

- ❖ Determinar la proporción máxima de pulpa mecánica a la piedra que puede incluirse en el empaste de estos papeles y cartones, manteniéndose dentro de los estándares de calidad de dichos productos.

1.3 Justificación

Si bien prevalece una tendencia internacional de reemplazo de fibras vírgenes por fibras recicladas por razones ecológicas y de costos, existen realidades regionales que justifican un estudio del caso inverso.

Las pulpas mecánicas a la piedra poseen bajas resistencias y su uso está en general limitado a la fabricación de papel periódico. Sin embargo, si las comparamos con otros procesos de alto rendimiento, todavía juegan un rol importante en la industria del papel, debido a sus excelentes características de impresión, propiedades ópticas, y bajo consumo de energía. A esto se suma su bajo costo de capital y operación, y la posibilidad de instalarse en pequeña escala. Estos factores hacen que este proceso sea particularmente apto para países o regiones de escaso desarrollo papelerero. En la República del Paraguay, por ejemplo, la mayor parte del papel existente en el mercado es reciclado o importado. Debido a los bajos costos de madera y energía eléctrica, una fábrica de este tipo podría convertirse en una opción válida (Anexo A).

1.4 Plan de trabajo

1. Búsqueda bibliográfica. Obtención de datos y antecedentes.
2. Elaboración del diseño experimental.
3. Aprendizaje de técnicas de formación de hojas y elaboración de mezclas.

4. Ejecución de la parte experimental del trabajo: elaboración de empastes y ensayo de probetas.
5. Obtención de datos de papeles de referencia.
6. Evaluación estadística de resultados. Posibles repeticiones.
7. Discusión de resultados.
8. Elaboración del informe final.

1.5 Metodología

La primera parte del trabajo consistió en una búsqueda bibliográfica sobre características y utilización de pulpa mecánica a la piedra en la biblioteca del Programa de Investigación de Celulosa y Papel, posteriormente se completo dicha búsqueda en la biblioteca del Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

El objetivo primero de la búsqueda bibliográfica se amplió hacia la obtención de datos de referencia de distintos papeles, en particular, papeles de impresión/escritura, papeles tisú y cartones, y por último hacia la obtención de datos sobre pulpas recicladas.

Para la elaboración del diseño experimental se utilizó un software específico, el mismo que fue utilizado posteriormente en el análisis de los resultados.

Con respecto a la materia prima, los papeles de diarios y las bolsas kraft a ser recicladas fueron recolectados en la ciudad de Encarnación (Paraguay) y en la ciudad de Posadas (Argentina), respectivamente. La pulpa mecánica a la piedra fue provista por la fabrica Klabin de Telémaco Borba (Brasil).

En el aprendizaje de técnicas de formación de hojas, la elaboración de las mezclas y el ensayo de las probetas, se contó con la valiosa ayuda de los técnicos del “Agrupamento Celulose e Papel” de la “Divisão de Produtos Florestais” del IPT.

El resto de los detalles metodológicos y experimentales se precisan en el capítulo correspondiente.

CAPÍTULO 2

Pulpas, Papeles y Cartones

2.1 Papeles de Referencia

2.1.1 Papeles sanitarios

Dentro de este tipo de papeles encontramos los conocidos como pañuelos descartables, servilletas, higiénicos y toallas. Se incluyen también dentro de esta categoría a los absorbentes íntimos y tampones, aunque no sean papeles.

Una característica fundamental que deben poseer estos papeles es suavidad (**softness**), debido a que serán utilizados para la remoción de sustancias de la piel. Los del tipo toallas, destinado tanto para el hogar como para la industria, pueden ser **crespados**, y son utilizados principalmente para la remoción de sustancias grasas, **aceites** y suciedad.

Deben tener una buena capacidad de absorción tanto de grasas como de agua, **con** una resistencia en húmedo adecuada; por otra parte, deben desintegrarse en agua después de su uso.

En la tabla 2.1 se presentan las características de hojitas de laboratorio de 25 g/m^2 confeccionadas a partir de dos tipos de pastas clasificadas como de buena calidad y de calidad media, destinadas a la fabricación de papeles sanitarios (1).

Tabla 2.1: Características de pastas utilizadas en la fabricación de papeles sanitarios.

	PASTA ROSA CALIDAD MEDIA	PASTA BLANCA BUENA CALIDAD
Gramaje, (g/m^2)	27,1	25,6
Volumen específico, (cm^3/g)	3,98	2,12
Índice de Tracción, (N.m/g)	17,8	25,8
Índice de Rasgado, ($\text{mN.m}^2/\text{g}$)	4,63	4,40
Índice de Explosión, ($\text{kPa.m}^2/\text{g}$)	1,09	1,53
Blancura, (% ISO)	45,2	74,3
Suavidad Gurley (Softness), (s/50 mL)	15,5	19,2

Los rangos de algunas características de papeles higiénicos fabricados industrialmente se citan en la tabla 2.2 (1).

Tabla 2.2: Características de papeles sanitarios de mercado.

	MÍNIMO	MÁXIMO
Gramaje, (g/m ²)	24,7	39,2
Índice de Explosión, (kPa.m ² /g)	1,19	2,00
Índice de Tracción, (N.m/g)	1,21	7,40
Absorción de agua-Test de la gota, (s)	< 1	106,1
Suavidad Gurley (Softness), (s/50 mL)	2,1	16,6

2.1.2 Papeles de impresión y escritura

Estos tipos de papeles tienen una amplia variedad de usos, razón por la cual pueden utilizarse diferentes pastas celulósicas en su composición, siempre y cuando presenten buena opacidad, encolado interno adecuado (que puede ser reforzado con un encolado superficial), buena apariencia y superficie regular, características que pueden ser mejoradas con un calandrado.

Si el papel está destinado a escritura con tinta, debe ofrecer una satisfactoria resistencia a la penetración de tintas, mientras que si será utilizado para escribir con lápiz, debe ofrecer resistencia superficial al borrado.

En algunos casos también deberán poseer buena resistencia mecánica y un cierto grado de permeabilidad al aire.

En la tabla 2.3 se listan valores típicos de algunas propiedades de los papeles destinados a la escritura (ya sea con lápiz, tinta o máquina de escribir) (2).

Tabla 2.3: Características de papeles destinados a la escritura.

Propiedad	Valor
Resistencia a la explosión, (Mullen)	16
Índice de Explosión, (kPa.m ² /g)	1,56
Resistencia al aire-Gurley, (s)	13 – 20

Las propiedades que pueden considerarse de importancia, dependiendo del **uso final**, son:

- ✓ Gramaje, espesor y volumen específico
- ✓ Resistencia a la explosión, tracción, rasgado y doblez
- ✓ Contenido de cenizas
- ✓ pH del extracto acuoso
- ✓ Grado de encolado (Cobb Test)
- ✓ Opacidad
- ✓ Resistencia al arrancamiento
- ✓ Aspereza
- ✓ Absorción de tinta

Los papeles destinados a la impresión deben presentar ciertas características, **ligadas** directamente al proceso de impresión e indirectamente al tipo de tinta a **utilizar**. Se presenta así una interdependencia tinta-papel y otra papel-proceso de **impresión**.

Los principales proceso de impresión son: tipografía (letter press), offset y rotograbado.

En la tabla 2.4 se presentan las características básicas exigidas para papeles **destinados** a impresión offset: en la primera columna, un papel sin tratamiento **superficial** y en la segunda, los datos correspondientes a un papel fabricado con **100%** de fibra de Eucalyptus (1).

Tabla 2.4: Características típicas de papeles de impresión (60 g/m²)

	IMPRESIÓN OFFSET sin tratamiento superficial	IMPRESIÓN OFFSET (gramaje 63 g/m ²) 100 % Eucalyptus
Volumen específico, (cm ³ /g)	≤ 1,5	1,2 – 1,4
Índice de Tracción (DM+DT)/2, (N.m/g)	≥ 29	40 – 60
Elongación (DM+DT)/2, (%)	-	2 – 3
Índice de Explosión, (kPa.m ² /g)	-	2,0 – 3,5
Índice de Rasgado (DM+DT)/2, (mN.m ² /g)	-	6,3 – 8,5
Blancura (LT+LF)/2, (% ISO)	-	79,5 – 87,0
Opacidad, (%)	≥ 90	78,0 – 86,0
Resistencia al aire Gurley, (s)	-	7 – 30
Aspereza Benstsen, (mL/min):	-	
Lado Tela	-	120 – 310
Lado Filtro	-	120 – 200
Inestabilidad dimensional, (%)	≤ 2,5	-
Resistencia superficial Dennison, (N°):		
Lado Tela	-	13 – 20
Lado Filtro	-	12 – 18
Absorción de Tinta K&N (LT+LF)/2, (%)	-	46,5 – 62,5

Para que un papel supercalandrado para revistas (SC Magazine paper) sea considerado de buena calidad, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- buen desempeño en máquina (runnability)
 - propiedades de resistencia adecuada
 - buena formación en la parte húmeda
 - propiedades de elongación adecuadas

- imprimibilidad adecuada
 - lisura adecuada
 - baja absorción de tinta
 - alto brillo
 - no presentar astillas, ni suciedad
 - alto grado de blancura

- simetría de ambos lados de la hoja
 - poca diferencia de lados, para permitir la impresión a color en ambas caras.

- uniformidad adecuada
 - uniformidad a escala micro y macroscópica

Hasta hace poco tiempo, en Finlandia, para fabricar este tipo de papeles se utilizaba pulpa mecánica a la piedra y pulpa química (80% y 20% respectivamente). Actualmente se utiliza pulpa termomecánica (hasta un 90%), permitiendo una disminución del porcentaje de pulpa química en el empaste (1).

2.1.3 Papeles para embalaje

Los papeles para embalaje pueden dividirse en dos grande grupos:

- a) papeles para embalajes leves o envolturas, y
- b) papeles para embalajes pesados.

Dentro de los papeles para embalajes leves, se encuentran los utilizados comercialmente para envolver productos en general, como el papel estraza, y los utilizados para la fabricación de bolsas pequeñas. En la tabla 2.5 se presentan las características básicas de estos tipos de papeles (2).

Tabla 2.5: Características básicas de papeles para embalajes leves.

Propiedades	Rango de valores
Gramaje, (g/m^2)	80 a 200
Índice de Tracción, (Nm/g)	31,4 a 37,3
Índice de Explosión, ($\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$)	> 1,37

Los papeles para embalajes pesados comprenden a los papeles más resistentes como el kraft bolsero, kraft blanco y de color, y los componentes de los cartones corrugados, el papel de las caras (liner) y de la capa intermedia (corrugado medio u onda).

Los papeles que serán destinados a la fabricación de bolsas, denominados **kraft** bolseros, deben ser evaluados en cuanto a su resistencia a la tracción, al **rasgado**, elongación y porosidad.

Una propiedad muy importante en este tipo de papeles es su capacidad de **absorción** de trabajo ya sea estático o dinámico, debido a que en la práctica esta **propiedad** presenta una relación estrecha con el comportamiento del embalaje. **Existen** varios procedimientos para medir la absorción de trabajo, como por ejemplo **el** TEA (Tensile Energy Absorption) medido según Norma TAPPI, T 494. Este **ensayo** mide el trabajo estático de ruptura a la tracción.

Los papeles tipo kraft común utilizados, por ejemplo, para la fabricación de **tubos** o como soporte de parafinas, para fabricar papel esmeril, lijas, etc., presentan **las** características que se listan en la tabla 2.6 (2).

Tabla 2.6: Características típicas de papeles tipo kraft común

Propiedades	Rango de valores
Gramaje, (g/m ²)	70 a 100
Longitud de rotura, (km)	4 a 5
Índice de Tracción, (Nm/g)	39,2 a 49,0
Elongación (DM+DT)/2, (%)	2,6
Índice de Explosión, (kPam ² /g)	2,94 a 4,90
Índice de Rasgado, (mNm ² /g)	12,2
Resistencia al aire Gurley, (s)	30

Los cartones son materiales compuestos, por lo que sus propiedades dependerán de las propiedades de sus componentes. De modo general, las características exigidas a cada uno de sus componentes se presentan en la tabla 2.7 (1).

Tabla 2.7: Características básicas exigidas para los componentes de un cartón.

CARACTERÍSTICAS DEL CARTÓN	CARACTERÍSTICAS DEL PAPEL CORRUGADO (ONDA)	CARACTERÍSTICAS DEL PAPEL DE LAS CARAS (LINER)
Resistencia a la compresión de canto (ECT-Edge Crush Test)	Resistencia a la compresión en anillo (RCT-Ring Crush Test)	Resistencia a la compresión en anillo (RCT-Ring Crush Test)
Resistencia a la explosión		Resistencia a la explosión
Resistencia a la perforación dinámica (PET-Puncture Energy Test)	Resistencia a la compresión en anillo (RCT-Ring Crush Test)	Resistencia a la compresión en anillo (RCT-Ring Crush Test)
	Resistencia a la explosión	Resistencia al rasgado
Resistencia a la compresión horizontal (FCT-Flat Crush Test)	Resistencia a la compresión de la onda (CMT Concora Medium Test)	

El gramaje de los papeles que se utilizan en las caras puede variar entre 125 a 400 g/m², siendo importantes las características de resistencia a la explosión, a la compresión en anillo (RCT) y al arrancamiento superficial. Se caracterizan además, por su elevada resistencia a la perforación y alta rigidez.

En el caso del papel para ondular, es también importante que posea una alta rigidez. Por ésto es usual que se fabriquen con pulpas de residuos agrícolas (bagazo de caña de azúcar, pajas de trigo, etc.) o madera proveniente de pulpados semiquímicos. Otras propiedades importantes son las resistencias a la compresión CMT, FCT y RCT, y el desempeño en la máquina de papel (runability). Los gramajes más comunes de este tipo de papeles varían desde 112 a 180 g/m².

En la tabla 2.8 se muestran las características básicas del papel para corrugar utilizado en España (3).

Tabla 2.8: Características básicas de papeles para corrugar

Propiedades	Rango de valores
Gramaje, (g/m ²)	120-130
Carga de rotura, (kN/m)	> 3,6
Índice de Tracción, (Nm/g)	> 27,6
Absorción de agua, (s)	150 a 600
Elongación, (%)	≥ 1,5
CMT, (N)	120 a 250

2.2 Pulpas de alto rendimiento

2.2.1 Introducción

Un proceso de pulpado, ya sea que utilice madera u otras plantas fibrosas como materia prima, consiste en separar sus fibras y tornarlas aptas para la fabricación de papel. La separación de estas fibras puede llevarse a cabo en forma mecánica, química, o por combinación de ambas.

La calidad, características y utilización de la pulpa producida dependerá, entre otras cosas, del tipo de proceso utilizado.

Los pulpados mecánicos se caracterizan por su alto rendimiento, entre un 85% a 95%, mientras que en los pulpados químicos éstos son normalmente de 45% a 50%. En términos ecológicos y económicos, esto significa que puede producirse más papel con menos madera.

Por su alto rendimiento, las pulpas mecánicas contienen casi todos los componentes de la madera utilizada como materia prima, aproximadamente en las mismas proporciones.

2.2.2 Tipos de pulpas de alto rendimiento

Las principales pulpas de alto rendimiento, también denominadas mecánicas, junto con una breve descripción de su proceso de obtención, se presentan a continuación (4):

- ◆ **Stone Groundwood (SGW), Pulpado mecánico a la piedra:** consiste en la molienda de troncos que se fuerzan sobre una piedra que gira sobre un eje paralelo al grano del tronco de madera. La operación se lleva a cabo a presión atmosférica y la temperatura del agua de las regaderas es normalmente de 70°C-75°C.
- ◆ **Pressurized Groundwood (PGW), Pulpado mecánico a la piedra presurizado:** es similar al anterior con la diferencia que la operación se lleva a cabo bajo presión y la temperatura del agua de las regaderas es superior a los 100°C. Una variante de este proceso es el **Super Pressurized Groundwood (S-PGW)**, que trabaja a una presión mayor.
- ◆ **Refiner Mechanical Pulp (RMP), Pulpado mecánico refinado:** es una refinación atmosférica de los chips utilizando un refinador de discos. Los chips, sin tratamiento previo, son simplemente lavados y eventualmente prevaporizados en forma atmosférica.
- ◆ **Thermo Mechanical Pulp (TMP), Pulpado termomecánico:** en este caso los chips son prevaporizados y refinados bajo presión y a elevadas temperaturas.
- ◆ **Chemimechanical Pulp (CMP), Pulpado quimimecánico:** abarca todos los procesos en los cuales la madera es pretratada químicamente antes de recibir el tratamiento mecánico. En el proceso típico, los chips son pretratados químicamente y luego refinados en condiciones atmosféricas o presurizadas.

- ♦ **Chemithermomechanical Pulp (CTMP), Pulpado quimitemomecánico:** es una refinación presurizada de los chips que fueron tratados químicamente antes o durante la prevaporización.

Existen numerosos subprocesos que surgen como modificaciones de los presentados aquí y en algunos casos llevan el nombre comercial de la empresa que los ha diseñado.

2.2.3 Características generales

Comparado con el pulpado químico, el pulpado mecánico puede considerarse un proceso menos complicado que ofrece ventajas adicionales, como sus bajos costos de capital. Este tipo de pulpa posee bajas resistencias y su uso está en general limitado a empastes para la fabricación de papel periódico. Sin embargo, dichas pulpas son inmejorables para ciertas propiedades de los papeles, ya que poseen un alto coeficiente de dispersión de la luz, blancura inicial razonablemente elevada, buenas características de suavidad y formación, y un elevado volumen específico.

Los procesos de pulpado tipo mecánico presentan en general ciertas desventajas, como mayores exigencias de calidad de la madera y elevados consumos de energía eléctrica. Debido a su naturaleza, la capacidad de enlace de las fibras de pulpa mecánica es menor que la de las fibras de pulpa química, lo cual se traduce en inferiores propiedades de resistencia. Además de contener mayor cantidad de impurezas, las pulpas mecánicas no pueden ser blanqueadas hasta muy elevados niveles como las pulpas químicas, y la estabilidad de la blancura es limitada.

Las figuras 2.1 y 2.2 muestran las diferencias en el coeficiente de dispersión de luz y en las resistencias entre algunas pulpas mecánicas de coníferas, pulpas kraft y destintadas, respectivamente (4).

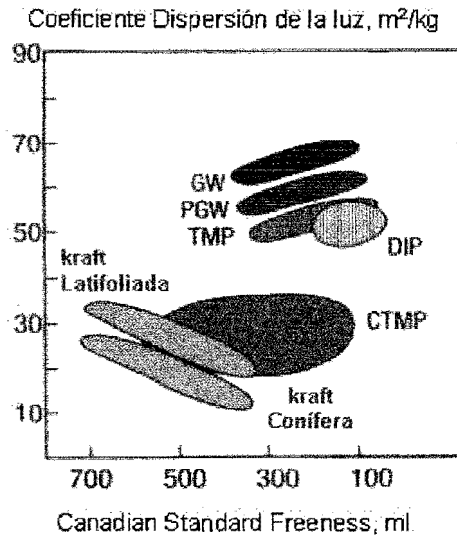


Figura 2.1: Coeficiente de dispersión de la luz de pulpas mecánicas y químicas.

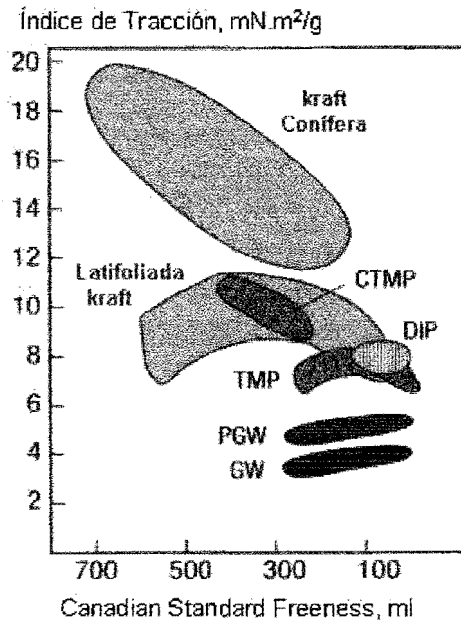


Figura 2.2: Resistencia a la tracción de pulpas mecánicas y químicas.

Dentro del conjunto de las pulpas mecánicas, las pulpas de refinador (TMP y CTMP) tienen la mejor resistencia al rasgado pero el más bajo coeficiente de dispersión de la luz. En contraposición, las pulpas a la piedra (SGW y PGW) tienen las mejores propiedades ópticas pero las menores propiedades de resistencia.

Debido a las agresivas condiciones del pulpado mecánico, todas las pulpas mecánicas contienen diversas proporciones de fibras intactas, fragmentos de fibras y

material fino. Estas fracciones de pulpas tienen diferentes características, y las **propiedades** de una determinada pulpa mecánica dependen de la cantidad y calidad **de estas** fracciones. Por ejemplo, una pulpa a la piedra es completamente diferente en **calidad** por la fracción de finos, que una termomecánica.

2.2.4 Uso de las pulpas de alto rendimiento

Las pulpas mecánicas puras (SGW, PGW y TMP) son usadas en todas las **calidades** de papeles de impresión, pero la economía de manufacturación y la calidad **del** producto final depende de cual de ellas se use. Las pulpas más utilizadas para **lograr** los niveles requeridos de imprimabilidad (*printability*) son las de piedra (SGW o PGW), mientras que para lograr la mínima resistencia requerida para correr en la **máquina** de papel (*runnability*) la pulpa más utilizada es la TMP. Algunos papeles **periódicos** pueden contener hasta 100% de pulpa mecánica, pero la tendencia es **hacia** el mayor uso de pulpas destintadas de papel recuperado. Los papeles de revista **sin** revestir supercalandrados (SC) usualmente contienen entre 55% y 65%, y los **revestidos** de bajo gramaje (LWC) entre 35% y 40% de pulpa mecánica (4).

Las pulpas mecánicas se utilizan también en diferentes calidades de cartones, **papeles** para empapelar, papeles finos, tisúes suaves, absorbentes y pulpa moldeada. Las cajas de cartones **plegados** compuestas por tres capas se fabrican **tradicionalmente** con pulpa mecánica en la capa intermedia. En los últimos años se **produjo** un fuerte crecimiento en la aplicación de pulpa CTMP lavada y blanqueada, **en** cartones multicapas para empaque de líquidos, utilizándose dicha pulpa en la capa **intermedia**, originalmente estos eran fabricados con cartones monocapa de pulpa **kraft**. Las CTMP son utilizadas también como pulpas fluff en productos absorbentes.

Algunas calidades de papeles para empapelar contienen hasta un 70% de pulpa mecánica. Por otra parte, los llamados “papeles libres de pulpa mecánica” (*wood-free*) o papeles finos, son fabricados con adición de 5% a 20% de pulpa mecánica. Los papeles finos con alrededor de 20% de pulpa mecánica son comúnmente llamados “ligeramente mecánicos” o “en parte mecánicos”. Muchos

isúcs suaves y productos de pulpa moldeada usan pulpa mecánica, aunque **comúnmente** se hacen a partir de papeles recuperados.

2.3 El pulpado mecánico a la piedra

Los primeros intentos de producir pulpa para papel a partir de madera se **realizaron** utilizando el pulpado mecánico a la piedra o SGW. El proceso consiste en **forzar** a los troncos de madera cortados con una longitud de 1-1,5 m, sobre la **superficie** de una piedra en rotación. El eje de rotación de dicha piedra es paralelo al **grano** de la madera y la molienda se lleva a cabo a presión atmosférica, siendo la **superficie** de la piedra refrigerada por medio de regaderas de aguas.

2.4 Utilización de la pulpa mecánica a la piedra (SGW)

2.4.1 Uso de pulpa SGW en papeles para impresión y escritura

Los tipos de papeles para impresión de las calidades “que contienen pulpa mecánica” (“*mechanical printing papers*” o “*wood-containing printing papers*”) incluyen a los papeles para diarios, los papeles supercalandrados de las variedades A, B y C (SC-A, SC-B y SC-C) sin revestir y los revestidos de bajo gramaje (LWC).

La utilización de pulpa mecánica en papeles para impresión y escritura, presenta ventajas y desventajas.

Los factores que influyen negativamente en la utilización de pulpa mecánica son su baja blancura, y su inestabilidad al exponerse a la luz del día. Los papeles fabricados con pasta mecánica (aunque haya sido blanqueada en dos etapas), no son blancos como los fabricados con pulpa química blanqueada. El blanqueo de las pulpas mecánicas con peróxidos o hidrosulfitos transforma los grupos cromóforos

responsables del amarillamiento, pero estos resurgen con la exposición del papel a los rayos ultravioletas.

Teniendo en cuenta que el papel como material de soporte tiene una duración limitada en algunos casos, encontramos un amplio campo de aplicación para la pulpa mecánica.

La aplicación de anilinas, utilizadas para dar color a toda la masa, retarda la pérdida de blancura pero no llega a eliminar los problemas. El medio más eficaz es el recubrimiento con una capa de pigmentos, que protege a las fibras de la acción directa de la luz. Ejemplos de este tipo de papeles son los llamados "LWC", o encapados de bajo gramaje.

En la tabla 2.9 se presentan algunos ejemplos de formulaciones de diferentes tipos de papeles de impresión donde se utiliza pulpa mecánica a la piedra.

Tabla 2.9: Ejemplos de formulaciones de diferentes tipos de papeles para impresión.

Tipo de papel	Gramaje (g/m ²)	Pulpa SGW (%)	Pulpa Química (%)	Pulpa TMP (%)	Cargas (%)	Ref.
SC-News (Papel periódico) (Impresión Letterpress)	45,0	33	-	67	N.C.(talco)	5
SC-News (Papel periódico) (Impresión Offset)	45,0	25	-	75	N.C.(talco)	5
SC-Magazine (Papel revista) (Impresión Rotogravure)	60,0	50	30	-	20	5
Newsprint (Papel periódico) (Impresión Offset)	47,5	72,0	28,0	-	-	6
	48,8	49,0	21,0	30,0	-	6
	48,8	29,1	9,1	61,8	-	6
	49,9	74,0	26,0	-	-	6
	49,3	51,5	17,2	31,3	-	6
Newsprint (Papel periódico)	45,0	82,0	18,0	-	-	7
SC-Magazine (Papel revista)	65,0	75,0	25,0	-	-	7
LWC-Encapado bajo gramaje	60,0	60,0	40,0	-	-	7
LW-Newsprint (Diarios de bajo gramaje)	37	71-82	18-25	-	0-4*	8
SC- Papel Super Calandrado	42-60	68	20	-	12	9

NC: Valor no considerado

*: Sobre pulpa seca

En las tablas 2.10 y 2.11 se presentan ejemplos de empastes para papel periódico, con sus características principales.

Tabla 2.10: Ejemplos de formulaciones para papel periódico; (10).

Tipo de papel Composición	Gramaje (g/m ²)	Volumen específico (cm ³ /g)	Índice Tracción (DM) (Nm/g)	Índice Rasgado (DT) (mNm ² /g)	Opacidad ISO (%)	Coefficiente dispersión, “s” (m ² /kg)
Papel periódico 55-60% TMP 40-33% SGW 5-7% Kraft	45,0	1,59	46	6,1	92,7	53
80% TMP 20% SGW	45,0	1,61	45	6,2	93,4	54

Tabla 2.11: Ejemplo de formulación para papel periódico con utilización de papel reciclado destintado; (11).

Tipo de papel Composición	Gramaje (g/m ²)	Volumen específico (cm ³ /g)	Índice Tracción (Nm/g)	Índice Rasgado (mNm ² /g)	Opacidad ISO (%)	Coefficiente dispersión, “s” (m ² /kg)
Papel periódico 46% SGW 40% DIP 14% SBK	40,0	2,38	37,5	6,6	87,9	52,2

Todos los valores de resistencia del papel disminuyen a medida que aumenta el contenido de pulpa mecánica. Sin embargo, la mayoría de las veces esto no llega a constituir un problema, debido a que los papeles de impresión, normalmente, poseen una resistencia superior a la necesaria realmente.

Pueden presentarse problemas en lo que se refiere a la resistencia superficial. En papeles destinados a la impresión offset, una desventaja importante es la pérdida

de fibras superficiales (*linting*), efecto que puede ser controlado a través del encolado superficial con almidón. El papel con pulpa mecánica y tratamiento superficial resiste más al arrancamiento (*pick*) que un papel que posee en su composición 100% de pulpa química (12).

La elevada aspereza no constituye un problema, pues es compensada por la mejor compresibilidad, que favorece la acción del calandrado proporcionando un producto final más liso. En la tabla 2.12, se presentan ejemplos de empastes donde se utiliza pulpa mecánica a la piedra en papeles para impresión en rotograbado, Super Calandrados (SC) y el base para encapar de bajo gramaje (LWC). Se presentan los resultados de algunas propiedades de papeles fabricados en una máquina de papel experimental.

Tabla 2.12: Ejemplos de formulación para papeles SC, base para LWC y Rotograbado.

Tipo de papel Composición	Gramaje (g/m ²)	Volumen específico (cm ³ /g)	Índice Tracción (Nm/g)	Índice Rasgado (mNm ² /g)	Opacidad ISO (%)	Coefficiente dispersión, "s" (m ² /kg)	Ref.
Papel SC 75% SGW 25% Kraft	51,0	0,96	24/12 (DM/DT)	2,4/2,6 (DM/DT)	91,2	--	13
Papel base para LWC 50% SGW 50% Kraft	40	1,89	64	10,4	--	47	13
Papeles para rotograbado 79% SGW 21% Pulpa refuerzo	58,6	1,03	20,8 (DM+DT)/2	5,7 (DT)	96,0	--	14

Como factores favorables a la utilización de pulpa mecánica, podemos mencionar que se obtienen papeles con una mayor opacidad, la cual es una propiedad

muy importante, que junto con el elevado volumen específico, hace posible la obtención de papeles de bajo gramaje aptos para impresión.

El volumen específico de una pulpa mecánica es mas alto que el de una pulpa química, debido a las características de sus fibras. Esta peculiaridad de las fibras posibilita, en el momento de la impresión, la absorción uniforme de las tintas que se utilizan en el proceso.

2.4.2 Uso de pulpa SGW en papeles tisú

Una de las dificultades para el uso de pulpa mecánica en los papeles descartables es su contenido de astillas, lo cual afecta la calidad de los productos. Otros factores negativos a tener en cuenta son el amarillamiento del papel y la disminución en la velocidad de absorción de agua con el tiempo de almacenamiento del papel.

La absorción de un papel se ve afectada por el tiempo de almacenamiento. Asimismo, cuanto mayor es el contenido de pulpa mecánica, mayor es el tiempo de absorción. Es importante en este punto tener en cuenta el pH de la suspensión en el momento de la fabricación del papel, pues es un factor que ejerce diferentes influencias según la materia prima. La pulpa mecánica permanece más estable en condiciones ligeramente alcalinas. Por esto, si el papel es producido bajo estas condiciones, pueden usarse cantidades elevadas de pulpa mecánica sin que el envejecimiento sea significativo.

Para aumentar la velocidad de absorción es posible usar productos tensioactivos. También se han desarrollado métodos para mantener estable el pH, tanto de la pulpa mecánica como del papel producido con ella (12).

Las pulpas mecánicas blanqueadas con peróxidos presentan excelentes características de absorción y de resistencia al amarillamiento, pudiendo utilizarse hasta un 50% de pulpa mecánica sin perjudicar el poder de absorción (12). Como

difícilmente el tiempo de almacenamiento de los productos descartables supera los 3 o 4 meses, existen muy buenas posibilidades de utilizar pulpa mecánica blanqueada, en un medio ligeramente alcalino, adicionándoles además pequeñas cantidades de productos tensioactivos.

La capacidad y la velocidad de absorción varían además con la proporción de finos y fibras que contiene la pulpa, lo cual puede medirse indirectamente por los ml CSF. La absorción disminuye cualitativa y cuantitativamente a medida que el contenido de finos aumenta. Este hecho es fácilmente comprensible, pues los finos disminuyen el tamaño de los poros y reducen el espacio para el agua, tornándose más lenta su penetración.

El papelero dispone de medios para influir de manera positiva y negativa en las características del producto. Así, la experiencia indica que el poder de absorción varía con el crespado de la hoja de papel. Cuanto mayor es el espacio entre las ondulaciones del crespado, menor es el poder de retención de agua. Por ello, en papeles de bajo gramaje se consigue un crespado más fino y el poder de retención de agua es mayor (12).

Es necesario también tener en cuenta que, los papeles fabricados con pulpa mecánica se adhieren más a la superficie del cilindro crespador que los fabricados con pulpa química. Esta adhesión influye en el proceso de crespado. El papel se torna más rígido y denso, y con una superficie más áspera, lo cual no es conveniente. Ahora bien, si se trabaja con una sequedad de las pulpas mayor al 90%, la diferencia es menor, lo que lleva a pensar que trabajando con mezclas podrían encontrarse las condiciones óptimas.

En la tabla 2.13 se presentan ejemplos de formulaciones para papeles tipo tisú utilizando distintas pulpas mecánicas, encontrándose entre ellas la pulpa mecánica a la piedra, SGW.

Con respecto a las propiedades de suavidad (*softness*) y resistencia, es difícil conciliar a ambas en un mismo papel, y la experiencia indica que papeles producidos a partir de pulpa química blanqueada, de costos mas elevados, no poseen una suavidad mayor que los producidos con un 75 a 90% de pulpa mecánica (12).

Tabla 2.13: Ejemplos de formulaciones para papeles tipo tisú; (15).

Tipo de papel	Gramaje (g/m ²)	Pulpa SGW (%)	Pulpa TMP (%)	Pulpa CTMP (%)	Pulpa sulfito (%)	Índice Tracción (DM+DT)/2 (Nm/g)
Papeles tipo tisú	28,8	60	-	-	40	3,80
	27,2	-	60	-	40	4,65
	24,2	-	-	60	40	6,10

Otra de las ventajas de la utilización de pulpa SGW, es su alto volumen específico, dando como resultado un producto con mas cuerpo, esto nos permite fabricar mas papel con la misma cantidad de pasta.

2.4.3 Uso de pulpa SGW en cartones

Los cartones son usados en varios ámbitos, donde el material puede tener una función protectora y de soporte de impresión. En la selección de la materia prima para un cierto producto, lo importante es discutir la funcionalidad del mismo. Se entiende por funcionalidad a un apropiado balance entre las propiedades, la función del material y su precio. En el caso de los cartones este balance es muy complicado puesto que los requerimientos del mercado varían y algunas veces no son especificados uniformemente.

Otras aplicaciones de las pulpas mecánicas involucran la fabricación de diferentes calidades de cartones y cajas de cartones plegados (*folding boxboard*) con tres capas en su composición. Estos incluyen tradicionalmente pulpa mecánica en la capa intermedia. Estas pastas contribuyen con su alto volumen específico, propiedad importante en aquellos cartones que serán utilizados para fabricar cajas que cumplirán una función protectora.

Las propiedades de cartones monocapa hechos a partir de una mezcla de pulpa química y mecánica y de 100% de pulpa mecánica, se presentan en la tabla 2.14. Esos cartones fueron hechos en el laboratorio a partir de pulpas manufacturadas industrialmente (16).

Tabla 2.14: Ejemplos de formulaciones para cartones monocapa.

Tipo de papel	Pulpa SGW (%)	Pulpa Kraft (Alto Rendimiento 55%)	Volumen Específico (cm ³ /g)	Índice Tracción (Nm/g)	Índice Compresión (Nm/g)
Cartones	64	36	1,89	44,9	18,7
	100	--	2,49	16,3	8,5

Con el objetivo de comprobar como varían algunas propiedades con diferentes composiciones, los mismos autores fabricaron cartones multicapas, (mas precisamente de 3 capas), de dos maneras diferentes:

- Cartones simétricos de tres capas, utilizando pulpa kraft blanqueada en ambas caras y pulpa química, semiquímica (NSSC) o mecánica a la piedra, en la capa intermedia. Figura 2.3a.
- Cartones asimétricos de tres capas, utilizando pulpa mecánica a la piedra en capa intermedia y pulpa química, semiquímica (NSSC) o incluso la misma mecánica en las caras. Figura 2.3b.

Pulpa kraft blanqueada 20 g/m ²
Diferentes pulpas
Pulpa kraft blanqueada 20 g/m ²

(a)

Diferentes pulpas
Pulpa mecánica 200 g/m ²
Diferentes pulpas

(b)

Figura 2.3: (a) Representación esquemática de cartones tri-capas simétricos; (b) Representación esquemática de cartones tri-capas asimétricos.

En el primer caso, cuando se utiliza pulpa mecánica a la piedra en la capa intermedia, el cartón presenta valores mayores de resistencia a la flexión (*bending stiffness*). Esto se debe al alto volumen específico de la pulpa mecánica.

Posteriormente trabajaron con mezclas de pulpa mecánica a la piedra y kraft blanqueada. Estas pulpas representan los valores extremos de densidad y propiedades mecánicas. Algunos resultados se presentan en la tabla 2.15 (16).

Tabla 2.15: Ejemplos de formulaciones para cartones monocapa.

Tipo de papel	Pulpa SGW (%)	Pulpa Kraft blanqueada de pino (%)	Volumen Especifico (cm ³ /g)	Índice Tracción (Nm/g)	Índice Compresión (Nm/g)	Índice de Rigidez a la flexión (Nm ⁷ /kg ³)
Cartones	0	100	1,21	90,6	23,7	1,16
	25	75	1,61	53,8	19,4	1,16
	50	50	1,89	38,1	14,9	1,38
	75	25	2,19	25,6	10,7	1,47
	100	0	2,49	18,7	8,5	1,57

2.5 Pulpas Recicladas

2.5.1 Introducción

El proceso de reciclado podría definirse como la separación, recuperación, procesamiento y reutilización de productos y materiales obsoletos o de subproductos industriales (17).

El reciclado del papel no es un proceso nuevo, que haya surgido como consecuencia de las nuevas tendencias ecológicas. Por el contrario, ya en los

comienzos y mediados del Siglo XVIII cuando la producción de papel provenía de fibras textiles (trapos), el reciclado constituía una necesidad. La razón principal era económica, debido a los altos costos de la materia prima proveniente del lino y otras fibras que precedieron a la aparición de fibras de menor costo como el algodón (18).

Por otra parte, en las industrias papeleras es una práctica habitual, ya que normalmente se reciclan los desperdicios tales como bordes de recorte, bobinas rotas, topes de bobinas y papel fuera de especificación. Estos materiales se repulpan y sus fibras son recuperadas. Estas operaciones son simples y económicamente necesarias.

En los finales del Siglo XVIII, con el auge del proceso de impresión, la demanda de papeles originada, hizo que la elaboración a partir de trapos ya no fuera suficiente. Esta situación dio lugar a la producción de papeles a partir de fibras agrícolas y madera, culminando en la producción de los modernos papeles de fibras de maderas. Este desarrollo, acompañado con una reducción en los precios, ha permitido la expansión del uso de papeles con distintos fines descartables tales como periódicos, envoltorios y embalajes entre otros. Se generó así un nuevo producto: el papel de desperdicio. Contrariamente a lo que ocurría con los papeles fabricados a partir de trapos, estos primeros papeles hechos con fibras de madera no eran preferidos para el reciclado y frecuentemente eran incinerados (18).

El papel de desperdicio como residuo, tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente, principalmente por su elevado volumen, aunque es atenuado por su biodegradabilidad. Si bien todos los aspectos tecnológicos del reciclado de papel no están totalmente resueltos hasta el momento, el tema promete fortalecerse y hacerse cada vez más imprescindible para la industria y la sociedad.

Existen por lo tanto, buenas razones para reciclar papel, las que pueden resumirse en la protección del recurso forestal, la reducción de la cantidad de basura con la consiguiente reducción de los costos de tratamiento de la misma, y la contribución a la instauración de una conciencia ecológica dentro de la sociedad (19).

2.5.2 El proceso de reciclado de papeles

Para una utilización eficiente de los papeles y cartones como fuente de fibras secundarias, será necesario elegir y clasificar los materiales de acuerdo con su calidad y tipo, en algunas de las siguientes categorías (20):

- *Fibras oscuras y fuertes de pulpas kraft* (cajas de cartón corrugado, bolsas, papeles de envolturas).
- *Fibras débiles de blancura media*, mezcla de pulpa mecánica y química (periódicos, revistas, directorios telefónicos).
- *Fibras blancas y fuertes de pulpas químicas* (papeles blancos de escritura e impresión).

La mayor parte de la clasificación se realiza durante la recolección, lo que permite obtener el mejor precio. El material a reciclar debe ser depurado con el fin de eliminar materiales extraños (plásticos, ceras, adhesivos). Esta operación es suficiente si la fibra se utilizara para la fabricación de cartones. Por el contrario, en el caso de papeles de impresión, se requiere un destintado previo.

Para que el reciclado sea efectivo deben considerarse también los beneficios económicos, que en ultima instancia resultarán del balance de los siguientes costos:

- Recolección y transporte de los papeles de desperdicio hasta las fábricas.
- Costo de separación de los contaminantes.
- Costo del papel de desperdicio.
- Costo del proceso de reciclado.

Es importante destacar que el proceso de reciclado es más económico que la producción de fibras vírgenes. Las plantas de producción de pulpas a partir de fibras secundarias tienen una menor inversión de capital. La producción de papeles a partir de fibras secundarias también implica importantes ahorros de energía y agua. Por cada tonelada de papel reciclado se sustituyen unos 15 a 20 árboles de tamaño medio. Por ultimo, reciclar el papel produce un 74% menos de contaminación del aire, y es una buena fuente de trabajo (21).

2.5.3 Características de los papeles reciclados

El incremento en la utilización de fibras recicladas conduce a cambios tecnológicos y provoca la necesidad de un mayor conocimiento de cómo el reciclado afecta las propiedades de las fibras.

En forma general, se observa que el uso de fibras recicladas produce papeles con propiedades mecánicas inferiores a la misma calidad de papel de fibra virgen. Pero la aparente deficiencia de las fibras recicladas puede ser revertida mediante el refinado o la adición de químicos durante el proceso de fabricación del papel (22).

La disminución en la capacidad de enlace de las fibras es evidente cuando se reciclan pulpas de bajo rendimiento como las pulpas kraft y al sulfito. La mayoría de los estudios indican que el secado es la parte del proceso de mayor responsabilidad en los cambios de las propiedades de la fibra y que esta pérdida de propiedades se encuentra asociada al endurecimiento irreversible de las fibras, fenómeno también llamado “hornificación” o “cornificación” (23, 24, 25). Así, las fibras se vuelven rígidas, con lo cual el refinado posterior las acorta; se debilitan los enlaces fibra-fibra debido a que se vuelven menos conformables, y disminuyen las uniones hidrógeno entre ellas (22).

En el caso de pulpas mecánicas y pulpas de alto rendimiento, el fenómeno de hornificación mencionado anteriormente es menos severo (25).

Un estudio realizado sobre diferentes tipos de pulpas concluye que los efectos del reciclado dependen del tipo de pulpa, tal como puede observarse en la figura 2.4 (26).

Claramente se observan tres efectos diferentes. Mientras que las pulpas químicas batidas presentan una disminución en las resistencias y en la densidad, las pulpas mecánicas muestran una ganancia en ambas propiedades, y las pulpas químicas no batidas ganan resistencia con un pequeño cambio en la densidad.

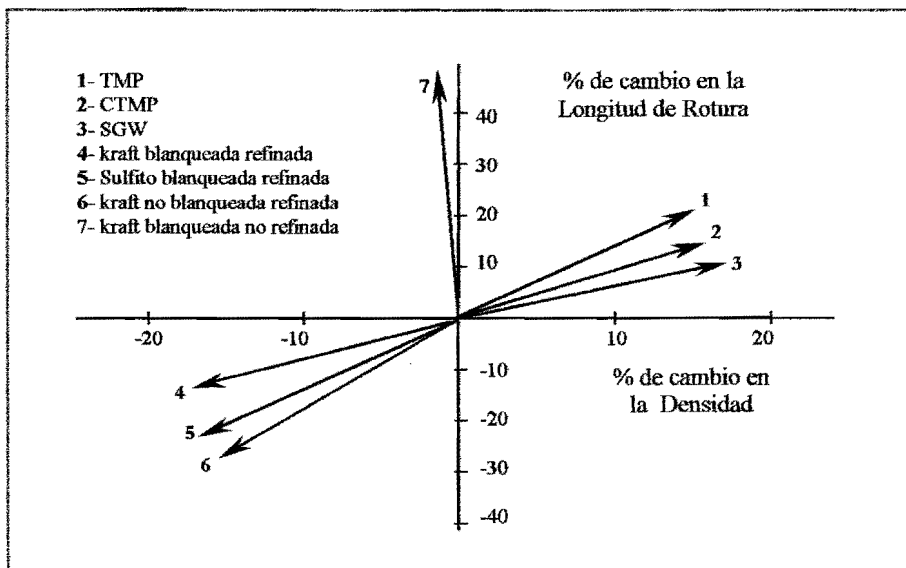


Figura 2.4: Efectos del reciclado sobre la longitud de rotura y la densidad, de diferentes tipos de pulpas, (5 ciclos).

Existen numerosas causas que explican los efectos del reciclado, predominando una en particular según el tipo de pulpa. En las pulpas químicas batidas disminuye el hinchamiento (“hornificación”), las pulpas mecánicas aumentan la capacidad de elongación y flexibilización de las fibras y en las pulpas químicas blanqueadas hay cierta remoción del rizado de las fibras (26).

Este comportamiento hace que en los papeles elaborados con mezclas de diferentes tipos de pulpas recicladas las propiedades se muestren muy variables, dependiendo de la composición del empaste.

CAPÍTULO 3

Parte Experimental

3.1 Materia Prima

En el trabajo se utilizaron como materias primas:

- ❖ Bolsas kraft de panaderías de Argentinas.
- ❖ Pulpa mecánica a la piedra (SGW) proveniente de la fábrica Klabin, de Telêmaco Borba, Brasil.
- ❖ Diarios que fueron recolectados en la República del Paraguay.

3.1.1 Obtención y preparación

Las bolsas kraft de harina de 50 Kg, fueron recolectadas en distintas panaderías de la ciudad de Posadas y en una etapa previa al desfibrado se extrajeron cintas adhesivas, hilos y demás sustancias contaminantes.

Los diarios “Noticias” y “Última Hora”, fueron recolectados en la ciudad de Encarnación (Paraguay).

Las pulpas recicladas se desfibraron en el PROCYP, en un pulper piloto utilizando simplemente agua a temperatura ambiente. Luego se depuraron en un depurador tipo Wemberg, con ranuras de 0,15 mm, se centrifugaron y se secaron al aire para luego ser almacenadas en bolsas y trasladadas al IPT.

La pulpa mecánica a la piedra compuesta por un 12% de *Araucaria angustifolia* y un 88% de *Pinus taeda* fue provista por la planta Klabin, y enviada directamente al IPT. Allí fue centrifugada, y guardada en bolsas negras de polietileno. Se incorporó un pequeño algodón embebido en formol, para evitar el desarrollo de microorganismos, y se almacenó en una cámara frigorífica a 4°C.

3.2 Diseño Experimental

Las experiencias se realizaron siguiendo un diseño de mezclas de tres componentes de tipo *Simplex Cúbico Especial*, con 17 experiencias (27).

Las variables estudiadas fueron los porcentajes de las diferentes pulpas. La nomenclatura utilizada a lo largo del trabajo fue:

- ♦ A: Fibras recicladas de kraft bolsero
- ♦ B: Pulpa mecánica a la piedra (SGW)
- ♦ C: Fibras recicladas de diarios

En la tabla 3.1, se presenta el diseño experimental, detallando los porcentajes de cada una de las pulpas correspondientes a los distintos puntos. La figura 3.1 es una representación esquemática del mismo.

Tabla 3.1: Diseño Experimental tipo Simplex Cúbico Especial

Puntos	A (%)	B (%)	C (%)
1	16,7	16,7	66,6
2	0,0	0,0	100,0
3	0,0	100,0	0,0
4	66,6	33,4	0,0
5	33,4	66,6	0,0
6	16,7	66,6	16,7
7	100,0	0,0	0,0
8	100,0	0,0	0,0
9	33,3	33,3	33,4
10	0,0	100,0	0,0
11	0,0	0,0	100,0
12	66,6	0,0	33,4
13	0,0	66,6	33,4
14	33,4	0,0	66,6
15	66,6	16,7	16,7
16	33,3	33,3	33,4
17	0,0	33,4	66,6

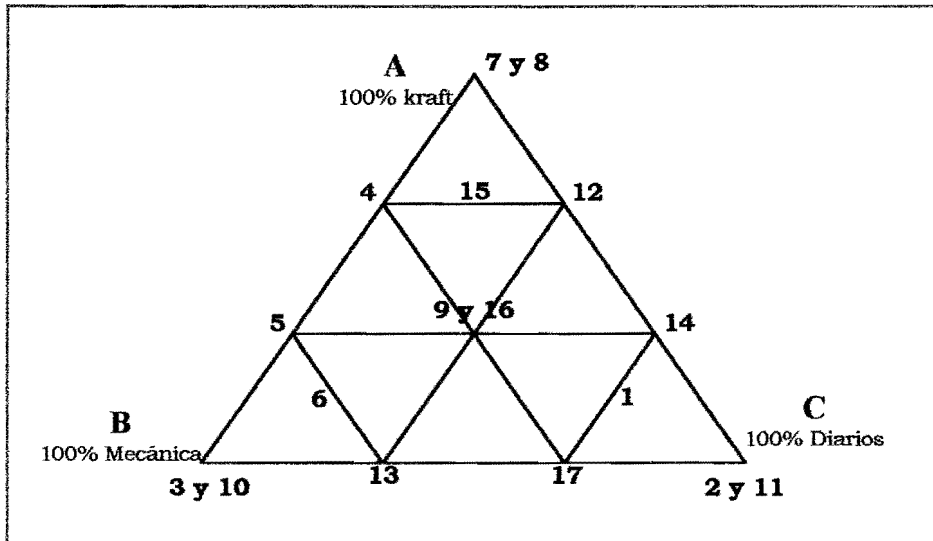


Figura 3.1: Diseño Experimental tipo Simplex Cúbico Especial

3.3 Ensayo de materias primas y hojas de mezclas

Todos los ensayos se realizaron conforme a las Normas TAPPI (28) e ISO (29) correspondientes a cada caso.

3.3.1 Caracterización de las pulpas

Para caracterizar a las tres materias primas, se determinaron:

- ♦ Grado de refino. Métodos:
 - Schopper-Riegler (°SR), Norma ISO 5267-1:1979
 - Canadian Standard Freeness (mL CSF), Norma TAPPI T 227
- ♦ Clasificación de fibras. Método: Bauer McNett, Norma TAPPI T 233.
- ♦ Observación microscópica

3.3.2 Formación de probetas

Para la formación de las probetas de ensayo, se procedió en primer lugar a la desintegración de las pulpas en un equipo de laboratorio, se las homogeneizó, se las diluyó y se determinó la consistencia de cada una de las suspensiones. Luego se realizaron las mezclas de las distintas pulpas conforme lo indicaba el diseño experimental.

Una vez preparada cada mezcla, se determinó su consistencia para obtener así el volumen exacto con el cual se formarían las hojas.

En la formación de las hojas se utilizó un formador Regmed de laboratorio tipo Rapid-Köthen, con una malla de 150 mesh, siguiendo la Norma ISO 5269/2-1980. Las hojas fueron confeccionadas de tres gramajes diferentes, esto es 25 g/m², 60 g/m² y 120 g/m². Antes de ser ensayadas se acondicionaron en atmósfera estándar según Norma TAPPI T 402.

3.3.4 Ensayos sobre probetas de mezclas

Luego del acondicionamiento, se realizaron los ensayos físico-mecánicos y ópticos sobre las hojas de pulpa. Los ensayos que se aplicaron en cada caso y las normas TAPPI e ISO correspondientes, se listan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Ensayos realizados sobre hojas de gramaje 25g/m², 60g/m² y 120g/m²

ENSAYOS	25 g/m ²	60 g/m ²	120 g/m ²
Humedad (%) TAPPI T 412	X	X	X
Gramaje (g/m ²) TAPPI T 410	X	X	X
Espesor (mm) TAPPI T 411	X	X	X
Blancura (%ISO) ISO 2470:1977	X	X	X
Opacidad (%) ISO 2471:1977	X	X	X
Parámetros de Color CIE Lab (L*, a*, b*) TAPPI T 527	X	X	X
Suavidad Gurley (Maciez) (softness) (s) ABCP P29/72*	X	-	-
Resistencia al aire Gurley (s) TAPPI T 460	-	X	X
Absorción de Agua (0,01 mL), Test de la gota (s) TAPPI T 432	X	-	-
Absorción Superficial de Tinta, K&N (%) TAPPI RC-19	-	X	-
Aspereza Bendtsen (mL/min.) ISO 8791-2:1990	X	X	-
Inestabilidad dimensional (%) ISO 5635:1978	-	X	-
Resistencia al Rasgado (mN) TAPPI T 414	X	X	X
Resistencia a la Explosión (kPa) TAPPI T 403	X	X	X
Resistencia a la Tracción (kN/m) TAPPI T 494	X	X	X
Elongación (%) TAPPI T 494	X	X	X
Energía absorbida a la tracción (TEA) (J/m ²) TAPPI T 494	X	X	X
Resistencia superficial -arrancamiento por ceras Dennison (N°) TAPPI T 459	-	X	X
Resistencia a la flexión - Rigidez Taber (mN.m) TAPPI T 489	-	-	X
Resistencia a la compresión en anillo – RCT (kN/m) TAPPI T 818	-	-	X
Resistencia a la compresión de papel ondulado-CMT (N) TAPPI T 809	-	-	X

*Norma que se adjunta en el Anexo B

CAPÍTULO 4

Resultados y Discusión

4.1 Caracterización de las pulpas

Los resultados correspondientes a la caracterización de las pulpas originales se presentan en la tabla 4.1. Las fotos 4.1, 4.2 y 4.3 muestran el aspecto de las pulpas vistas al microscopio.

Tabla 4.1: Caracterización de las pulpas componentes de las mezclas

	PULPA A (KRAFT BOLSERO)	PULPA B (SGW)	PULPA C (DIARIOS)
Grado refino (°SR)	20	72	62
Grado de refino (mL CSF)	593	73	147
Clasificación de Fibras:			
Retenido 30 mesh, (%)	85,44	4,85	45,67
Retenido 50 mesh, (%)	7,77	19,64	19,21
Retenido 100 mesh, (%)	3,97	25,31	11,79
Pasa 100 mesh, (%)	2,82	50,20	23,33

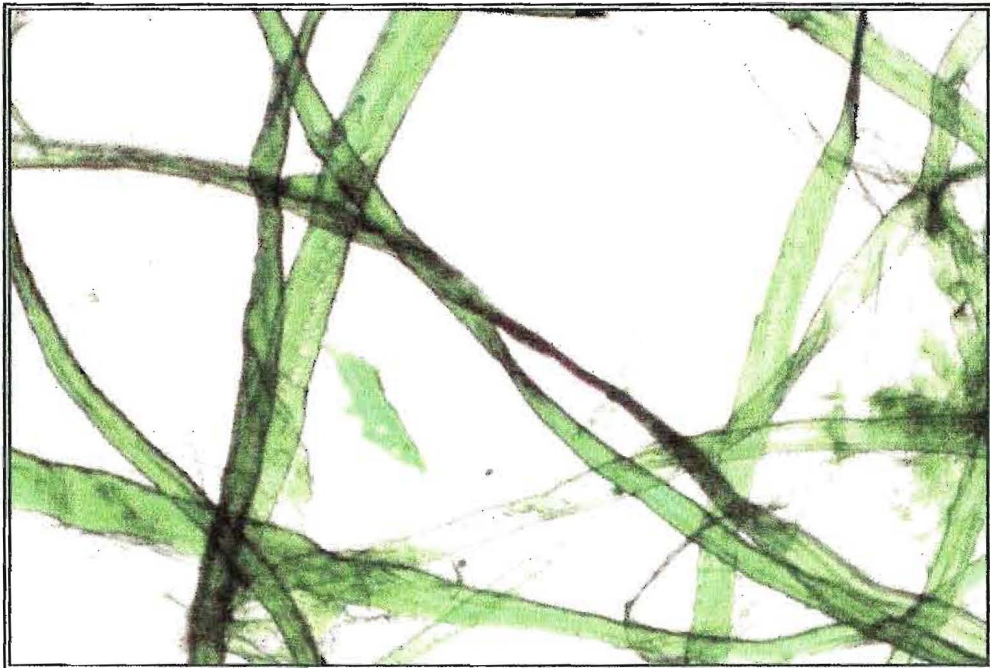


Foto 4.1: Observación microscópica del reciclado kraft (~ 350x).

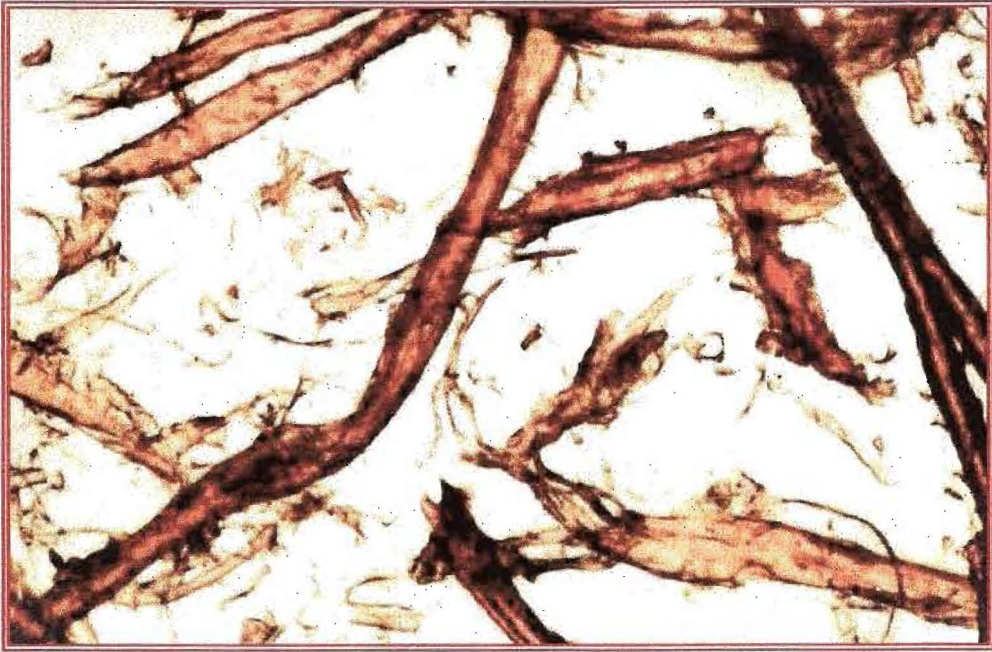


Foto 4.2: Observación microscópica de la pulpa mecánica SGW ($\sim 350x$).

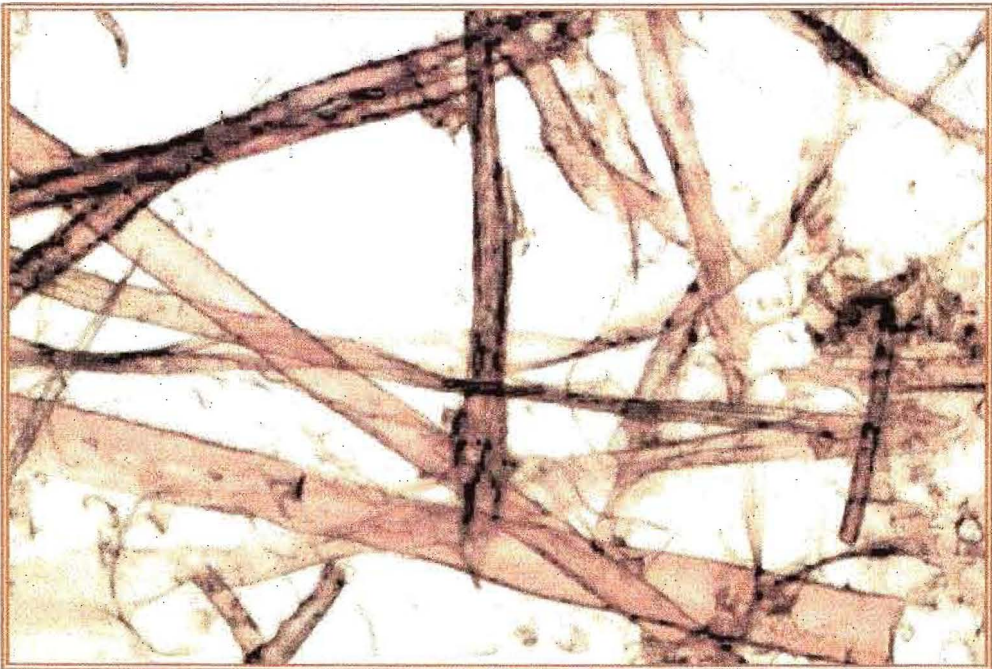


Foto 4.3: Observación microscópica del reciclado de papel periódico ($\sim 350x$).

4.2 Resultados de los ensayos sobres las hojas

En las tablas 4.2, 4.3 y 4.4, se presentan los valores medios de cada una de las propiedades que fueron medidas sobres las hojas de las diferentes composiciones con gramajes de 25 g/m^2 , 60 g/m^2 y 120 g/m^2 respectivamente.

Tabla 4.2: Resultados de los ensayos sobre las hojitas de 25 g/m²

Pto.	°SR Pulpa	Volumen específico (cm ³ /g)	Blancura (% ISO)	Opacidad (%)	Parámetros de color			Coeficientes k y s		Suavidad Gurley (s)	Índice Rasgado (mN.m ² /g)	Índice Explosión (kPa.m ² /g)	Aspereza		Absorción de agua (s)	Índice Tracción (N.m/g)	Elongación (%)	Índice TEA (J/g)
					L*	a*	b*	s (m ² /kg)	k (m ² /kg)				Lado A (mL/min)	Lado B (mL/min)				
1	60,5	3,60	39,1	86,3	74,03	0,47	9,82	38,28	11,19	8,5	6,88	1,95	1130	975	67	18,35	0,97	0,13
2	61,5	3,64	41,6	85,4	73,98	-1,09	6,81	37,91	10,50	8,0	5,60	1,96	1338	970	77	19,78	0,81	0,11
3	72,5	4,36	54,4	78,8	86,70	1,39	15,19	50,73	2,88	10,2	2,21	1,31	1230	1050	24	8,36	0,37	0,02
4	45,5	3,40	29,4	83,0	70,51	5,16	17,21	29,45	11,53	7,0	10,63	2,37	1300	1060	84	21,59	1,42	0,22
5	60,0	3,82	39,9	83,0	77,79	3,53	15,66	39,73	8,08	8,6	8,69	1,83	1270	1030	66	14,23	0,93	0,10
6	66,5	3,95	44,1	82,6	79,43	1,71	13,54	42,81	7,34	10,0	5,03	1,79	1190	950	74	12,10	0,67	0,06
7	18,5	3,02	21,1	81,4	62,74	6,05	17,63	20,09	13,98	5,2	12,96	3,03	1250	1120	105	26,74	1,50	0,29
8	18,5	3,08	21,1	80,5	62,84	6,04	17,71	21,28	14,70	5,3	18,23	3,17	1200	1030	80	27,40	1,74	0,35
9	59,5	3,61	36,4	84,9	73,65	2,29	12,77	35,50	10,84	8,8	10,61	2,12	1130	830	186	18,17	1,15	0,15
10	72,5	4,35	54,5	78,7	86,78	1,47	15,28	52,13	2,88	11,1	1,88	1,38	1325	1063	27	8,42	0,38	0,02
11	67,0	3,53	42,3	86,2	74,66	-0,98	7,28	38,09	10,47	8,7	7,34	2,02	1100	760	87	20,25	0,87	0,12
12	36,0	3,24	26,0	84,3	65,95	3,93	14,50	26,02	14,07	6,1	12,88	2,80	1250	920	89	28,89	1,56	0,32
13	71,0	4,04	50,0	84,0	81,58	-0,23	10,71	46,63	6,32	9,4	3,30	1,37	1200	950	50	11,41	0,53	0,05
14	50,0	3,37	33,7	85,9	70,54	1,61	10,99	32,13	13,03	7,8	9,82	2,35	1060	800	79	24,43	1,30	0,23
15	38,5	3,31	28,6	85,0	69,05	4,44	15,82	28,66	12,62	6,2	12,08	2,48	1130	875	66	21,64	1,48	0,24
16	60,0	3,56	36,6	84,8	74,04	2,29	13,20	35,15	10,23	8,3	8,13	2,09	1120	830	98	19,22	1,11	0,16
17	69,0	3,78	45,2	84,6	77,36	-0,74	8,63	43,70	9,11	8,9	4,59	1,75	1170	1000	56	15,42	0,69	0,08

Tabla 4.3: Resultados de los ensayos sobre las hojitas de 60 g/m²

Pto.	°SR	Volumen Pulpa específico (cm ³ /g)	Blancura (% ISO)	Opacidad (%)	Parámetros de color			Coeficientes k y s		Resistencia aire-Gurley (s)	Índice Rasgado (mN.m ² /g)	Índice Explosión (kPa.m ² /g)	Aspereza		Absor- ción (%)	Resistencia superficial		Inestabilidad dimensional (%)	Índice Tracción (N.m/g)	Elongación (%)	Índice TEA (J/g)
					L*	a*	b*	s	k				Lado A (mL/min)	Lado B (mL/min)		Lado A (N°)	Lado B (N°)				
1	60,5	2,77	38,8	99,2	73,37	0,46	9,18	41,78	13,62	13,7	9,51	1,74	1088	930	16,8	2	2	0,0	24,53	1,40	0,23
2	61,5	2,70	40,6	99,4	73,16	-1,02	6,56	37,71	11,55	19,4	8,25	1,65	1150	1000	17,4	2	2	0,3	22,81	1,09	0,16
3	72,5	3,21	53,8	97,0	86,10	1,31	14,77	61,69	3,93	8,4	1,95	0,89	1180	910	34,4	0	0	0,3	11,84	0,61	0,05
4	45,5	2,55	30,4	98,6	71,09	5,07	16,68	33,66	13,22	6,8	14,60	2,32	1163	970	4,9	2	4	0,3	27,67	2,15	0,43
5	60,0	2,87	40,2	98,5	78,11	3,55	15,49	45,45	9,23	7,1	8,99	1,56	1120	990	20,3	2	2	0,3	19,96	1,68	0,24
6	66,5	3,00	45,2	98,6	80,00	1,71	13,23	49,17	7,86	7,7	6,80	1,27	1080	910	24,7	0	2	0,3	17,21	1,09	0,13
7	18,5	2,26	21,7	97,9	63,98	6,60	18,64	22,72	14,63	3,1	21,62	2,89	1170	1080	-9,1	4	4	0,5	31,57	2,60	0,59
8	18,5	2,28	21,8	98,4	63,68	6,40	17,94	23,93	15,85	3,7	25,66	3,02	1060	850	-13,2	4	5	0,4	38,08	2,62	0,72
9	59,5	2,76	37,2	99,0	74,14	2,12	12,54	39,71	11,90	9,3	11,51	1,84	1020	1038	15,1	2	3	0,3	25,23	1,47	0,25
10	72,5	3,30	53,7	97,7	86,22	1,30	15,06	63,37	3,95	7,5	2,11	0,88	1240	1010	34,0	0	0	0,3	10,82	0,60	0,04
11	67,0	2,71	40,2	99,4	72,87	-0,85	6,50	41,70	14,13	20,9	7,69	1,79	925	813	18,4	2	2	0,1	25,09	1,12	0,18
12	36,0	2,42	26,9	98,7	66,91	4,13	14,77	28,33	15,04	6,7	18,32	2,76	1170	930	0,5	4	4	0,3	30,94	2,15	0,48
13	71,0	3,03	50,1	98,7	81,71	-0,16	10,79	56,47	7,56	11,4	4,08	1,11	1120	890	29,2	0	0	0,3	14,59	0,81	0,08
14	50,0	2,52	32,9	99,2	69,87	1,71	10,89	35,26	14,93	12,9	16,40	2,15	1050	880	8,9	3	3	0,2	26,82	1,59	0,29
15	38,5	2,50	29,0	98,7	69,19	4,33	15,38	34,92	15,59	5,9	15,59	2,33	1140	960	4,0	3	4	0,3	32,31	2,10	0,45
16	60,0	2,72	37,3	99,1	74,15	2,06	12,51	40,74	11,90	8,4	10,09	1,74	1110	888	16,9	2	2	0,3	26,29	1,64	0,27
17	69,0	2,87	45,0	99,2	76,91	-0,72	8,00	52,39	11,72	15,5	5,90	1,46	1030	870	24,4	2	0	0,1	23,92	1,30	0,18

Tabla 4.4: Resultados de los ensayos sobre las hojitas de 120 g/m²

Pto.	°SR	Volumen especifico (cm ³ /g)	Blancura (% ISO)	Opacidad (%)	Parámetros de color			Coeficientes k y s		Resistencia aire-Gurley (s)	Índice Rasgado (mN.m ² /g)	Índice Explosión (kPa.m ² /g)	Resistencia Flexión (mN.m)	R C T (kN/m)	C M T (N)	Resistencia superficial		Índice Tracción (N.m/g)	Elongación (%)	Índice TEA (J/g)
					L*	a*	b*	s	k							Lado A (N°)	Lado B (N°)			
1	60,5	2,43	39,0	99,9	73,50	0,28	9,15	19,71	5,70	35,0	11,95	1,63	1,29	1,03	135	2	2	24,27	1,41	0,22
2	61,5	2,36	39,5	99,9	72,14	-1,07	6,11	22,46	6,85	77,8	9,23	1,76	1,23	1,44	146	4	4	25,03	1,32	0,21
3	72,5	2,75	54,2	99,8	86,07	1,08	14,28	60,62	3,79	28,7	2,24	0,81	1,40	0,99	139	0	2	10,44	0,60	0,04
4	45,5	2,25	30,4	99,9	71,14	5,11	16,82	12,41	4,41	17,9	13,56	2,55	1,28	1,15	146	3	4	30,20	2,36	0,49
5	60,0	2,58	40,4	99,9	78,10	3,46	15,53	36,20	7,20	28,4	9,92	1,59	1,34	1,08	135	2	2	20,53	1,66	0,24
6	66,5	2,75	44,7	99,9	79,55	1,54	13,03	54,20	8,51	25,0	7,11	1,19	1,36	1,04	115	2	2	19,31	1,08	0,14
7	18,5	1,89	21,2	99,8	63,06	6,47	18,02	11,37	7,65	30,5	17,68	3,97	1,19	1,26	151	6	7	42,93	3,66	1,10
8	18,5	1,88	21,6	99,9	63,41	6,30	17,77	12,89	8,80	30,7	19,97	4,15	1,26	1,35	172	6	7	40,47	3,45	0,98
9	59,5	2,43	36,5	99,9	73,55	2,06	12,47	31,62	9,80	32,5	13,31	1,87	1,26	1,18	123	3	3	27,54	2,01	0,38
10	72,5	2,84	55,2	99,7	86,83	1,15	14,59	60,25	3,61	26,3	2,43	0,76	1,35	0,95	137	0	2	11,06	0,59	0,04
11	67,0	2,35	39,7	99,9	72,38	-1,05	6,26	29,92	10,08	79,6	9,49	1,79	1,26	1,19	142	4	4	25,67	1,39	0,23
12	36,0	2,05	26,6	99,9	66,01	3,53	13,62	21,72	12,33	28,7	17,51	3,07	1,26	1,23	132	4	5	35,03	2,53	0,61
13	71,0	2,78	49,8	99,9	81,25	-0,36	10,29	34,90	4,52	33,1	4,44	0,99	1,44	0,91	146	2	0	17,90	0,92	0,10
14	50,0	2,20	33,4	99,9	69,92	1,23	10,21	19,72	7,98	39,7	11,94	2,20	1,26	1,18	137	3	3	30,36	1,81	0,36
15	38,5	2,17	28,8	99,8	69,07	4,31	15,55	25,63	11,25	19,3	15,56	2,57	1,26	1,16	136	3	4	30,21	2,64	0,56
16	60,0	2,38	36,2	100,0	73,32	2,02	12,50	33,04	9,65	31,2	11,00	1,87	1,53	1,17	138	3	3	25,73	1,76	0,30
17	69,0	2,57	44,6	100,0	76,46	-0,89	7,64	22,47	4,79	42,0	7,33	1,34	1,23	1,00	128	2	0	20,76	1,09	0,15

Los valores medios de cada propiedad se analizaron con un software específico.

La tabla 4.5 presenta los coeficientes de regresión de las ecuaciones obtenidas para las propiedades que varían significativamente con las distintas composiciones, en hojas de 25 g/m².

Las figuras 4.1 a 4.6 muestran las curvas de nivel para las propiedades consideradas de mayor importancia para papeles de 25 g/m².

Tabla 4.5: Coeficientes de regresión para las propiedades de las hojas de 25 g/m²

Propiedad	A	B	C	AB	AC	BC	R ²
Grado de refino (°SR)	19,16	72,84	65,79	35,77	--	--	98,9
Volumen específico	3,02	4,30	3,56	--	--	--	98,8
Blancura	21,22	54,11	41,71	-13,90	-7,07	--	99,8
Opacidad	81,03	78,88	85,71	13,49	8,18	8,29	95,8
Color L*	62,65	86,05	73,94	--	--	--	99,5
Color a*	6,05	1,39	-1,01	2,82	1,20	-3,00	99,9
Color b*	17,77	15,13	7,07	--	2,04	-6,09	99,6
Coefficiente de dispersión de la luz - s	20,04	50,76	38,31	--	--	--	99,3
Coefficiente de absorción de luz - k	15,03	3,65	11,27	--	--	--	97,0
Absorción agua-Test de la gota	93,36	30,88	76,96	--	--	--	84,0
Suavidad Gurley (Softness)	5,24	10,66	8,48	--	--	--	94,6
Índice Rasgado	17,17	2,21	6,22	--	--	--	95,3
Índice Explosión	3,06	1,28	1,96	--	--	--	98,0
Índice Tracción	27,23	7,84	20,05	--	--	--	98,1
Elongación	1,63	0,36	0,84	0,74	0,86	--	98,5
Índice TEA	0,32	0,01	0,11	--	0,20	--	97,3

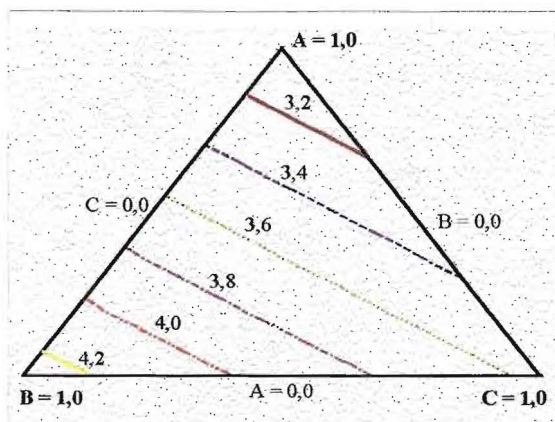


Figura 4.1: Volumen específico (cm^3/g)
- 25 g/m^2

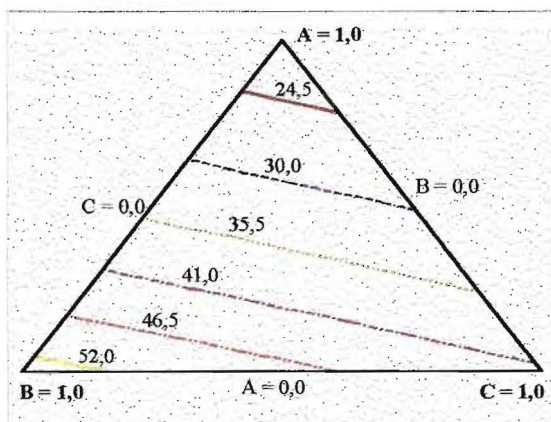


Figura 4.2: Blancura (% ISO) - 25 g/m^2

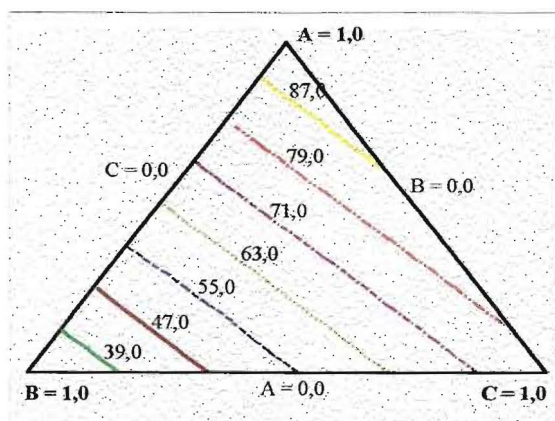


Figura 4.3: Absorción de agua. Test de
la gota (s) - 25 g/m^2

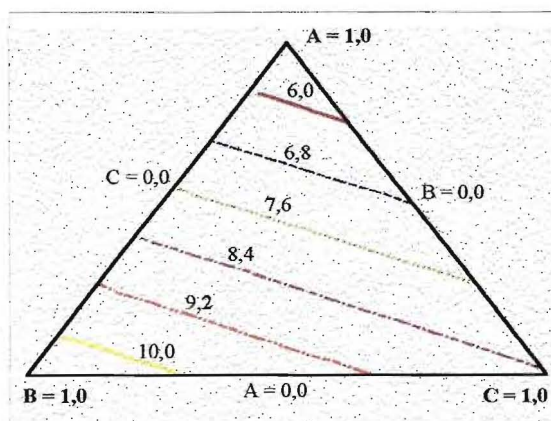


Figura 4.4: Suavidad Gurley (Softness)
(s) - 25 g/m^2

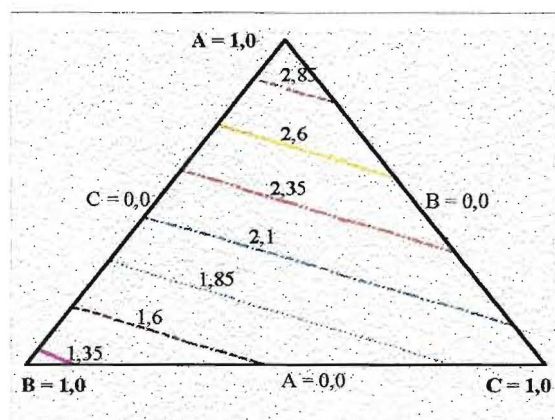


Figura 4.5: Índice Explosión ($\text{kPa.m}^2/\text{g}$)
- 25 g/m^2

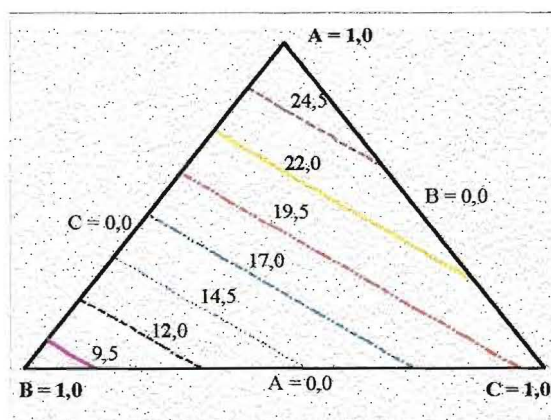


Figura 4.6: Índice de Tracción (Nm/g) -
 25 g/m^2

Las figuras 4.7 y 4.8 muestran los límites de utilización de pulpa mecánica para cumplir con las especificaciones de papeles de 25 g/m^2 , establecidos de acuerdo con la tabla 2.1. En todos los casos, la zona mas claras representa la región de posible utilización de pulpa SGW.

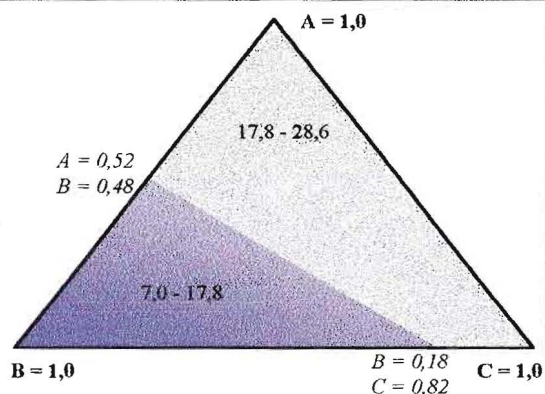


Figura 4.7: Índice de tracción (límite de utilización SGW -25 g/m^2).

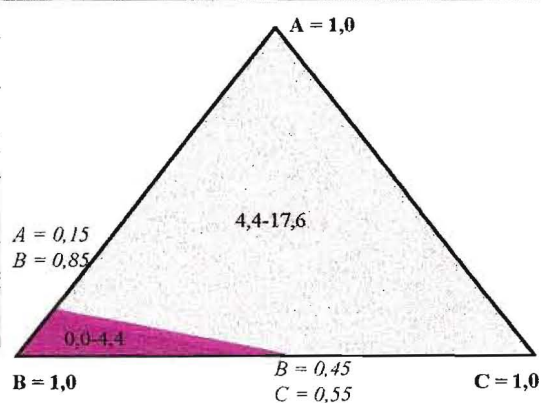


Figura 4.8: Índice de rasgado (límite de utilización SGW -25 g/m^2).

Tabla 4.6: Coeficientes de regresión para las propiedades de hojas de 60 g/m^2

Propiedad	A	B	C	AB	AC	BC	R ²
Grado de refinó (°SR)	19,16	72,84	65,79	35,77	--	--	98,9
Volumen específico	2,26	3,24	2,71	--	--	--	99,0
Blancura	21,85	53,72	40,29	-10,58	-4,82	2,63	99,9
Opacidad	98,19	97,38	99,44	3,55	--	2,49	92,9
Color L*	63,78	85,95	72,88	--	--	--	99,9
Color a*	6,50	1,33	-0,87	1,55	--	-3,07	99,9
Color b*	18,28	14,93	6,52	-2,40	1,69	-6,05	99,9
Coefficiente dispersión luz - s	22,43	61,51	41,18	--	--	--	96,9
Coefficiente absorción luz - k	16,28	4,67	13,75	--	--	--	93,4
Resistencia al aire-Gurley	3,88	7,72	19,90	--	-11,06	--	97,9
Absorción de tinta K&N	-8,15	34,55	18,35	--	--	--	99,5
Resistencia superficial, lado A	4,06	-0,23	2,17	--	--	--	89,7
Resistencia superficial, lado B	5,04	0,12	1,72	--	--	--	88,3
Inestabilidad dimensional	0,41	0,30	0,09	--	--	--	80,0
Índice Rasgado	23,12	1,69	8,56	--	--	--	96,6
Índice Explosión	2,98	0,84	1,72	--	--	--	98,6
Índice Tracción	35,56	11,91	24,83	--	--	--	93,3
Elongación	2,59	0,65	1,18	1,10	--	--	97,5
Índice TEA	0,64	0,04	0,17	--	--	--	97,3

La tabla 4.6 presenta los coeficientes de regresión de las ecuaciones obtenidas para las propiedades que varían significativamente con las distintas composiciones, para las hojas de 60 g/m².

En las figuras 4.9 a 4.14 se presentan las curvas de nivel de algunas de las propiedades consideradas de importancia en papeles de 60 g/m².

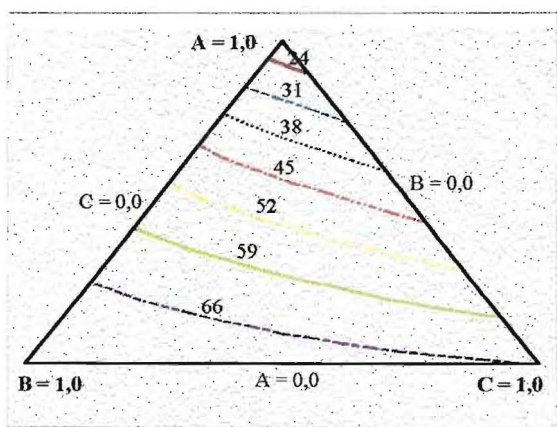


Figura 4.9: Grado de refino (°SR) – 60 g/m².

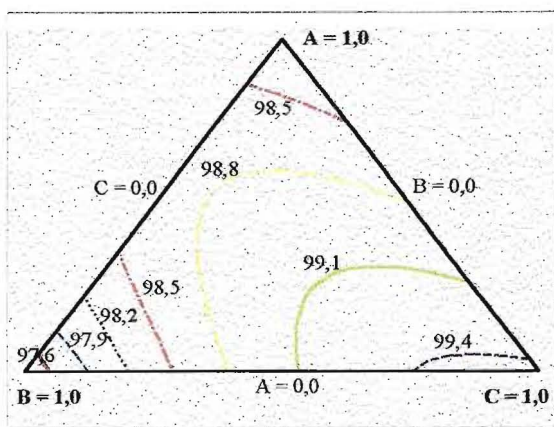


Figura 4.10: Opacidad (%ISO) – 60 g/m².

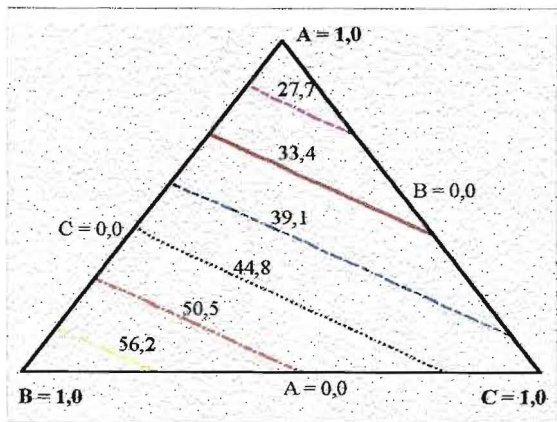


Figura 4.11: Coeficiente dispersión de luz (m²/kg) – 60 g/m².

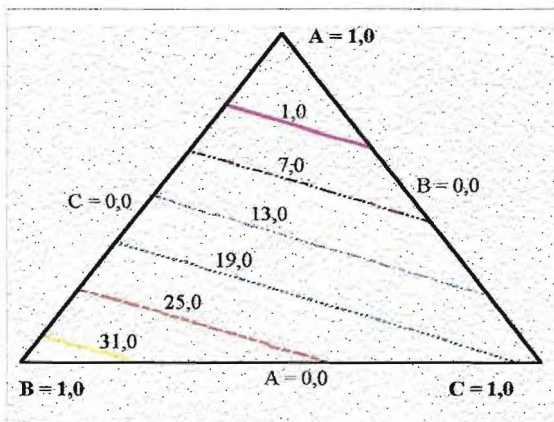


Figura 4.12: Absorción de Tinta K&N (%) – 60 g/m².

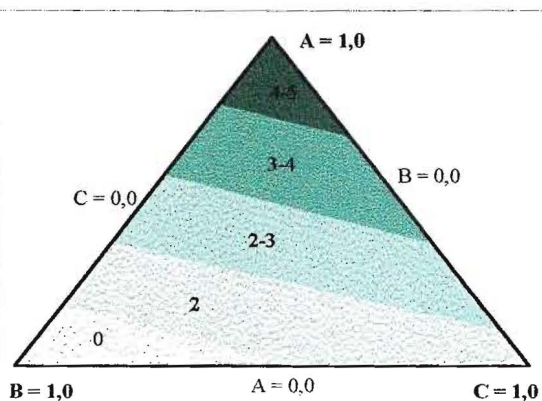


Figura 4.13: Arrancamiento Lado B (N°) – 60 g/m².

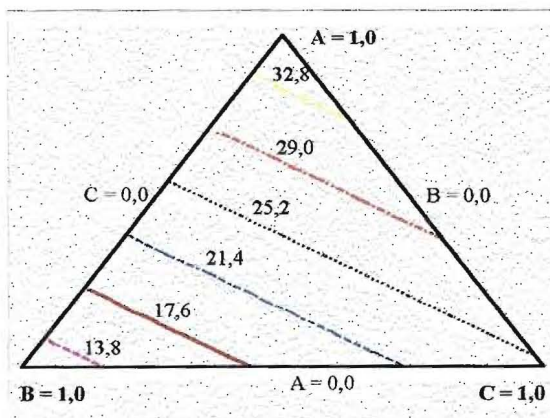


Figura 4.14: Índice de Tracción (Nm/g) – 60 g/m².

Los límites de utilización para papeles de 60 g/m² se presentan en las figuras 4.15 a 4.18. (límites de acuerdo con la tabla 2.4)

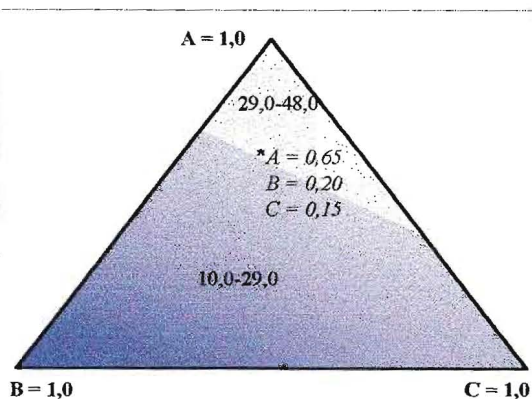


Figura 4.15: Índice de tracción (límite utilización SGW –60 g/m²).

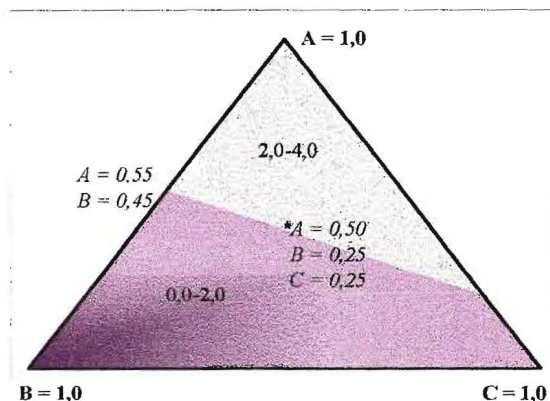


Figura 4.16: Índice de explosión (límite utilización SGW –60 g/m²).

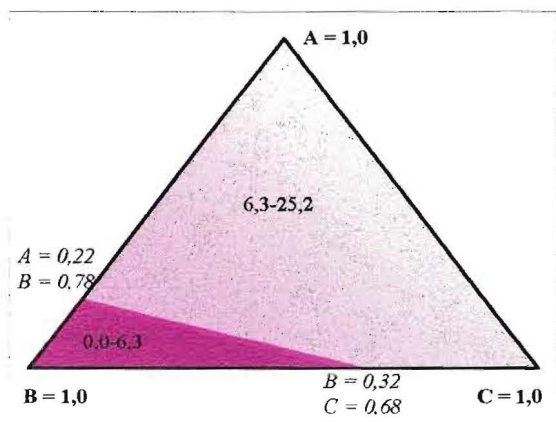


Figura 4.17: Índice de Rasgado (límite utilización SGW – 60 g/m^2)

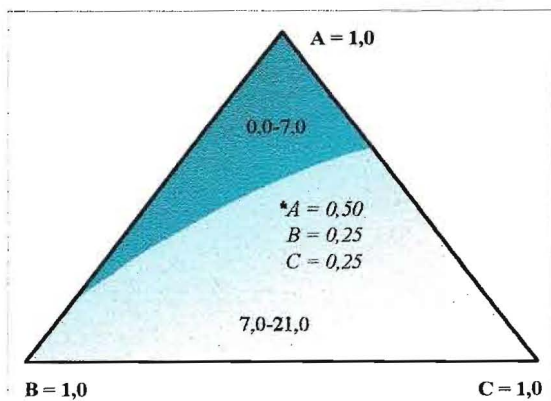


Figura 4.18: Resistencia al aire Gurley (límite utilización SGW – 60 g/m^2)

Los coeficientes de regresión de las ecuaciones obtenidas para las propiedades que varían significativamente con las distintas composiciones en hojas de 120 g/m^2 , se muestran en la tabla 4.7.

En las figuras 4.19 y 4.20 se presentan las curvas de nivel para las dos propiedades más destacadas en el caso de papeles de 120 g/m^2 .

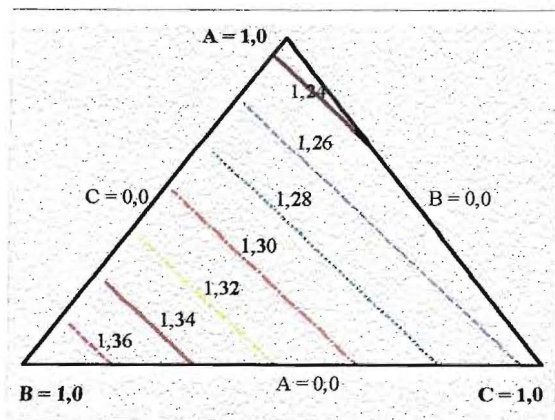


Figura 4.19: Resistencia a la flexión Taber (mN.m) – 120 g/m^2

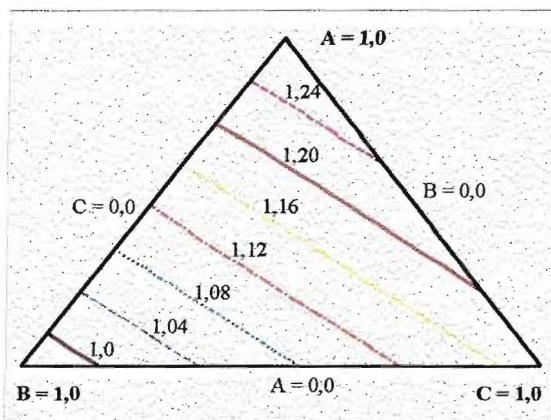
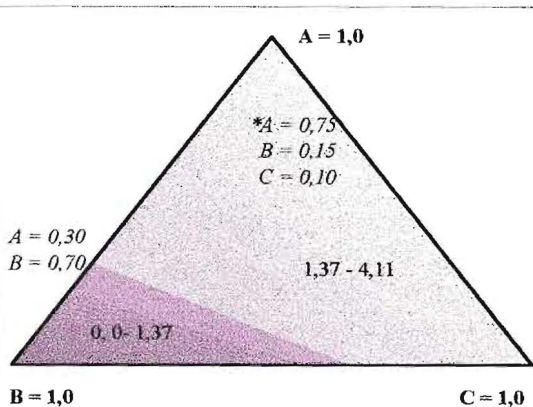
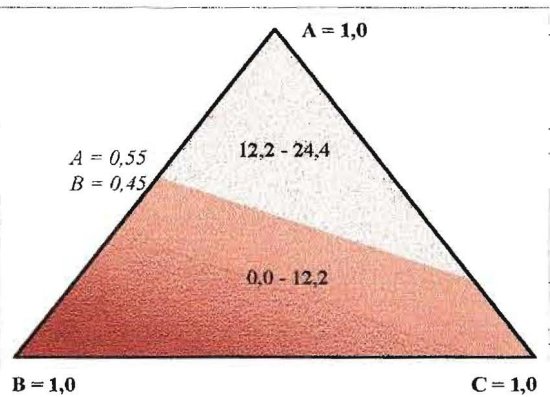


Figura 4.20: RCT (kN/m) – 120 g/m^2

Tabla 4.7: Coeficientes de regresión para las propiedades de las hojas de 120 g/m²

Propiedad	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	AB ²	AC ²	R ²
Grado de refinado (°SR)	19,16	72,84	65,79	35,77	--	--	--	--	--	98,9
Volumen específico	1,88	2,81	2,35	0,33	--	0,46	--	--	--	98,8
Blancura	21,29	54,59	39,46	-12,84	--	--	--	--	--	99,8
Color L*	63,29	86,04	72,27	--	--	--	--	--	--	99,7
Color a*	6,35	1,09	-1,03	2,61	-1,09	-2,79	--	--	--	99,9
Color b*	17,95	14,43	6,22	--	--	-5,35	--	--	--	99,8
Coefficiente s	13,27	61,20	25,30	-54,00	--	-70,24	332,35	--	--	95,3
Coefficiente k	8,31	3,53	6,66	--	--	--	104,00	-28,46	59,20	97,9
Resistencia al aire-Gurley	30,98	26,98	78,27	--	-88,82	-49,05	--	--	--	99,1
Resistencia Flexión - Taber	1,23	1,38	1,25	--	--	--	--	--	--	83,4
RCT	1,28	0,97	1,18	--	--	--	--	--	--	90,8
Índice Rasgado	19,69	3,00	9,89	--	--	--	--	--	--	95,4
Índice Explosión	4,05	0,75	1,72	-1,70	-1,38	--	--	--	--	99,3
Índice Tracción	40,55	11,33	25,32	--	--	--	--	--	--	98,0
Elongación	3,45	0,62	1,27	--	--	--	--	--	--	98,1
Índice TEA	1,02	0,05	0,22	-0,70	-0,55	--	--	--	--	98,6

Para papeles de 120 g/m², los límites de utilización de la pulpa mecánica a la piedra se presentan en las figuras 4.21 a 4.24. (límites de acuerdo con las tablas 2.5, 2.6. y 2.8).

**Figura 4.21:** Índice explosión (límite de utilización SGW-120 g/m²)**Figura 4.22:** Índice rasgado (límite de utilización SGW-120 g/m²)

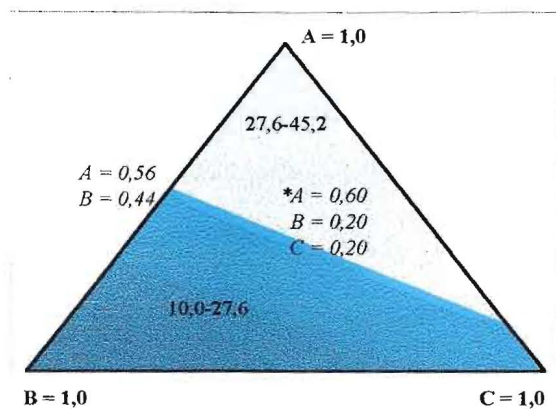


Figura 4.23: Índice tracción (límite de utilización SGW-120 g/m²)

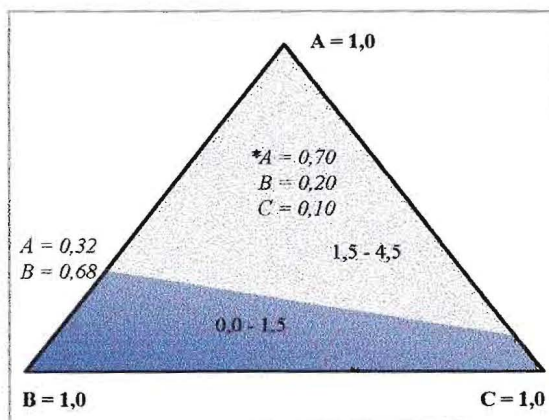


Figura 4.24: Elongación (límite de utilización SGW-120 g/m²)

4.3 Discusión de resultados

Las fotos 4.1 y 4.2 muestran las características típicas de las pulpas kraft y SGW. Como se observa en la tabla 4.1, el papel de diarios reciclado posee características intermedias con respecto al kraft reciclado y a la pulpa SGW. La observación microscópica de la pulpa de papel periódico (foto 4.3) mostró un cierto contenido de fibra química de coníferas, mezclada con elementos característicos de las pulpas mecánicas (fibras rotas y muy dañadas).

4.3.1 Análisis de resultados obtenidos con hojas de 25 g/m²

En la tabla 2.1, se observa que los valores de referencia para el volumen específico se encuentran entre 2,12 y 3,98 cm³/g. En el caso de las mezclas, los valores encontrados son, en general, elevados. El valor mínimo encontrado (tabla 4.2 y figura 4.1) es de 3,05 cm³/g (promedio de los puntos 7 y 8) para 100 % de pulpa kraft reciclada y el valor máximo de 4,36 cm³/g (promedio los puntos 3 y 10) para 100 % de pulpa mecánica.

La blancura se encuentra por debajo del valor requerido para la calidad media en la mayoría de los puntos (tabla 2.1). Los mayores valores se registran en los casos en que el porcentaje de pulpa mecánica es elevado, por lo que un aumento en el contenido de esta pulpa beneficia a la blancura de estos papeles (figura 4.2).

Con respecto al ensayo de absorción de agua, (test de la gota), los valores de referencia varían entre un mínimo de 1,0 s hasta un máximo de 106,1 s (tabla 2.2). Puede apreciarse en la tabla 4.2 que todos los valores obtenidos se encuentran dentro de ese rango, exceptuando el valor del punto 9 (186 s) que no fue considerado en el análisis. La figura 4.3 muestra claramente que los tiempos mínimos de absorción se obtienen incluyendo altos porcentajes de pulpa mecánica en el empaste.

En el caso de la suavidad Gurley, puede verse en la tabla 4.2 que el máximo valor (promedio) al que se puede llegar es inferior al valor de referencia de la tabla 2.1 (10,7 s, para los puntos 3 y 11 con 100% de pulpa mecánica). Sin embargo, teniendo en cuenta los datos presentados en la tabla 2.2, se concluye que todos los valores obtenidos se encuentran dentro del rango. En la figura 4.4 se observa que los mayores valores se encuentran en la región de mayor porcentaje de SGW.

La figura 4.5 muestra que los valores del índice de explosión son mayores que el valor de referencia consignado en la tabla 2.1 para papeles sanitarios de calidad media (1,09 kPa.m²/g). El valor mínimo obtenido fue de 1,35 kPa.m²/g (promedio de los puntos 3 y 10) para 100% de pulpa mecánica y el valor máximo de 3,10 kPa.m²/g (promedio de los puntos 7 y 8) con 100% de pulpa kraft reciclada.

La figura 4.6 representa la variación del índice de tracción con el aumento en el porcentaje de pulpa mecánica. En la figura 4.7 se observa, que para cubrir los requisitos de índice de tracción (tabla 2.1), podría utilizarse un máximo de 48 % de pulpa mecánica para el caso en que la combinamos con pulpa kraft reciclada y un valor mínimo de 18 % cuando se combina con diarios reciclados.

En el caso del índice de rasgado, la figura 4.8 nos indica que la región de las posibles mezclas utilizables para cumplir con las especificaciones (zona clara), comprende un máximo de 85 % de SGW si se mezcla con kraft reciclado, y un 45 %, si se mezcla con diario reciclado.

Así, con un **48 % de pulpa mecánica** mezclada con 52 % de pulpa kraft reciclada obtendremos un papel que cumple con los requisitos de volumen específico, resistencias a la tracción, al rasgado y a la explosión, y absorción de agua. Si bien la blancura y la suavidad Gurley no cumplen las especificaciones, es posible encontrar formas alternativas de mejorar estas propiedades.

Este porcentaje (48 % de pulpa mecánica) es inferior al encontrado en la bibliografía (presentado en la tabla 2.13), pero es importante señalar que los valores de índice de tracción presentados en dicha tabla son menores a los obtenidos en las presentes experiencias. Otro aspecto a tener en cuenta es que en este trabajo las hojas fueron elaboradas manualmente, en un formador de laboratorio sin agregado de productos químicos ni tratamiento superficial.

4.3.2 Análisis de resultados obtenidos con hojas de 60 g/m²

Con respecto a las propiedades ópticas, se observa en la tabla 4.3 que para llegar a los valores de blancura requeridos, es necesario aplicar un tratamiento de blanqueo a las pulpas, ya que no llegan a los valores de referencia (tabla 2.4).

En el caso de la opacidad, por el contrario, los valores obtenidos son muy superiores a los de referencia, por lo cual, es posible que aún luego de un tratamiento de blanqueo, esta propiedad se mantenga elevada. Según puede observarse en la figura 4.10, la opacidad presenta valores máximos cuando los porcentajes de pulpa reciclada de diarios son altos. Esto se debe a la presencia de partículas de tinta (ya que las pulpas no fueron destintadas).

Se observa en la figura 4.11 la gran influencia de la pulpa mecánica en el coeficiente de dispersión de la luz (light scattering) de las hojas.

Para el caso de la absorción de Tinta K&N, puede observarse en la tabla 4.3 que los valores correspondientes a las pulpas 7 y 8 (kraft 100%) son negativos. El motivo es que esta determinación se realiza sobre la base de los valores de blancura

(brightness, equivalente a luz reflejada), antes y después de colocada la tinta. Al ser la blancura de la pulpa kraft excesivamente baja (promedio de 21,75 % ISO), es evidente que la aplicación de la tinta produjo un aumento de la reflexión de la luz. En general, los valores obtenidos se encuentran por debajo de los presentados como referencia. Los mayores valores correspondieron a los puntos 3 y 10 con 100 % de pulpa mecánica, según se observa en la figura 4.12.

La tabla 4.3 indica que los valores para el volumen específico son mayores que $1,5 \text{ cm}^3/\text{g}$ en todos los casos (valor de referencia de la tabla 2.4).

La tabla 4.3 indica que la aspereza de las mezclas es en general muy superior a los valores de referencia, lo cual es perjudicial. En el caso de la resistencia superficial, (ceras Dennison), los valores encontrados son mucho menores que los de referencia. En la figura 4.13 la región indicada con el valor cero significa que la cera N° 2 produjo arrancamiento superficial. Es dable aclarar que la formadora de hojas utilizada no trabaja con platinas, por lo que no genera diferencias de “lado”, ni ningún tipo de acabado de superficie.

En cuanto al índice de tracción, los valores obtenidos en algunas mezclas podrían cumplir los requisitos establecidos para papeles offset (tabla 2.4), pero son en general inferiores a los mencionados para papeles fabricados con 100 % de fibra de Eucalyptus. Esta propiedad aumenta con el agregado de papel reciclado kraft, y disminuye proporcionalmente a la cantidad de SGW en el empaste (figura 4.14). Según se observa en la figura 4.15, con el agregado de hasta un 20% de pulpa mecánica combinada con papeles reciclados kraft y de diarios, se obtendría un valor que se encuentra dentro de las especificaciones.

Para el índice de explosión, la zona clara de la figura 4.16 indica que el máximo de pulpa mecánica que puede utilizarse sin salir de especificaciones (tabla 2.4, papel de impresión offset) es de 45 % en el caso en que se combina únicamente con pulpa kraft reciclada. Una mezcla de 25 % de pulpa mecánica, 25 % de diarios reciclados con un 50 % de kraft reciclado también cumple los requisitos establecidos para esta propiedad.

En el caso del índice de rasgado, la figura 4.17 nos indica que la región de las posibles mezclas es muy amplia, y puede utilizarse hasta 78 % de pulpa mecánica (con 22 % de reciclado kraft) cumpliendo las especificaciones.

La resistencia al aire Gurley se encuentra afectada principalmente por el contenido de diarios reciclados (producen el mayor aumento del tiempo de paso del aire), según se observa en la tabla 4.6. En la figura 4.18 se indica la región de trabajo de acuerdo con los valores de la tabla 2.4 (7 a 21 segundos).

Todas las propiedades mencionadas que dependen de aspectos superficiales (resistencia al aire, aspereza, resistencia superficial, absorción de tintas) son susceptibles de mejorar con la aplicación de tratamientos superficiales (calandrado) y/o la aplicación de encolantes.

Teniendo en cuenta principalmente las propiedades de tracción y resistencia al aire, podemos decir que es posible utilizar entre un **20-25% de pulpa mecánica** en mezclas con las otras dos pulpas recicladas. Sin embargo, este porcentaje podría aumentarse si aplicáramos algún tipo de tratamiento para mejorar la calidad de las fibras recicladas (desfibrado alcalino, refino), y un tratamiento superficial.

Los porcentajes de utilización de pulpa mecánica presentados en la tabla 2.12 en el caso de papeles para rotograbado son mayores que los obtenidos en este trabajo, pero el índice de tracción (20,8 N.m/g) es menor al establecido como referencia (> 29 N.m/g). Trabajando sobre la base de requisitos de resistencia inferiores, el porcentaje de pulpa SGW podría aumentarse.

En el caso de papel periódico (tabla 2.10), también el porcentaje de SGW en el empaste es mayor. El índice de tracción es muy elevado, pero a diferencia de los otros casos, los autores presentan solo el valor de dirección máquina (mucho mayor que dirección transversal). Como este trabajo se realizó con hojas de laboratorio (anisotrópicas, de formación aleatoria), los valores de las propiedades siempre serán intermedios entre los de papeles en dirección máquina y en dirección transversal.

Los porcentajes de pulpa SGW reportados en las tablas 2.9, 2.11 y 2.12 para diferentes tipos de papeles son también superiores. Es importante tener en cuenta que

en los papeles que involucran pulpa química virgen, los requisitos de resistencia de la pulpa mecánica son inferiores.

4.3.3 Análisis de resultados obtenidos con hojas de 120 g/m²

La figura 4.19 muestra que la resistencia a la flexión de las muestras aumenta con el contenido de pulpa mecánica, siendo similar la influencia de los otros dos componentes (tabla 4.7). Estos valores son, sin embargo, inferiores a los típicos de liner (papel capa, 1,47-4,9 mN.m, (1)).

En el caso de la resistencia a la compresión del anillo (RCT, figura 4.20), el comportamiento es inverso. La presencia de pulpa mecánica perjudica esta propiedad, siendo el reciclado kraft el componente que más influye en la misma (tabla 4.7).

Los valores del ensayo típico para papel onda (Concora Médium Test o CMT) no se ven influenciados por los cambios en la composición. La tabla 4.4 muestra que los valores son, en general, mayores al exigido de 120 N (tabla 2.8).

En la figura 4.21 se observan las composiciones utilizables para obtener un índice de explosión mayor a 1,37 kPa.m²/g, valor exigido para el caso de papeles para embalajes leves (tabla 2.5).

Una mezcla de 15% de pulpa mecánica, 10% de diarios reciclados y 75% de kraft reciclado, cumple con los requisitos mínimos exigidos para el papel kraft común (2,94 kPam²/g - tabla 2.6).

Para el caso del índice de rasgado, la figura 4.22 indica la región de trabajo para obtener valores mayores a 12,2 mN.m²/g exigido para el papel kraft común (tabla 2.6). Se observa que puede incluirse hasta un 45 % de pulpa mecánica en el empaste.

La zona clara de la figura 4.23 indica un máximo de 44 % de pulpa mecánica para cumplir las especificaciones del índice de tracción, en el caso en que se combinó con pulpa kraft reciclada. Una mezcla de 20 % de pulpa mecánica, 20 % de diarios reciclados y 60 % de kraft reciclado, cumple con los requisitos exigidos en papeles para embalajes leves, mientras que para alcanzar los valores requeridos para el papel kraft común, el porcentaje de pulpa mecánica a agregar es casi nulo.

La figura 4.24 indica algunos porcentajes de pulpa mecánica que podrían utilizarse para cumplir los requerimientos de elongación. En una mezcla de 68 % de pulpa mecánica y 32 % de pulpa kraft reciclada, la elongación es de 1,5 %, mientras que si la mezcla está compuesta de 20 % de pulpa mecánica, 10 % de diarios reciclados y 70 % de kraft reciclado, el valor es de 2,7 % aproximadamente.

Con respecto a la resistencia al aire, la tabla 4.7 muestra que dicha propiedad se encuentra afectada principalmente por el contenido de diarios reciclados y no por el contenido de pulpa mecánica.

De acuerdo con lo dicho, podría afirmarse que es posible agregar hasta un **20 % de pulpa mecánica** sin salir de las especificaciones exigidas en papeles para embalajes leves, y hasta un **44 % de pulpa mecánica** en papeles para ondular.

Comparando estos porcentajes con los presentados en las tablas 2.14 y 2.15 para cartones monocapa, vemos que se encuentran, en general, dentro del orden de utilización.

CAPÍTULO 5

Conclusiones

El presente trabajo consistió en el estudio de los posibles usos de la pulpa mecánica a la piedra, en diferentes tipos de papeles, utilizándola en mezclas con pulpas recicladas disponibles en la región como el kraft bolsero y el papel de diario, intentando maximizar la cantidad de pulpa mecánica en el empaste.

Esto gana vigencia debido a la instalación de una planta para producir pulpa mecánica a la piedra de pequeña escala en las inmediaciones de la ciudad de Encarnación (Paraguay).

La puesta en marcha de dicha planta permitiría incorporar pulpa virgen en los empastes de diferentes tipos de papeles y cartones elaborados en el Paraguay, exclusivamente con fibras recicladas (tabla A.5, Anexo A).

Una vez analizadas las posibilidades planteadas, pueden extraerse las conclusiones que se expresan a continuación.

Papeles de 25 g/m²:

Con un **48 % de pulpa mecánica** mezclada con 52 % de pulpa kraft reciclada se obtiene un papel que cumple con los requisitos de volumen específico, resistencias (a la tracción, al rasgado y a la explosión), y absorción de agua de papeles tipo tisú. Si bien la blancura y la suavidad Gurley no cumplen las especificaciones, es posible mejorar estas propiedades con tratamientos alternativos.

Para contrarrestar los valores bajos de blancura una opción válida es la utilización de anilinas para producir así papeles sanitarios de color que tienen una buena aceptación en el mercado.

Papeles de 60 g/m²:

Teniendo en cuenta principalmente las propiedades de tracción y resistencia al aire, se puede decir que es posible utilizar entre un **20 y un 25 % de pulpa mecánica**, mezclada con las otras dos pulpas recicladas para la obtención de papeles obra de baja calidad. Este porcentaje podría aumentarse si se aplicara algún tipo de tratamiento para mejorar la calidad de las fibras recicladas (desfibrado alcalino, refino), y un tratamiento superficial.

Los valores de blancura obtenidos son muy inferiores a los encontrados en la bibliografía, dicha propiedad podría mejorarse mediante un proceso de blanqueo. El peróxido de hidrógeno, por ejemplo, se utiliza en la industria papelera en el destintado de papeles reciclados y como agente de blanqueo de pulpas de alto rendimiento (30). Otra opción para mejorar dicha propiedad podría ser, la utilización de cierto porcentaje de pulpas recicladas blancas.

Papeles de 120 g/m²:

Considerando todas las propiedades, se presume que es posible agregar hasta un **20 % de pulpa mecánica**, sin salir de las especificaciones exigidas para papeles de embalajes leves y hasta un **44 % de pulpa mecánica** en papeles para ondular.

Formas alternativas de aumentar el porcentaje de SGW en empastes

Acción sobre las pulpas

Es importante señalar que los papeles reciclados fueron simplemente desfibrados. La fibra reciclada es en general rígida por haber sufrido un proceso de secado (hornificación de fibras) perdiendo toda fibrilación interna o externa. Si se

aplicara algún tipo de tratamiento para mejorar la calidad de estas fibras recicladas (desfibrado alcalino, refino), los porcentajes de SGW en el empaste podrían aumentar.

Para determinados usos, también debe pensarse en la aplicación de un blanqueo previo de los papeles recuperados kraft, y un destintado del papel de diario.

Acción sobre los papeles:

Mediante la aplicación de algún tipo de tratamiento superficial, sería posible mejorar algunas propiedades de los papeles. Así por ejemplo mediante un alisado se producen cambios sobre sus propiedades superficiales proporcionándole lisura, alta densidad, brillo y uniformidad en el espesor de la hoja y generalmente con un tratamiento de calandrado se obtienen mejores resultados.

Estimaciones de costos

Podría plantearse un análisis de costos de los distintos papeles, teniendo en cuenta el precio de mercado de las pulpas utilizadas como materia prima. Con dichos precios y los porcentajes óptimos de utilización de cada una de las pulpas, poniendo especial atención en la pulpa mecánica a la piedra, se obtendría un valor aproximado de los costos de fabricación de los distintos tipos de papeles, siendo interesante su comparación cuando son fabricados con otras materias primas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Mangolini Neves J., Bergman, S., Barrotti, S.L.B., Bugajer, S., “Características básicas de papéis que recebem ou podem vir a receber pastas de alto rendimento -PAR- em sua formulação”, *O Papel*, pp. 73-92, Nov. (1987).
- (2) Mangolini Neves J., “TMP de Pinus taeda: Mistura para a fabricação de papéis para imprimir e escrever, embalagens e sanitarios”, 22º Congresso Anual de Celulose e Papel, S. Paulo, Brasil, pp. 319-326, (1989).
- (3) Astals F., “Cartón Ondulado”, Apunte de: Manipulación del Papel, Especialidad Papelera y Grafica, ETSEIT, Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 24 (1990).
- (4) Sundholm, J.; Mechanical Pulping, Capítulo 2, “What is mechanical pulping?”, pp. 17-21, Papermaking Science and Technology, Serie, Book 5, (1999)
- (5) Arjas, A.; Kunnas, K., “Practical Experience with the Application of TMP Papers to Different Printing Methods”, International Mechanical Pulping Conference, Proceedings Vol. III, pp. 19:1-11, Helsinki, (1977)
- (6) Jackson, M.; Collicutt, S.A.; Meret, R.G. “Thermomechanical Pulp as a Furnish Component of Offset Newsprint”, International Mechanical Pulping Conference, Proceedings Vol. III, pp. 21:1-24, Helsinki, (1977)
- (7) Mauranen, P.; Kirjasniemi, M.; Vanharanta, H., “Thermomechanical Pulp or Stone Groundwood” International Mechanical Pulping Conference, Proceedings Vol. III, pp. 23:1-17, Helsinki, (1977)
- (8) Franzén, R., “The Use of TMP in LW Newsprint”, International Mechanical Pulping Conference, Proceedings Vol. III, pp. 30:1-13, Helsinki, (1977)
- (9) Tunney, A.; Doucet, A., Harrison, D. “Groundwood Mill Expansion Experience at St. Marys Paper Inc.”, 76th/e Annual Meeting, Technical Section, CPPA, Preprints “A” pp. A199-A202, Montreal, Quebec, (1990).
- (10) Markku Nopanen, “Experience of TMP at Enso-Gutzeit Summa Mills” International Mechanical Pulping Conference, Preprints, Vol. 1, pp. 75-106, Helsinki, Finland, (1989).
- (11) Lippert, G.V.; Tuominen, R.; Nerg, H., “A New Furnish for Newsprint: Deinked Pulp and Super Pressure Groundwood”, 78th/e Annual Meeting, Technical Section, CPPA, Preprints “B” pp. B125-B134, Montreal, Quebec, (1992).
- (12) Schmid, G.W., “Utilização de pasta mecânica em papéis de boa qualidade”, *O Papel*, pp. 41-46, Março. (1986).

- (13) Falk, B.; Jackson, M.; Danielsson, O. "A low energy approach to the manufacture of TMP for SC and LWC grades", International Mechanical Pulping Conference, Preprints, Vol. 1, pp. 119-132, Helsinki, Finland, (1989).
- (14) Fredriksson B., F. Gram y I. Eriksson, "A Comparison of Different Mechanical Pulps for Rotogravure Paper". P.P.C. Vol. 77, N°11, pp. T204-T210, Nov. (1976).
- (15) Sundholm J., y Huostila M.; "Can TMP and CTMP be used in tissue paper?", P.P.C. Vol. 81, N°3, pp. T77-T82, Marzo (1980).
- (16) Fellers, C.; de Ruvo, A.; Htun, M.; Carlsson, L.; Lundberg, "Carton Board: Profitable use of pulps and processes", Capítulo 10, Ed. Swedish Forest Products Research Laboratory, Suecia, (1983).
- (17) Posluszny, J.A.; Gavazzo G.B., "Efecto de la mezcla de papeles reciclados sobre las propiedades de las pulpas", 31° Congreso Anual de Celulose e Papel, S. Paulo, Brasil, pp. 319-326, (1998).
- (18) Coleman, Matthew J., "Recycling Paper: From Fiber to Finished Product", Vol 1, 2^{da} Ed., pp vii, Tappi Press (1990).
- (19) Quimby, Thomas H.E., "The Socio-Political Aspects of Recycling", Tappi 56 (4), pp 142-143, (1973).
- (20) Sanjuán Dueñas, Rubén; "Obtención de Pulpas y Propiedades de las Fibras para Papel", Universidad de Guadalajara, Departamento de madera, celulosa y papel, Guadalajara, Jalisco, México. 1^{ra} Edición, Capítulo 2, pp. 35- 55, (1997).
- (21) Area, M.C., "Introducción a la fabricación de pulpa y papel", Texto dirigido a la Orientación en Tecnología de Celulosa y Papel de la carrera de Ingeniería Química, Capítulo 5, pp. 24-25, (2000).
- (22) Ellis, R.L. and Sedlachek, K., "Recycled vs. virgin fiber characteristics: a comparison", Tappi 76 (2), pp 143-146, (1993).
- (23) Bobalek, J.F. and Chaturvedi, M. "The effects of recycling on the physical of handsheets with respect to specific wood species" Tappi 72 (6), pp 123-125, (1989).
- (24) Klungness, J.H., "Secondary fiber research at the Forest Products Laboratory", Tappi 58 (10), pp 128-131, (1975).
- (25) Gavazzo, G.B.; Valade, J.L.; Law, K; Paris, J. "Comportamiento de pulpas termomecánicas, quimitemecánicas y quimimecánicas de *Picea negra* durante el reciclado", 28° Congreso Anual de Celulose e Papel, S. Paulo, Brasil, pp. 343-357, (1995).

- (26) Howard, R.C. and Bichard, W. "The Basic Effects of Recycling on Pulp Properties" *Journal of Pulp and Paper Science*, Vol. 18 (4), pp J151-J159, (1992).
- (27) Piepel, G.F.; Cornell, J.A. "Mixture Experiment Approaches: Examples, Discussion, and Recommendations", *Journal of Quality Technology*, Vol. 26, N°3, pp 177-196, July 1994.
- (28) TAPPI TEST METHODS, TAPPI PRESS, 1997.
- (29) ISO STANDARDS HANDBOOK, Paper, board and Pulps, Second edition, ISO 1998.
- (30) Jiménez, L.; De La Torre, M.J.; Navarro, E.; Ferrer, J.L.; "Blanqueo de pastas celulósicas con peróxido de hidrógeno" *Investigación y Técnica del Papel*, N° 130, pp. 828 a 838 (1996).

ANEXO A

A.1 La República del Paraguay

A.1.1 Descripción general

La República del Paraguay se sitúa en el extremo sur de América del Sur. Limita al noroeste y al norte con Bolivia; al este con Brasil, al sur y suroeste con Argentina y cuenta con una superficie de 406.752 kilómetros cuadrados (1, 2).



Figura A.1: Mapa de la República del Paraguay (1)

Su capital es Asunción (Nuestra Señora Santa María de la Asunción, fundada el 15 de agosto de 1537 por Juan de Zalazar y Espinoza) siendo esta ciudad, además, el puerto principal. El país se divide en 17 departamentos, además del distrito capital.

Otras ciudades importantes son: Encarnación (nudo ferroviario y centro agrícola); Concepción (puerto fluvial); Coronel Oviedo, Ciudad del Este, Caaguazú, Villarrica y Pedro Juan Caballero.

Es un país de escaso relieve, que se encuentra dividido por el río Paraguay en dos regiones naturales de morfología distinta: en el oeste el Gran Chaco o Paraguay Occidental, que ocupa las dos terceras partes del territorio, y en el este el Paraguay Oriental.

El Gran Chaco es parte de una llanura aluvial que se extiende desde el río Paraguay hasta Bolivia al oeste, Argentina al sur y Brasil al este. Esta zona está ocupada por llanuras cubiertas de pastizales, pantanos y matorrales. El Paraguay Oriental está formado principalmente por la porción sur de la meseta del Paraná, una elevación de 305 a 610 m de altitud, que forma una cuenca donde se originan numerosos afluentes de los ríos Paraguay y Paraná. Al oeste, la planicie cae de manera precipitada hacia una región de colinas fértiles, cubiertas de pastos, que concluye en el río Paraguay. En el este, la planicie desciende gradualmente hasta el río Paraná. La red hidrográfica del país pertenece a la Cuenca del Plata, y los ríos principales son el Paraná, el Paraguay y el Pilcomayo.

Es un país mediterráneo, es decir, carece de litoral marítimo. Su salida al mar se hace a través de otros países como Uruguay, Argentina, Brasil y Chile.

El clima es en general cálido con una temperatura anual media de 24 grados. El trópico de Capricornio atraviesa el país. Las lluvias son abundantes, sobre todo en la región Oriental, y caen con mayor frecuencia en el verano (Diciembre a Febrero).

La flora y fauna del país son básicamente similares a las de sus vecinos. El Paraguay Oriental, donde la precipitación es elevada, está cubierto por densos bosques con predominio de especies de hoja perenne, entremezclados con una amplia variedad de pastos tropicales, helechos, palmas y flores exóticas. En el Gran Chaco la vegetación es comparativamente escasa pero cuenta con el quebracho colorado, árbol de madera dura, que es una rica fuente de extracto para curtir pieles. Las llanuras están cubiertas por gruesos carrizos tropicales, pastizales y árboles poco desarrollados.

La fauna engloba especies como el armadillo, el capibara, (un roedor enorme), el tapir, el jaguar, el oso hormiguero, el jabalí, el ciervo, lagartos y varias especies de serpientes. Entre las aves locales se encuentran el Tucán, ibis, garza, papagayo, pato negro, paloma, perdiz, avestruz, avestruz suramericano y pericos; muchas de estas aves tienen plumajes muy hermosos y llamativos.

Su población es de aproximadamente 5.400.000 habitantes (de acuerdo al censo de 1995), de los cuales el 50,54% pertenece a la zona urbana y un 49,46% pertenece a la zona rural. El Paraguay es un país poco poblado, con una densidad de poco más de 13 habitantes por kilómetro cuadrado. La población es más densa en el oeste del Paraguay Oriental, y más dispersa en la zona del Gran Chaco (1).

Paraguay cuenta probablemente con la población más homogénea, étnicamente hablando, de Sudamérica. La mayoría es mestiza, descendiente de la mezcla de blancos (particularmente españoles) con indígenas guaraníes. Los grupos minoritarios están formados por algunos descendientes exclusivamente de españoles, que viven principalmente en Asunción, por los indígenas guaraníes aislados que habitan en los bosques del este, y por pequeñas colonias de inmigrantes de Japón, Italia, Portugal, Canadá y otros países (los menonitas, una secta religiosa de habla alemana, son un grupo importante de inmigrantes).

La República del Paraguay adopta como forma de gobierno la democracia representativa, participativa y pluralista, fundada en el reconocimiento de la dignidad humana (Artículo 1, Constitución Nacional). El Gobierno es ejercido por los Poderes Legislativo, Ejecutivo y Judicial. Se rige bajo la Constitución de 1992, que otorga amplios poderes al presidente de la República, quien sólo puede ejercer el cargo durante un único período.

Los idiomas oficiales son el Español y el Guaraní, siendo el único país bilingüe de América. En lo que respecta a la religión, a partir de la Constitución de 1992, se consagra la separación entre La Iglesia y el Estado, siguiendo una antigua tendencia mundial en materia de constitucionalismo, aunque se ha destinado un artículo a reconocer los aportes de la Iglesia Católica en la formación y en la cultura del país.

A.1.2 Desarrollo económico

La agricultura es sin lugar a dudas el principal factor de desarrollo y producción. Entre los productos principales están los siguientes: soja, trigo, caña de azúcar, algodón, maní, maíz, poroto, tabaco, mandioca, frutilla, papa, tomate, sandía, locote, banana, piña, naranja y yerba mate.

En las tablas A.1 y A.2 se presenta información macroeconómica correspondiente a Paraguay (3).

Tabla A.1: Importaciones/Exportaciones del Paraguay en el año 1997.

GRUPOS DE PRODUCTOS	IMPORTACIONES		EXPORTACIONES	
	miles de US\$	%	miles de US\$	%
Animales vivos / productos	38.513	1,45	60.631	5,48
Productos vegetales	32	0,00	580.144	52,46
Grasas animales / vegetales	5.432	0,20	60.191	5,44
Alimentos elaborados/ tabaco	530.953	20,01	121.678	11,00
Productos minerales	296.913	11,19	2.046	0,19
Productos industriales / químicos	249.705	9,41	15	0,00
Plásticos / caucho	98	0,00	3.904	0,35
Animales cueros / pieles	10.959	0,41	45	0,00
Madera / manufacturas de madera	1.654	0,06	80.344	7,27
Papel / materiales celulósicos	78.786	2,97	1.835	0,17
Textiles	71.244	2,69	92.901	8,40
Calzado / artículos misceláneos	37.088	1,40	597	0,05
Manufacturas piedra / vidrio	32.587	1,23	153	0,01
Materias preciosas / semipreciosas	2	0,00	65	0,01
Metales comunes	14.795	0,56	14	0,00
Maquinarias / equipos eléctricos	467.722	17,63	23	0,00
Vehículos / embarcaciones motor	427.967	16,13	1.349	0,12
Instrumentos de precisión	40.763	1,54	185	0,02
Armas / municiones	8.049	0,30	315	0,03
Mercancías / productos misceláneos	74.669	2,81	2.636	0,24
Arte / antigüedades	299	0,01
Total	2.653.223	100,00	1.105.844	100,00

Tabla A.2: Producto Bruto y Deuda externa.

Año 1999	
Población (millones)	5,4
PNB per cápita (US\$)	1.580
PNB (US\$ miles de millones)	8,5
Deuda externa (US\$ millones)	2.857

Las sabanas del Chaco y el departamento de Misiones son los sitios donde se encuentra radicada la explotación ganadera. Entre las principales se encuentran las razas Brahman, Nelore, Santa Gertrudis y Holando.

La industria paraguaya, en general poco desarrollada, se reduce fundamentalmente a la manufacturación de productos derivados de la agricultura y la ganadería. El subsuelo y los recursos minerales son poco explotados. Sin embargo, existen yacimientos de hierro, manganeso, cobre, carbón, mica y petróleo (Chaco). Entre sus principales fuentes de recursos, se encuentran las industrias: forestal, aceitera, yerbatera, de esencias, de la mandioca, tabacalera, azucarera, del tanino, textil, frigorífica, del cemento y cal, artesanal y el turismo.

La unidad monetaria es el Guaraní, siendo el Banco Central del Paraguay el ente emisor. Actualmente (Agosto-2001), la tasa de cambio es de 1 US\$ por 4.230/4.265 Guaraníes para la compra y venta respectivamente.

A.1.3 Generación de energía

La principal fuente de energía es la hidroeléctrica. El Paraguay cuenta con dos represas de administración binacional, el gran proyecto hidroeléctrico de Itaipú en el Alto Paraná, que se llevó a cabo en 1984, conjuntamente con Brasil. Además, explota con Argentina la central hidroeléctrica de Yacyretá y negocia con este país la

posibilidad de construir la represa de Corpus y aumentar así la potencia del sistema eléctrico paraguayo.

En la tabla A.3 se presentan los datos de las distintas represas hidroeléctricas que posee actualmente (4).

Tabla A.3: Represas hidroeléctricas

REPRESAS	GENERACIÓN (millones kW/h año)	PRECIO (x kW/h) (milésimas de dólar por kW/h)	OBSERVACIONES
Itaipú	70.000	Estimado entre 27 y 30.	La mitad de la energía es paraguaya. La tarifa fue fijada por unidad de potencia.
Yacyretá	Prevista en 20.000 a partir de finales de 1998	Establecido en 30	La mitad de la energía es paraguaya. La venta se realiza por unidad de energía.
Acaray	1.000		
Corpus (en proyecto)	-	-	-

El excedente de la energía eléctrica producida es vendida al Brasil. Es también importante destacar que el precio por kWh (32 milésimas de US\$/kWh para la industria) es relativamente bajo comparando con los precios de Argentina (42-45 milésimas de US\$/kWh + IVA) y Brasil (42 milésimas de US\$/kWh), siendo comparable con el precio de Suecia (30 milésimas de US\$/kWh) donde la energía es obtenida de represas hidroeléctricas con el agua proveniente de los deshielos o por energía nuclear.

A.1.4 Situación Forestal del Paraguay

Es un país moderadamente boscoso, cerca del 30% de su superficie se encuentra cubierto de bosques, ubicados en su mayoría en la Región Meridional (al este del río Paraguay). Se trata principalmente de selvas subtropicales húmedas que abarcan diversas especies de latifoliadas. Cuenta con un área reducida de plantaciones forestales. El sistema de áreas protegidas abarca alrededor de 1.500.000 ha (5).

Tabla A.4: Situación Forestal de Paraguay.

	SUPERFICIE DE LA TIERRA	CUBIERTA FORESTAL 2000	CAMBIOS DE LA CUBIERTA FORESTAL 1990-2000		DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA SEGÚN LA UTILIZACIÓN % (1991)		
	'000 ha	'000 ha	'000 ha/año	%/año	Bosque	Otras Tierras Boscosas	Otras tierras
Paraguay	39.730	23.372	-123	-0,51	58,8	8,5	32,4
América del Sur	1.753.520	885.618	-3.711	-0,41	50,5	3,9	43,0
Mundo	13.139.618	3.869.453	-9.319	-0,24	29,4	11,2	58,6

A.1.5 Producción, Comercio y Consumo de Productos Forestales

El Paraguay produce cantidades moderadas de madera aserrada y tableros de madera de distintos tipos, haciendo uso de los recursos forestales locales. Se hace un uso considerable de leña como combustible.

En la tabla A.5, se presentan los datos de producción, comercio y consumo de los distintos productos forestales, según los últimos datos obtenidos por la FAO, correspondientes al año 1998 (5).

A partir de dicha tabla concluimos que la demanda de papel se satisface principalmente mediante importaciones.

En lo que respecta al área de pulpas celulósicas, podemos observar que no presenta datos de producción, siendo por otra parte baja la importación de las mismas. En el caso de los papeles, vemos que el 100% de los periódicos estarían fabricados a partir de papel importado. Analizando las cantidades producidas de los otros tipos de papeles juntamente con la importación de pulpas, podemos concluir que es importante el uso de los papeles recuperados.

Tabla A.5: Comercio, producción y consumo de productos forestales.

	Unidades	IMPORTACIÓN		EXPORTACIÓN		PRODUCCIÓN	CONSUMO
		Cantidad	US\$ (x1000)	Cantidad	US\$ (x1000)	Cantidad	Cantidad
Madera Aserrada	Cum	900	248	414000	54468	550000	136900
Tableros de Madera	Cum	1400	537	57700	21463	161000	104700
Hojas de Chapa	Cum	0	0	20000	4350	60000	40000
Madera Terciada	Cum	200	168	37700	17113	100000	62500
Tableros de Partículas	Cum	900	307	0	0	1000	1900
Tableros de Fibra	Cum	300	62	0	0	0	300
Pulpa de Madera	Mt	500	272	0	0	0	500
Pulpa Semiquímica	Mt	0	0	0	0	0	0
Pulpa Química	Mt	500	272	0	0	0	500
Papel y Cartón	Mt	49100	35010	2000	907	13000	60100
Papel para Periódicos	Mt	20000	10954	0	0	0	20000
Papel, Impresión/Escritura	Mt	15100	12890	700	363	0	14400
Otros Papeles y Cartones	Mt	14000	11166	1300	544	13000	25700
Madera en Rollo	Cum	0	0	1700	252	8097000	8095300
Madera en Rollo Industriales	Cum	0	0	0	0	3877000	3877000
Trozas, Aserrada, Chapas	Cum	0	0	0	0	3413000	3413000
Otras Madera	Cum	0	0	0	0	464000	464000
Combustible de Leña	Cum	0	0	1700	252	4220000	4218300
Residuos de Madera	Cum	0	0	700	22	0	-700
Desperdicios de Papel	Mt	0	0	14000	1159	30000	16000

Entre los productos forestales no maderables más importantes figuran: taninos, semillas forestales, miera, tanto para el consumo interno como para las exportaciones.

El gráfico A.1 resume lo expuesto en la tabla. Pueden observarse claramente las diferencias entre las operaciones que se efectúan con los distintos productos forestales (5).

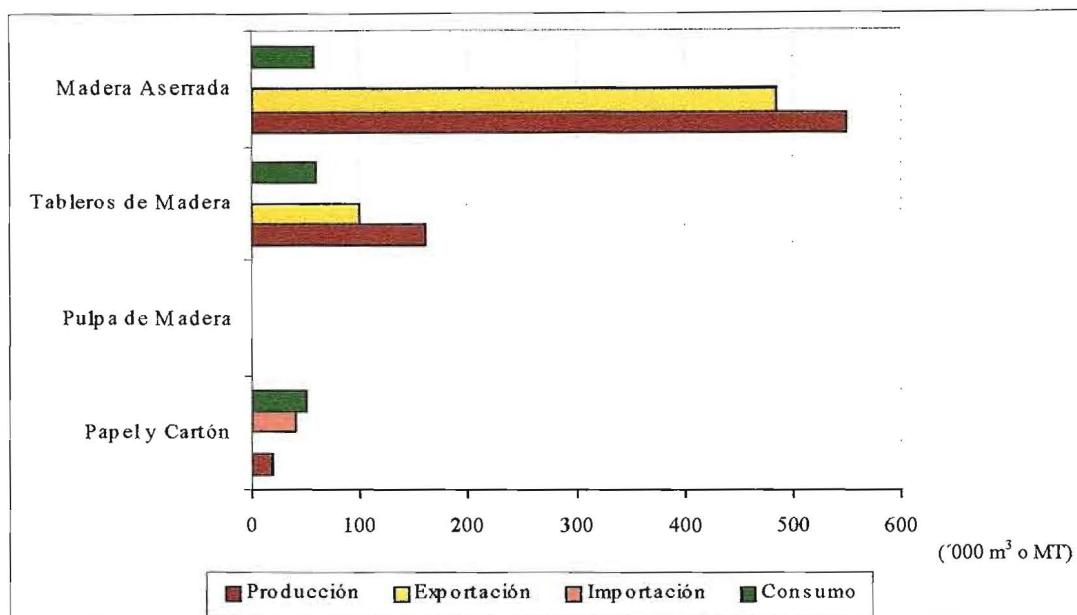


Gráfico A.1: Producción, comercio y consumo de productos forestales en 1998.

En lo que respecta al comercio de productos forestales, podemos observar en el gráfico A.2, que la mayor parte de las transacciones se relacionan con la venta de madera aserrada y tableros de madera (5).

En el caso de las importaciones, se observa en el gráfico A.3 que la compra de papeles y cartones abarca el 97,1% de las operaciones comerciales de productos forestales (5).

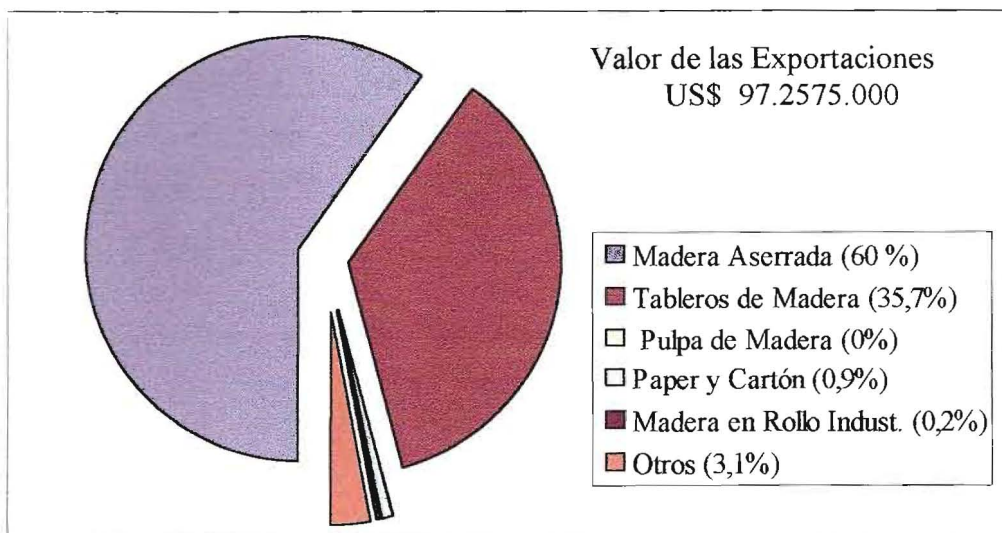


Gráfico A.2: Exportaciones de productos forestales para 1998.

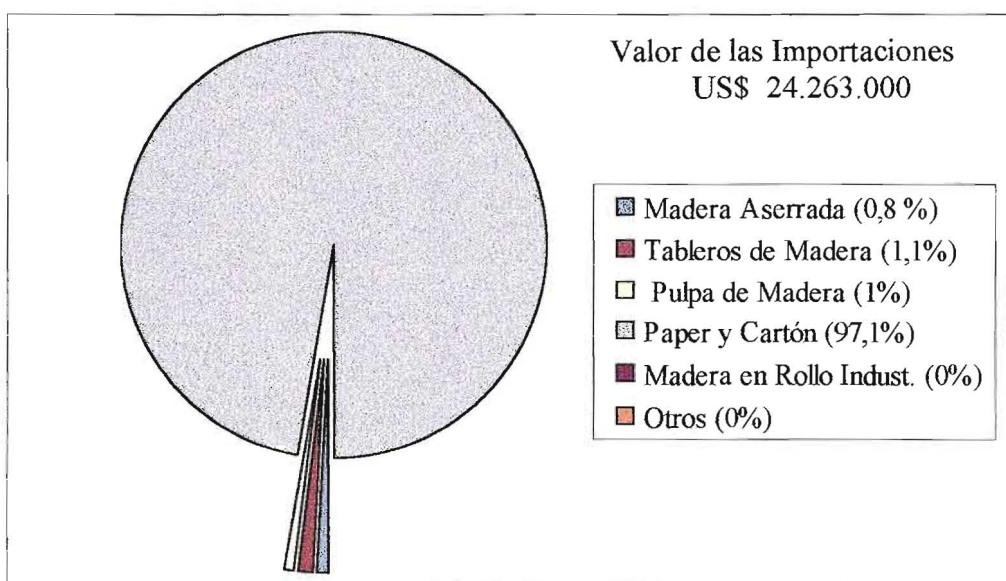


Gráfico A.3: Importaciones de productos forestales para 1998.

A.2 Bibliografía

- (1) De Internet: <http://www.canit.se/~carbar/>
- (2) De Internet: <http://www.dsic.upv.es/~einsfran/datospai.htm>
- (3) De Internet: <http://www.denperu.com/denexe/macropar.asp>
- (4) De Internet: <http://www.una.py/sitios/abc/paraguay.htm>
- (5) De Internet:
http://www.fao.org/forestry/fo/country/index.jsp?lang_id=3&geo_id=211

ANEXO B



DETERMINAÇÃO DE MACIEZ DE PAPEL

ABCP
P 29/72

1. Objetivo e campo de aplicação

1.1 Este método tem por objetivo determinar a maciez de papel através da medida de sua resistência à passagem do ar.

2. Aparelhagem

2.1 Aparelho de Gurley – conforme descrito no método ABCP P/25, utilizando-se placa de fixação inferior com quatro saliências de superfície igual a $5,04 \text{ mm}^2$ cada uma e placa de fixação superior que por meio de um peso de 154,2 g e um braço de alavanca apropriado, é prensada contra o corpo de prova exercendo sobre as saliências uma pressão de 21 kgf/cm^2 .

2.2 Cronômetro

3. Formação da amostra e corpos de prova

3.1 Formação da amostra

3.1.1 Formar a amostra de acordo com o método ABCP P 1/69.

3.1.2 Condicionar as amostras de acordo com o método ABCP P 4/70.

3.2 Corpos de prova

3.2.1 Corta no mínimo 10 corpos de prova medindo $5 \text{ cm} \times 13 \text{ cm}$.

4. Procedimento

4.1 Colocar o aparelho sobre uma superfície nivelada.

Nota 1 – O cilindro externo deve estar cheio de óleo até uma profundidade de aproximadamente 127 mm (520 ml), qual está indicada por uma marca em

sua superfície interna.

4.2 Suspender o cilindro interno até que o bordo superior seja suportado em posição elevada pela haste de sustentação.

4.3 Perfurar os corpos de prova na parte central com o puncionador da base do aparelho.

4.4 Colocar o corpo de prova entre as quatro saliências uniformemente distribuídas e baixar o cilindro interno suavemente até que flutue.

4.5 Quando o cilindro interno adquirir um movimento uniforme, medir o tempo em que duas marcas consecutivas passam pelo bordo do cilindro externo.

5. Resultados

5.1 Eliminar a leitura, anormalmente, alta ou baixa que não se repete duas vezes.

5.2 Calcular a média dos resultados. Se a média entre o valor máximo e o valor mínimo diferir de mais de 10% da média de todas as leituras ensaiar mais corpos de prova, até que haja concordância dentro desses limites.

5.3 Expressar a maciez do papel pelo tempo médio em segundos requeridos para 50 ml de ar passar sobre as superfícies dos corpos de prova.

NOTA 1 – Para papéis duros é mais adequado usar o peso de $970,2 \text{ g}$ que exerce uma pressão de $91,4 \text{ kgf/cm}^2$ sobre os quatro bastões.

NOTA 2 – Os resultados indicar sempre com que peso se efetuou os ensaios.