



Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Diseño  
Diseño Industrial

# Estudio del desempeño del moldeado de pulpa de papel para la aplicación como material sustituto de polímeros de origen fósil

Informe para optar al Título de Diseñadora Industrial

**Clara Jové**

Profesor Guía: Rodrigo Díaz  
Santiago, Chile  
Diciembre, 2013



Por y para mi familia y amigos.

***“Elige un trabajo que te guste  
y no tendrás que trabajar ni un día de tu vida”***

Kung Fu-Tse, Confucio

## RESUMEN

El presente informe se enmarca dentro de un proyecto de carácter experimental, donde, a través del estudio del desempeño de tipologías de pulpas de papel recuperado en el proceso de moldeado, con el que se logran morfologías volumétricas celulósicas rígidas y ligeras, se pretende estandarizar sus propiedades y validar a este material como sustituto del plástico de origen fósil en posibles aplicaciones.

Mediante este estudio se pretende, por una parte, documentar el proceso de moldeado de la pulpa de papel, generando una base de conocimientos que sirvan para otros estudios y proyectos relacionados al mismo proceso y material, de manera de enriquecer la escasa bibliografía y documentación existente.

Por otro lado, se analizan distintas tipologías de pulpas de papel de recorte – simples y compuestas-, elaboradas en la proporción de 100 gramos de fibra por 2 litros de agua, las cuales se someten a ensayos de presentación- teñido y texturizado- y ensayos físicos y mecánicos – de tracción, abrasión y absorción- para la estandarización de los materiales como para la evaluación comparativa de su desempeño.

Finalmente, para validar las propiedades de las pulpas estudiadas se analizan distintos rubros de aplicación en donde podría ser aplicado el material como sustituto de polímeros de origen fósil. Se opta rediseñar un colgador anatómico femenino de pupa de papel, que sustituye el uso del plástico y que demuestra las distintas propiedades determinadas a lo largo de la investigación.

## INDICE

INDICE DE FIGURAS .....	3
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
CONTEXTO .....	6
OBJETIVO GENERAL .....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
METODOLOGÍA .....	9
<b>Capítulo 1</b> .....	10
<b>FUNDAMENTACIÓN</b> .....	10
1.1 La celulosa como materia prima .....	11
1.1.1 Origen de la celulosa .....	11
1.1.2 Principal fuente de extracción de celulosa .....	11
1.1.3 Características intrínsecas de las fibras de celulosa .....	12
1.1.4 Procesos para la obtención de tipos de celulosa virgen .....	13
1.1.4.1 Celulosa Termomecánica.....	13
1.1.4.2 Celulosa Química (Kraft) .....	13
1.2 Economía nacional de la celulosa y derivados.....	17
1.2.1 Oportunidad en el rubro de la celulosa .....	18
1.2.1.1 El reciclaje como valor agregado .....	18
1.2.2 Síntesis de fundamentación .....	20
<b>Capítulo 2</b> .....	21
<b>ANTECEDENTES</b> .....	21
2.1 Estudio del moldeado de pulpa de papel .....	22
2.1.2 Proceso industrial de moldeado de pulpa de papel.....	22
2.2.1.1 Recuperación de papel.....	23
2.2.1.2 Selección de papeles pulpables según clasificación de recortes .....	23
2.2.1.3 Porcentaje de agua .....	25
2.2.1.4 Adición de Sustancias.....	25
2.2.1.5 Diseño de matricería .....	26
2.2.1.6 Secado controlado .....	28
2.2.1.7 Apilamiento .....	28
2.2.1.8 Recuperación de agua .....	28
2.1.1 Productos de corta durabilidad .....	29
2.1.2 Productos de larga durabilidad .....	29

<b>Capítulo 3</b> .....	30
<b>EXPERIMENTACIÓN</b> .....	30
3.1 Selección de criterios.....	31
3.1.1 Criterios a evaluar.....	31
3.1.2 Variables de pulpas.....	31
3.1.2 Constantes.....	32
3.2 Evaluación de métodos de moldeado de pulpa.....	33
3.2.1 Discusión de resultados.....	34
3.3 Propiedades de presentación según tipología de pulpa.....	40
3.3.1 Discusión de resultados.....	41
3.4 Propiedades mecánicas según tipología de pulpa.....	42
3.4.1 Método de moldeado para probetas de ensayos mecánicos.....	43
3.4.2 Constantes.....	43
3.4.4.1 Resistencia a la tracción.....	45
3.4.4.2.....	46
3.4.4.3.....	47
3.4.4.4 Resistencia a la abrasión.....	49
<b>Capítulo 4</b> .....	52
<b>APLICACIÓN</b> .....	52
4.1 Selección de criterios para la elección de aplicación.....	53
4.2 Categorización de posibles aplicaciones.....	53
4.3 Selección de producto.....	56
4.3.1 Estado del arte de colgadores para la selección de colgador tipo a desarrollar.....	57
4.4 Desarrollo morfológico de colgador seleccionado.....	58
4.4.1 Discusión de resultados.....	62
4.5 Propuesta de diseño.....	62
4.5.1 Matricería.....	63
4.6 Conclusiones.....	64
4.6.2 Proyecciones.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Visualización microscópica de fibras en una hoja de papel. Elaboración propia .....	11
Figura 2: Esquema de procesos para la obtención de celulosa y derivados. Elaboración propia .....	14
Figura 3: Propiedades mecánicas y de presentación de los productos de celulosa.....	15
Figura 4: Máquinas para realizar ensayos de muestras de materiales. Elaboración propia. ....	16
Figura 5: Esquema económico actual del rubro. Elaboración propia .....	17
Figura 6: Empresas Nacionales que fabrican papel de embalaje, cartón corrugado y multicapas con fibras recicladas. Elaboración propia.....	18
Figura 7: Reciclaje de papeles blancos para la elaboración de papel tissue y empresas asociadas. Elaboración propia.....	19
Figura 8: Productos nacionales elaborados con fibras recicladas a través del proceso de moldeado de pulpa de papel. Elaboración propia.....	19
Figura 9: Proceso de fábrica CHIMOLSA.S.A de moldeado de pulpa de papel. Elaboración propia .....	22
Figura 10: Ciclo de vida del papel al ser recuperado. Elaboración Propia .....	23
Figura 11: Consistencia de pulpa según morfología. Elaboración propia .....	25
Figura 12: Esquema de biopolímeros como refuerzos para materiales compuestos. Elaboración propia. ....	25
Figura 13: Tipos de moldes. Elaboración propia .....	26
Figura 14: Métodos de drenaje en moldeado de pulpa de papel. Elaboración propia.....	26
Figura 15: Explicación del resultado de distintas terminaciones superficiales en los productos de moldeado de pulpa. Elaboración propia.....	27
Figura 16: Métodos de desmolde industrial. Imágenes de <a href="http://www.youtube.com/watch?v=CA9xBSb9NZI">http://www.youtube.com/watch?v=CA9xBSb9NZI</a> .Retocadas por autor. .....	27
Figura 17: Criterios de secado para obtener un producto de pulpa de papel con las propiedades deseadas. Elaboración propia. .....	28
Figura 18: Máquina túnel de termocontracción para apilar y compactar envases de pulpa de papel. Imágenes de <a href="http://www.youtube.com/watch?v=CA9xBSb9NZI">http://www.youtube.com/watch?v=CA9xBSb9NZI</a> Retocadas por autor. ....	28
Figura 19: Cantidad de agua recuperada y reutilizada en el proceso de moldeado de pulpa industrial. Elaboración propia .....	28
Figura 20: Esquema de criterios a evaluar en los siguientes ítems. Elaboración propia.....	31
Figura 21: Variables de pulpas a analizar. Elaboración propia .....	32
Figura 22: Constantes determinadas para realizar ensayos del proceso de moldeado de pulpa. Elaboración propia .....	32
Figura 23: Cuadro de procesos de moldeado de pulpa experimentados. Elaboración propia .....	33
Figura 24: Gráfico de dificultades en el proceso de moldeado y determinación de soluciones. Elaboración propia.....	34
Figura 25: Características del proceso en moldes revestidos con malla alámbrica. Elaboración propia. ....	35
Figura 26: Características de moldes plásticos. Elaboración propia. ....	35
Figura 27: Método y resultados de secado de probetas desmoldadas en húmedo. Elaboración propia. ....	36
Figura 28: Método y resultados de secado de probetas desmoldadas en seco. Elaboración propia. ....	36
Figura 29: Diferencia de terminaciones en moldes secados en microondas y moldes secados a t° ambiente. Elaboración propia. .....	37

Figura 30: Diferencia entre probeta seca y probeta desmoldada antes de estar completamente seca. Elaboración propia. ....	37
Figura 31: Método de teñido sin cocción. Elaboración propia.....	38
Figura 32: Método de teñido cocinando las fibras. Elaboración propia. ....	38
Figura 33: Resultados de probetas teñidas. Se aprecia el color por una sola cara de la probeta. Elaboración propia. ....	39
Figura 34: Estratificación de partículas según su peso. Elaboración propia. ....	39
Figura 35: Tabla comparativa entre los acabados superficiales logrados por cada variable de pulpa. Elaboración propia. ....	40
Figura 36: Gama de colores naturales adquiridos por la tipología de pulpas de papel. Elaboración propia.....	41
Figura 37: Comparación de capacidad de texturizado y terminación de altos y bajos relieves de la tipología de pulpas de papel moldeadas. Elaboración propia. ....	41
Figura 38: Proceso estandarizado para elaboración de probetas para ensayos mecánicos.....	43
Figura 39: Constantes establecidas para la elaboración de probetas de pulpa de papel para ensayos mecánicos. Elaboración propia.....	43
Figura 40: Consistencia de pulpas según tipo de fibra. Elaboración propia.....	44
Figura 41: Estado del agua recuperada. Elaboración propia. ....	44
Figura 42: Ilustración de interpretación de resultados de ensayo de tracción de probetas de pulpas de papel. Elaboración propia. ....	45
Figura 43: Gráfico comparativo Densidad- Esfuerzo de materiales. Elaboración propia. ....	46
Figura 44: Ilustración interpretativa de resultados de ensayo de absorción de humedad de pulpas de papel. Elaboración propia. ....	47
Figura 45: Ilustración interpretativa de resultados de ensayo de abrasión de pulpas de papel. Elaboración propia.....	49
Figura 46: Tabla de doble entrada. Criterios de selección y Rubros. Elaboración propia.....	56
Figura 47: Tipologías de colgadores. Elaboración propia. ....	57
Figura 48: Colgador seleccionado. ....	58
Figura 49: Modelado de matricería proyectada en material conglomerado de fibras de madera para su posterior termoformado. Elaboración propia.....	63
Figura 50: Comparación entre ciclo de vida de colgador plástico y colgador de moldeado de pulpa de papel. ....	65

# INTRODUCCIÓN

---



## CONTEXTO

El mundo avanza hacia una economía sostenible, que desde la perspectiva de la prosperidad humana y según el Informe de Brundtland<sup>1</sup> (1987), consiste en *satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades*. Frente a ello, la preocupación por reducir la extracción de materias primas, los costos energéticos y la contaminación, manteniendo los niveles de producción y los estándares de calidad de los productos, son parte de la realidad que enfrenta el área industrial y el mercado competitivo.

Bajo esta premisa se estima que más del 80% de la carga ambiental de un producto o servicio se define en el momento de diseñarlo. Ante ello visualizar los productos bajo un enfoque de **sistema-producto** (Ecodiseño, 2009, pág 64), consta del análisis y evaluación de la **cadena completa** de la que forman parte, desde la extracción de la materia prima, su traslado, producción, embalaje, distribución, venta, uso, descarte, desecho y ó reciclaje. Este método de análisis abre la posibilidad de reevaluar cualquier sistema de los bienes materiales actuales pudiendo lograr mejoras mediante estrategias y soluciones desde la disciplina del diseño sostenible.

Siguiendo esta línea de análisis uno de los problemas que trasfiere el consumo de **bienes desechables** a nivel nacional es el incremento sostenido de basura, la cual se estima que la Región Metropolitana triplicará la generación de residuos sólidos domiciliarios hacia el año 2020 (CONAMA, 2006).

En esta materia Chile lidera la producción de basura en Latinoamérica. Al año, se producen 16,9 millones de toneladas de residuos divididas en 6,5 millones de toneladas domiciliarias y 10,4 millones de carácter industrial. Una de las causas de crecimiento sostenido de desechos es producto de los contratos legales de disposición final, que muchas veces desincentivan las iniciativas de reciclaje debido a que los costos por tonelada son menores mientras más aumente la cantidad dispuesta (Residuos, 2010, pág 147).

Pese a ello actualmente el índice de reciclaje a nivel nacional es del 10%, donde algunos municipios lo han formalizado a través de contratos para la recolección diferenciada. Asimismo, existe un mercado informal de recicladores e intermediarios y también un mercado formal en las principales ciudades del país con empresas recuperadoras de papel, cartón, chatarra, plástico y hojalatas. Bajo esta dinámica los residuos municipales son **valorizados** y contribuyen a la reducción de desechos que se envían a sitios de disposición final (CONAMA, 2010), transformándose nuevamente en materia prima para la elaboración de nuevos **sistemas de productos** con beneficios sociales –empleo-, ambientales –reducción en la extracción de materias primas -, y económicos – ahorro en costos de producción-.

Relacionado a lo anterior, los plásticos (11%) y papeles - incluidos cartones - (10%) - luego de la materia orgánica (48%) - son los desechos que más llegan a los vertederos, pudiendo en contraparte ser recolectados para nuevas aplicaciones.

De lo que concierne al reciclaje de plásticos a nivel nacional solo se recicla un 15% de los 821.000 toneladas

---

<sup>1</sup> Informe “Nuestro Futuro Común” Comisión Brundtland, 1987. informe que enfrenta y contrasta la postura de desarrollo económico actual junto con el de sostenibilidad ambiental.

de consumo aparente<sup>2</sup> anual (ASIPLA, 2012). A su vez el plástico reciclado en su mayoría es de carácter postindustrial es decir residuos que quedan al fabricar productos plásticos, siendo sólo una pequeña fracción el reciclaje de plásticos de posconsumo. El único plástico domiciliario que hoy es costo-efectivo reciclar a nivel país es el PET<sup>3</sup> para la producción de nuevas botellas o cajas para frutas.

En materia de reciclaje en función al papel y cartón el escenario es muy distinto, ya que se estima una recuperación nacional del 50% de las 830.000 toneladas de consumo aparente anual (INFOR, 2009) con la cual se producen 200 mil toneladas de nuevos productos de celulosa<sup>4</sup> 100% reciclada o combinada con celulosa virgen que aportan a **sistemas de productos cíclicos** en este rubro.

Si se analiza el impacto de ambos bienes residuales existe una sustancial diferencia en lo que respecta a la degradación de cada cual. Los papeles y cartones pueden demorar 1 a 2 años en degradarse por completo bajo condiciones abióticas óptimas y a su vez provienen de recursos renovables como lo es la industria forestal. Los plásticos, en cambio, demoran alrededor de 1000 años en degradarse por completo y en su mayoría se originan de un recurso no renovable, el petróleo.

Con respecto las propiedades de cada cual, tanto plásticos como papeles y cartones pueden optar morfologías con características mecánicas muy variadas según la

aplicación deseada; muchas veces incomparables pero en otros casos competitivos a nivel de mercado. Relacionado a ello existe una fuerte tendencia hacia el remplazo y búsqueda de materiales no degradables por otros degradables en corto plazo que concedan propiedades mecánicas y morfológicas similares. Tal es el caso de las bolsas plásticas por bolsas de papel kraft o ciertos envases de plástico PS<sup>5</sup> desechables que han sido sustituidos por envases de moldeado de pulpa de papel<sup>6</sup> - como las cajas de huevo, artículos para comida rápida o los embalajes de acondicionamiento de productos-.

Frente a esta premisa el moldeado de pulpa de papel es uno de los rubros menos documentados en la industria de la celulosa y derivados (Ciadicyp, 2000), siendo éste el único proceso que otorga propiedades rígidas y volumétricas orgánicas a partir de la utilización de papeles de recorte<sup>7</sup> como materia prima, contribuyendo al ahorro energético, ahorro hídrico y disminución de tala de árboles en el rubro de la celulosa. En el área de diseño este proceso ha sido implementado para mobiliario exclusivo, productos clínicos desechables, packaging<sup>8</sup> y aplicaciones de retail<sup>9</sup> que compite como material sustituto a soluciones realizadas con plástico.

---

<sup>5</sup> PS es la abreviación de poliestireno. Es un polímero termoplástico. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo usado para envases desechables; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

<sup>6</sup> Celulosa moldeada o Moldeado de pulpa de papel es un proceso de fabricación de productos tridimensionales a partir de materiales fibrosos papeleros.

<sup>7</sup> Se denomina recorte a los papeles recuperados antes de ser desechados a vertederos.

<sup>8</sup> La ciencia, el arte y la tecnología de inclusión o protección de productos para la distribución, el almacenaje, la venta, y el empleo.

<sup>9</sup> Sector económico que engloba a las empresas especializadas en la comercialización masiva de productos o servicios uniformes a grandes cantidades de clientes.

---

<sup>2</sup> El consumo en Chile, se mide a través del denominado consumo aparente, el cual, se define como la Producción Local, más las Importaciones de papel, menos las Exportaciones de papel.

<sup>3</sup> Pet es la abreviación para politereftalato de etileno. Tipo de polímero muy usado en envases de bebidas y textiles.

<sup>4</sup> La celulosa es la materia prima de todo producto de papel. Es una fibra que se extrae de las paredes celulares de la madera de los árboles y otras plantas.

De esta forma, el siguiente estudio responde a un proyecto de carácter experimental donde se realiza un estudio del desempeño de distintos tipos de papeles de recorte en el proceso de moldeado de pulpa, de manera de determinar las propiedades mecánicas y de presentación visual de cada cual para posibles aplicaciones, proponiendo finalmente sustituir un producto de materialidad polimérica por la pulpa moldeada de papel, validando así su aplicación y modificación de un sistema-producto.

---

## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer las propiedades mecánicas y de presentación que otorgan distintas tipologías de papeles de recorte en el proceso de moldeado de pulpa, mediante la experimentación para la aplicación del material como sustituto en algún producto elaborado con plástico de origen fósil.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las características de los papeles según su origen, procesos, propiedades, normas y aplicaciones.
- Evaluar las propiedades mecánicas y de presentación visual de distintas pulpas de papel en el proceso de moldeado de pulpa.
- Aplicar el material en un producto a modo de validar las propiedades analizadas y su desempeño como sustituto de polímeros de origen fósil.

## **METODOLOGÍA**

### **ETAPA EXPLORATORIA**

El proceso para la obtención de fibras de celulosa, influye en el desempeño de papel elaborado. Ante ello, se realiza un levantamiento bibliográfico del origen, la producción, la comercialización, el consumo y la recuperación en el rubro de la celulosa para identificar la factibilidad del reciclaje del mismo.

### **ETAPA EMPÍRICA**

El moldeado de pulpa de papel es un proceso con escasa documentación y bibliografía referencial que informe sobre los estándares y normativas de las posibles recetas de moldeado, como del desempeño mecánico de distintas pulpas elaboradas con papel de recorte. Ante ello se realizan experimentaciones del moldeado de pulpa de papel a través de distintas técnicas para evaluar sus resultados y posteriormente realizar ensayos mecánicos de las tipologías de pulpas de papel determinadas, de manera de documentar su desempeño como material celulósico.

### **ETAPA DE VALIDACIÓN**

Determinadas las características de los distintos tipos de pulpas de papeles, se analizan diferentes rubros de posible aplicación del material, a modo de validar su uso en remplazo al material polimérico de origen fósil, mostrando posteriormente el proceso de variaciones morfológicas realizadas al producto seleccionado, adaptándolo al material celulósico y ampliando su funcionalidad de manera de hacerlo competitivo con el producto sustituido.

Capítulo 1

# FUNDAMENTACIÓN

---

**ETAPA EXPLORATORIA**

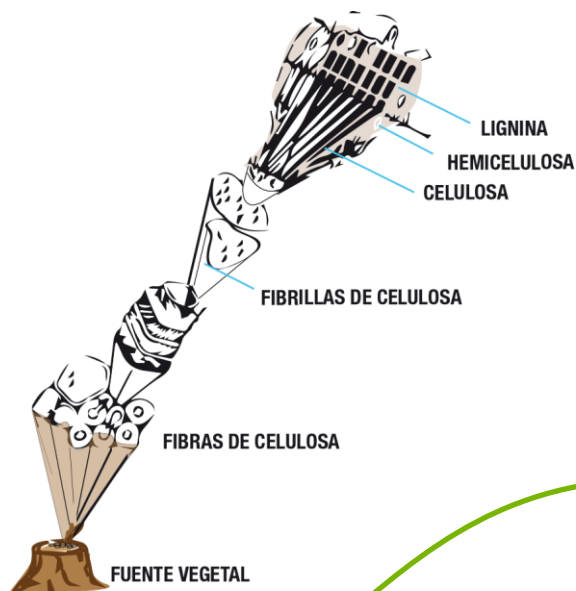
## 1.1 La celulosa como materia prima

### 1.1.1 Origen de la celulosa

La celulosa es la materia prima de todo producto de papel. Proviene de un recurso renovable. Es uno de los componentes que constituye las paredes celulares de los árboles y plantas. Al ser observada en el microscopio es una **fibra vegetal** similar a un cabello humano, cuya cantidad, longitud y espesor varía según el tipo de árbol o planta.

#### Importancia biológica de la celulosa

- Componente mayoritario de la madera. Abarca aproximadamente el 50 % en masa seca del fuste de los árboles.
- Realiza la función mecánica de sostén.
- Responsable de muchas de las **propiedades físicas** de la madera tales como densidad, hinchamiento y contracción.



### 1.1.2 Principal fuente de extracción de celulosa

Actualmente **los árboles** constituyen la principal fuente de fibras naturales para más del 90% de la producción de celulosa a nivel mundial; el restante 10% es aportado por otras plantas, tales como el algodón, la paja, el lino, el cáñamo y otros.

La ventaja de la celulosa proveniente de árboles apunta básicamente al gran volumen de fibras que se pueden extraer de la madera, pudiendo subdividir el recurso fibroso en trozos aserrables para la confección de tablas y tableros, y trozos desfibrables y pulpables para la obtención de celulosa virgen y fabricación de productos de papel. Ambas áreas de producción pertenecen al rubro forestal.

El papel básicamente es un **conglomerado irregular de fibras de celulosa**. Para su fabricación se mezclan las fibras molidas con agua hasta formar una **pulpa** acuosa que se coloca sobre una tela o molde que escurre el agua y aglomera las fibras concediendo el formato de papel deseado una vez seca la pulpa.

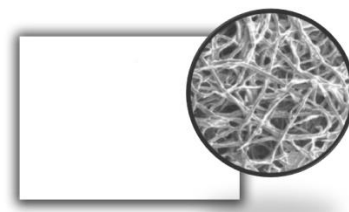


Figura 1: Visualización microscópica de fibras en una hoja de papel.  
Elaboración propia

El recurso hídrico entonces es fundamental en el proceso de elaboración de papel, calculándose una utilización de 2 litros por cada gramo de fibra, que ejemplificado resultan 10 litros en cada hoja A4 de un gramaje de 80 g/m<sup>2</sup>.

### 1.1.3 Características intrínsecas de las fibras de celulosa

Cualquier producto elaborado con fibras de celulosa que no haya sido mezclado o reforzado con otros componentes que alteren sus propiedades naturales posee las siguientes características:



**Material renovable:** Si el recurso vegetal de donde proviene la celulosa extraída es reincorporado al medio de forma sostenible, se puede restaurar por procesos naturales a una velocidad superior a la del consumo por los seres humanos.



**Degradable:** Se puede descomponer tanto por acción de factores biológicos como medioambientales (tales como la lluvia, el sol, el viento, etc.) a modo de no resultar contaminante;



**Higroscópico:** La celulosa tiene la capacidad de absorber humedad del medio circundante pudiendo estudiar sus causas y variaciones (en particular de la humedad atmosférica).



**Reciclable:** Al convertirse en residuo las fibras de celulosa pueden ser recuperadas y tratadas unas 6 veces más para convertirlo en un material nuevamente utilizable. En cada proceso la celulosa se desfibra más lo que genera un debilitamiento progresivo del material.



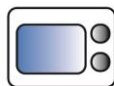
**Ligero:** Los productos de celulosa tiene la particularidad de ser livianos en comparación a productos del mismo rubro como las maderas, u otros materiales poliméricos.



**Versatilidad de formas y dimensiones:** La celulosa puede optar morfologías muy diversas con gramajes muy variados, desde hojas de papel de 7 gr/m<sup>2</sup> con capacidad de plegado hasta productos con gramajes superiores a 450 gr/m<sup>2</sup> muy rígidos.



**Facilidad de impresión:** Al ser higroscópico el material también presenta buenas condiciones para absorber controladamente tintas de impresión.



**Tolerancia al microondas:** Las fibras de celulosa pueden resistir a un campo electromagnético de alta potencia.

### 1.1.4 Procesos para la obtención de tipos de celulosa virgen

Si bien muchas de las propiedades que caracterizan a cada producto elaborado con celulosa se completa en su respectivo proceso productivo, **el tipo de fibra virgen utilizada entrega una aproximación del comportamiento del producto según resistencia mecánica y presentación visual.**

Ante ello se distingue en primer lugar las dos especies de coníferas más explotadas para la extracción de celulosa: el pino radiata y el eucalipto. Proviene de bosques plantados por empresas forestales que a nivel nacional corresponden a un 14,46% del total de bosques hacia proyecciones crecientes (CORMA 2012, pág. 7). En segundo lugar se distinguen dos tratamientos para la obtención de las fibras de celulosa: *Termo mecánico o Químico*, que se describen a continuación:

#### 1.1.4.1 Celulosa Termomecánica

En este proceso las astillas de madera que se utilizan son de **fibras largas** - como las de pino radiata - que ingresan a un refinador donde se calientan mediante vapor de agua a alta presión

De este proceso se **obtiene celulosa TMP<sup>10</sup> (sin blanquear) y BTMP<sup>11</sup> (blanqueada) y se ocupa casi el 98% del volumen total de madera ingresada produciendo una pasta de alta opacidad producto de la presencia de lignina** – que no logra eliminarse por completo - la cual es el componente responsable del envejecimiento acelerado de los papeles (tendencia a ponerse amarillento), ya que reacciona a la luz produciendo este efecto.

Otra característica es que esta celulosa es de **alta resistencia pero su calidad de presentación (propiedades visuales y táctiles) es menor** por lo que se usa para la **elaboración de periódicos o guías telefónicas o para la fabricación de papeles rígidos como papel de envolver, cartulinas y cartones, que no necesitan una terminación visual de alta calidad.**

<sup>10</sup> Celulosa mecánica sin blanquear

<sup>11</sup> Celulosa mecánica blanqueada

#### 1.1.4.2 Celulosa Química (Kraft<sup>12</sup>)

En este proceso se pueden emplear tanto **astillas de maderas de fibra larga – pino - y de fibra corta – eucalipto-**, las cuales se introducen en un amplio recipiente de cocción llamado digestor a alta presión y temperatura en donde se añaden productos químicos (una disolución a base de soda caustica y sulfuro de sodio llamada licor blanco), para disolver la lignina y liberar las fibras. De este proceso **se obtiene celulosa UKP<sup>13</sup> (sin blanquear), BSKP<sup>14</sup> y BEKP<sup>15</sup> (blanqueadas).**

Bajo este método en donde se logra eliminar la lignina y todos los componentes naturales de las fibras de celulosa **el rendimiento del volumen de madera ingresada disminuye a un 50%.** Pese a ello la celulosa química hace **más fácil su posterior blanqueado, y es menos propensa a perder sus cualidades en el tiempo, pudiéndose utilizar tanto para papeles que requieren alta resistencia como para realizar papeles texturizados, con acabados superficiales de alta calidad.**

<sup>12</sup> El proceso Kraft para la elaboración de pulpas de celulosa deriva del alemán y sueco *Kraft*, que significa "fuerza" siendo éste una celulosa con características de alta resistencia.

<sup>13</sup> Celulosa Kraft sin blanquear

<sup>14</sup> Celulosa Kraft Blanca de fibra larga

<sup>15</sup> Celulosa Kraft Blanca de fibra corta



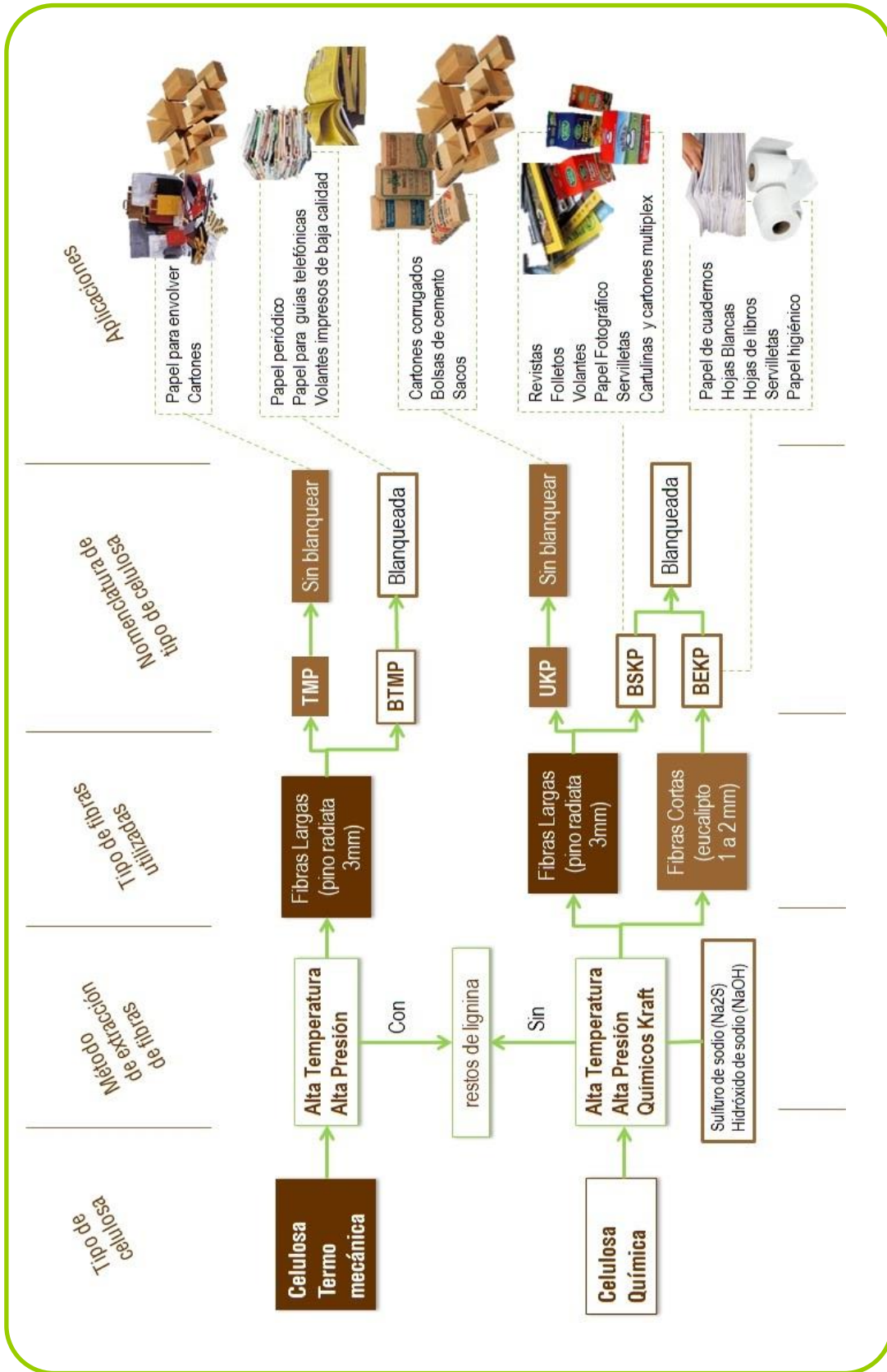


Figura 2: Esquema de procesos para la obtención de celulosa y derivados. Elaboración propia

### 1.1.5 Clasificación de propiedades consideradas en productos de celulosa

Los productos de celulosa se clasifican según sus **propiedades mecánicas** y por sus **propiedades de presentación**. Para otorgarle dichas propiedades la celulosa es sometida a procesos distintos de fabricación que le otorgan las características necesarias según su aplicación final. En dichos procesos se pueden añadir productos químicos que mejoren las propiedades deseadas. Para manipular conceptos del rubro a continuación se describen ciertas propiedades que diferencian a productos elaborados con fibras de celulosa. pueden ser útiles para la interpretación del desempeño del material según su proceso de elaboración y su evaluación de futuros productos de pulpa de celulosa.




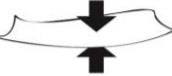





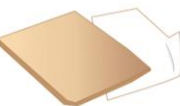




PROPIEDADES MECÁNICAS	DESCRIPCIÓN	PROPIEDADES DE PRESENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Estabilidad dimensional</b> 	Capacidad del material de mantener sus dimensiones originales al variar las condiciones ambientales.	<b>Gramaje</b> 	Es la relación existente entre el peso del papel y una cantidad de área determinada. Es decir, gr/m <sup>2</sup> y será una proporción constante por lo tanto depende de la cantidad de muestra (pulpa) empleada.  Papeles: 7 a 150 gr/m <sup>2</sup> Cartulinas: 150 a 250 gr/m <sup>2</sup> Cartones: 250 gr/m <sup>2</sup> en adelante
<b>Resistencia dinámica</b> 	Resistencia del material a causas que provoquen cambios de estado mecánico y/o ambiental (físicos).	<b>Calibre</b> 	Medida de distancia entre dos superficies.
<b>Resistencia a la Rotura por tracción</b> 	Resistencia a dos fuerzas ejercidas en diferentes direcciones pero en un mismo plano, antes de la ruptura. En el papel ocurre que es más fuerte y más rígido en la dirección paralela a la máquina que lo formó.	<b>Color</b> 	Apariencia determinada por el color de la pulpa, por algún aditivo añadido a la mezcla durante su proceso de elaboración, ó por algún acabado realizado a la superficie durante los procesos finales.
<b>Resistencia al Rasgado (flexión)</b> 	Resistencia para tolerar dos fuerzas ejercidas en diferentes direcciones y distintos planos, antes de la ruptura.	<b>Textura</b> 	Calidad de la superficie que se puede medir a través del tacto o a la vista:  Liso, rugoso, suave, áspero, poroso, peludo, brillante, opaco, rayado, punteado, etc.
<b>Resistencia a la torsión</b> 	Capacidad de tolerar el esfuerzo realizado por la flexión de las fibras en numerosos ángulos	<b>Rigidez</b> 	Resistencia del material a ser doblada. Elasticidad de las fibras.
<b>Capacidad de absorción</b> 	Capacidad para absorber y retener líquidos		
<b>Permeabilidad</b> 	Capacidad que tiene el material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.		
<b>Resistencia a la rotura por impacto</b> 	Capacidad de absorber golpes (cargas de choque) y energía sin romperse.		
<b>Resistencia a la abrasión</b> 	Resistencia al rozamiento y al desgaste que provocado por la erosión al material		

Figura 3:: Propiedades mecánicas y de presentación de los productos de celulosa

### 1.1.6 Normas para la estandarización de materiales

Para regular los procesos de fabricación y evaluar comparativamente las propiedades de los materiales fabricados existen normas – internacionales o nacionales – que estandarizan los procedimientos de la producción y entregan valores referenciales de máximos y mínimos de tolerancia del material sometido a distintas pruebas de ensayos.

De lo que respecta a las normas de los productos de pulpa de celulosa las más reconocidas a nivel internacional son las normas TAPPI<sup>16</sup> o las normas ISO<sup>17</sup>. Ambas estandarizan condiciones del proceso productivo realizado en plantas de fabricación como también propiedades físicas y mecánicas del material. Existen además las normas de envasado, o alimentarias específicas referentes al rubro de aplicación del material (como las FDA<sup>18</sup>, o ISO 22000<sup>19</sup>). Estas últimas muchas veces varían según el país, por lo tanto cuando un producto es exportado debe cumplir tanto las normas de origen como las del país de entrada.

Ante ello la determinación de ensayos muchas veces está relacionada con la aplicación que tendrá el material. Teniendo claro cuál será el ciclo de vida al que se someterá el material (impresión, exhibición, transporte, apilamiento, cambios de temperatura, humedad, etc) se determinan los ensayos correspondientes para diagnosticar su desempeño. A continuación se grafican algunas máquinas e instrumentos que permiten realizar distintos tipos de ensayos y sus respectivas normas que estandarizan el rubro analizado.


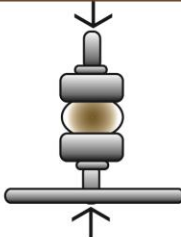
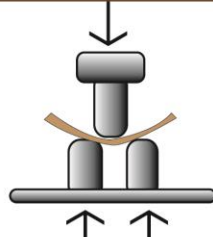
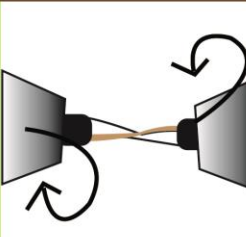


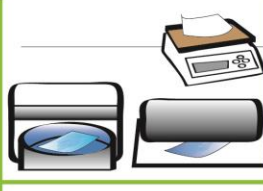
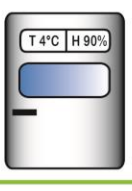
			
Máquina de ensayo de tracción TAPPI 494	Máquina de ensayo de compresión TAPPI T 804 TAPPI T 826	Máquina de ensayo de flexión	Máquina de ensayo de torsión
			
Máquina de ensayo de fatiga ASTM D999-08	Máquina TABER de ensayo de abrasión TAPPI 476	Instrumentos de ensayo COOB (absorción de agua) TAPPI 441	Cámara de temperatura y humedad TAPPI 412

Figura 4: Máquinas para realizar ensayos de muestras de materiales. Elaboración propia.

<sup>16</sup> Technical Association of the Pulp and Paper Industry

<sup>17</sup> International Organization for Standardization

<sup>18</sup> Food and Drug Administration de EEUU.

<sup>19</sup> Norma de la serie ISO enfocada en la Gestión de la Inocuidad de los alimentos

## 1.2 Economía nacional de la celulosa y derivados

La visión económica que actualmente sostiene el rubro forestal nacional del que forma parte la celulosa y sus derivados, apunta hacia acuerdos de producción limpia, manteniendo los niveles de productividad, exportación, venta local y recuperación de fibras. Dichos conceptos son útiles para la comprensión del sistema productivo en función a su demanda y la visualización de oportunidades existentes en el rubro.

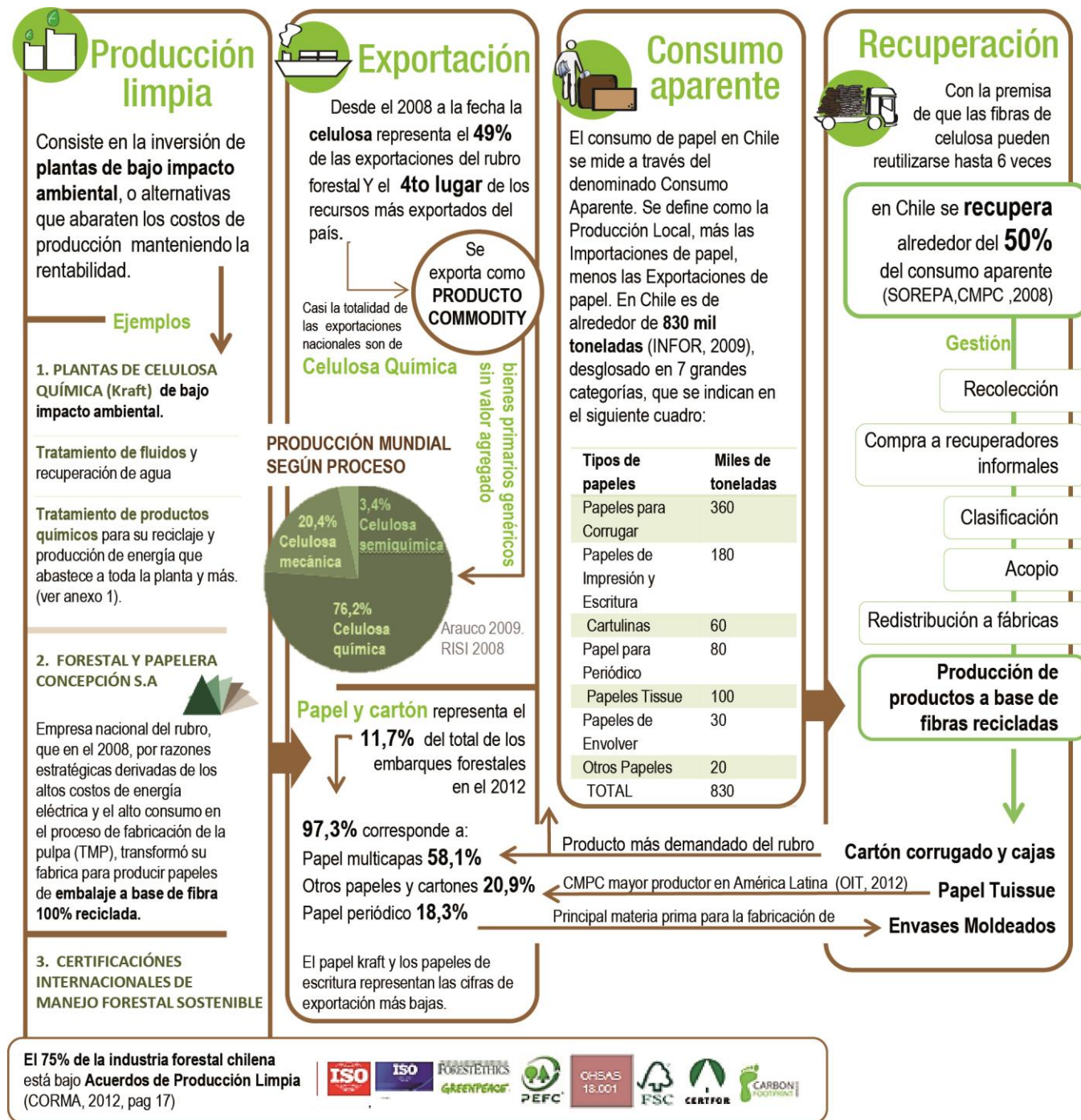


Figura 5: Esquema económico actual del rubro. Elaboración propia

## 1.2.1 Oportunidad en el rubro de la celulosa

La celulosa se ha convertido en el producto más exportado de su rubro. Se despacha como **producto commodity**<sup>20</sup>, por lo que su dependencia y vulnerabilidad ante los vaivenes de la economía internacional provocan efectos directos sobre la industria nacional. La diferencia entre un producto commodity y un producto con **valor agregado**<sup>21</sup> es la elección del mercado en el cual se quiere competir y bajo qué condiciones se aspira agregar valor al producto. En este caso los productos de mayor valor agregado del sector forestal, se dan en la producción y exportación de productos madereros como tableros, chapas de madera aserrada y remanufactura<sup>22</sup>, no así en productos papeleros fabricados con celulosa virgen o reciclada (OIT, 2012).

Para agregarle valor a un producto es necesario evaluar cada una de las etapas del proceso productivo. Un **bien material** se puede hacer valer a partir de su **diseño** - en función a su mercado, uso, funcionalidad, propiedades, morfología y terminaciones - seguido del tipo de **materia prima utilizada** –amigable con el medioambiente-, el **método de producción** -con bajos niveles de consumo energéticos y de recursos – o su poder de **innovación**<sup>23</sup> frente a cualquier otro producto.

### 1.2.1.1 El reciclaje como valor agregado

En el cuadro anterior se evidencia que un 50% del consumo aparente de papel y cartón nacional, es recuperado gracias a sistemas de gestión que logran recolectar, clasificar y redistribuir los papeles a fábricas que utilizan las fibras del papel como materia prima para la realización de nuevos productos (SOREPA<sup>24</sup>, 2009).

#### 1.2.1.1.1 Cajas de cartón

En la fabricación de papeles, cartones corrugados y multicapas para la elaboración de cajas de embalaje y packaging<sup>25</sup> de cartón muchas veces se utiliza casi un gran porcentaje de fibras recuperadas provenientes de otras cajas. La mayoría de los cartones realizados con fibras recicladas incorporan en sus productos el símbolo de reciclaje para agregarle valor. En Chile las empresas que fabrican este tipo de productos son Papeles Cordillera S.A de CMPC, Cia. Papelera del Pacífico y Forestal y papelera Concepción S.A.



Figura 6: Empresas Nacionales que fabrican papel de embalaje, cartón corrugado y multicapas con fibras recicladas. Elaboración propia

<sup>20</sup> Materias primas brutas o bienes primarios genéricos que a nivel mundial no tienen diferenciación ya que han sufrido procesos de transformación insignificantes, lo cual su precio se zanja en la bolsa internacional. Los bienes de consumo que exporta Chile son el cobre y la celulosa.

<sup>21</sup> El valor agregado forma parte de aquel valor que se le añade al producto en cada una de las etapas del proceso productivo es decir, la totalidad de ingresos de que se apropian los responsables de los factores implicados en la producción.

<sup>23</sup> Se utiliza de manera específica en el sentido de nuevas propuestas, inventos y su implementación económica

<sup>24</sup> Sorepa S.A., Sociedad Recuperadora De Papel S.A

<sup>25</sup> Envases que además de contener, proteger, conservar, transportar deben informar, y vender.

### 1.2.1.1.2 Papel Tissue

El papel tissue es otro de los ejemplos que utiliza un gran porcentaje de papeles blancos de escritura y de baja impresión clasificados, para su producción. Este producto al ser un bien de consumo de primera categoría no busca sumar valor por medio del reciclaje, sino disminuir los costos en materia prima virgen. El valor agregado de este producto se aprecia en las alternativas de textura, calibre y gramaje, pudiendo ser muy suave, fino y absorbente por medio de la composición de delgadas capas de papel sobrepuestas. La empresa nacionales que prácticamente tiene el monopolio en esta área de papeles es CMPC. Tissue. S.A.



Figura 7: Reciclaje de papeles blancos para la elaboración de papel tissue y empresas asociadas. Elaboración propia

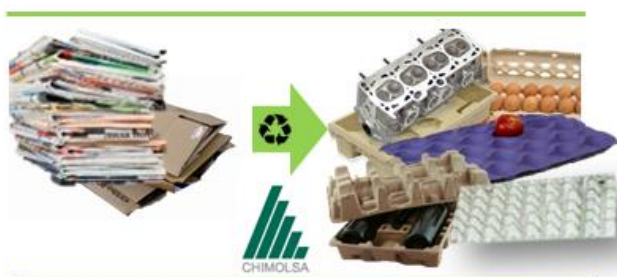


Figura 8: Productos nacionales elaborados con fibras recicladas a través del proceso de moldeado de pulpa de papel. Elaboración propia.

### 1.2.1.1.3 Moldeado de pulpa de papel

Los productos moldeados, como las cajas de huevo, bandejas de fruta o acondicionamientos de embalaje, son producidos 100% con fibras recicladas. Al ser productos elaborados para minimizar problemas físicos de los productos albergados, el valor se identifica en la competitividad de sus propiedades mecánicas con otros materiales no degradables como el poliestireno expandido utilizado también como acondicionamiento en embalajes de electrodomésticos o en bandejas para alimentos. Pese a ello su producción es masiva y se comercializa en grandes volúmenes por bajo costo. En Chile la empresa líder en este rubro es CHIMOLSA<sup>26</sup> S.A CMPC, la cual se especializa en productos de pulpa moldeada para embalaje y transporte de los mercados hortofrutícola, avícola y vitivinícola. Además atiende las necesidades clínicas, al proveerla de artículos desechables, y de la industria de la construcción con artículos de aislamiento y absorción acústica.

<sup>26</sup> Chilena de Moldeados S.A. (CHIMOLSA) empresa de CMPC especialista en productos de pulpa moldeada para embalaje, transporte y exhibición, en los mercados hortofrutícola, avícola, vitivinícola, clínico y de construcción. Ubicada en José Luis Co. 01162, en la comuna de Puente Alto, Santiago, Chile.

### 1.2.2 Síntesis de fundamentación

Aprovechando entonces la capacidad de la celulosa de poder ser reciclada hasta 6 veces, la producción de materiales a base de fibras de celulosa recuperada puede ser una alternativa de valor agregado para ciertos productos que actualmente se fabrican con fibras vírgenes o materiales no degradables.

Ante ello, del ítem anterior se detectan ciertas oportunidades en el rubro del **moldeado de pulpa de papel**. En primer lugar es un proceso que **utiliza 100% fibras recicladas**. En segundo lugar es un **método de producción que le concede al material celulósico morfologías ligeras, volumétricas rígidas y orgánicas** que compiten con soluciones plásticas existentes en el mercado. Y en tercer lugar, relacionado a los puntos anteriores, es un proceso que **logra un material sustituto de polímeros con la ventaja de ser de materia prima amigable con el medio ambiente tras ser reciclable,gradable y renovable**.

Bajo esta premisa se procede a estudiar más a cabalidad el proceso de moldeado de pulpa de papel<sup>27</sup>, y lo que ofrece el mercado internacional en productos realizados con pulpas de fibras de papel, de manera de determinar criterios relevantes del proceso para futuros ensayos empíricos.

---

<sup>27</sup> El moldeado de pulpa de papel es un proceso productivo que utiliza fibras de papel reciclado como materia prima. El moldeado de pulpa de celulosa es el mismo proceso pero que utiliza fibras de celulosa virgen como materia prima.

Capítulo 2

# ANTECEDENTES

---

**ETAPA EXPLORATORIA**



## 2.1 Estudio del moldeado de pulpa de papel

El moldeado de pulpa de papel es un proceso productivo versátil ya que establece su método de elaboración según la escala de producción y las propiedades necesarias de la aplicación. Estos factores dificultan la normalización del proceso, encontrando en el mercado distintos productos moldeados, elaborados a base de distintos papeles y o combinaciones de papeles. Ante ello el método carece de documentación y estudios del desempeño de las distintas pulpas utilizadas, lo cual genera la necesidad de realizar un levantamiento de información en fábrica para identificar los criterios más relevantes que le otorgan una lógica secuencial al método.

### 2.1.2 Proceso industrial de moldeado de pulpa de papel

Se procede a visitar la fábrica nacional de moldeado de pulpa CHIMOLSA para definir criterios relevantes del proceso, que serán considerados en la siguiente etapa empírica:

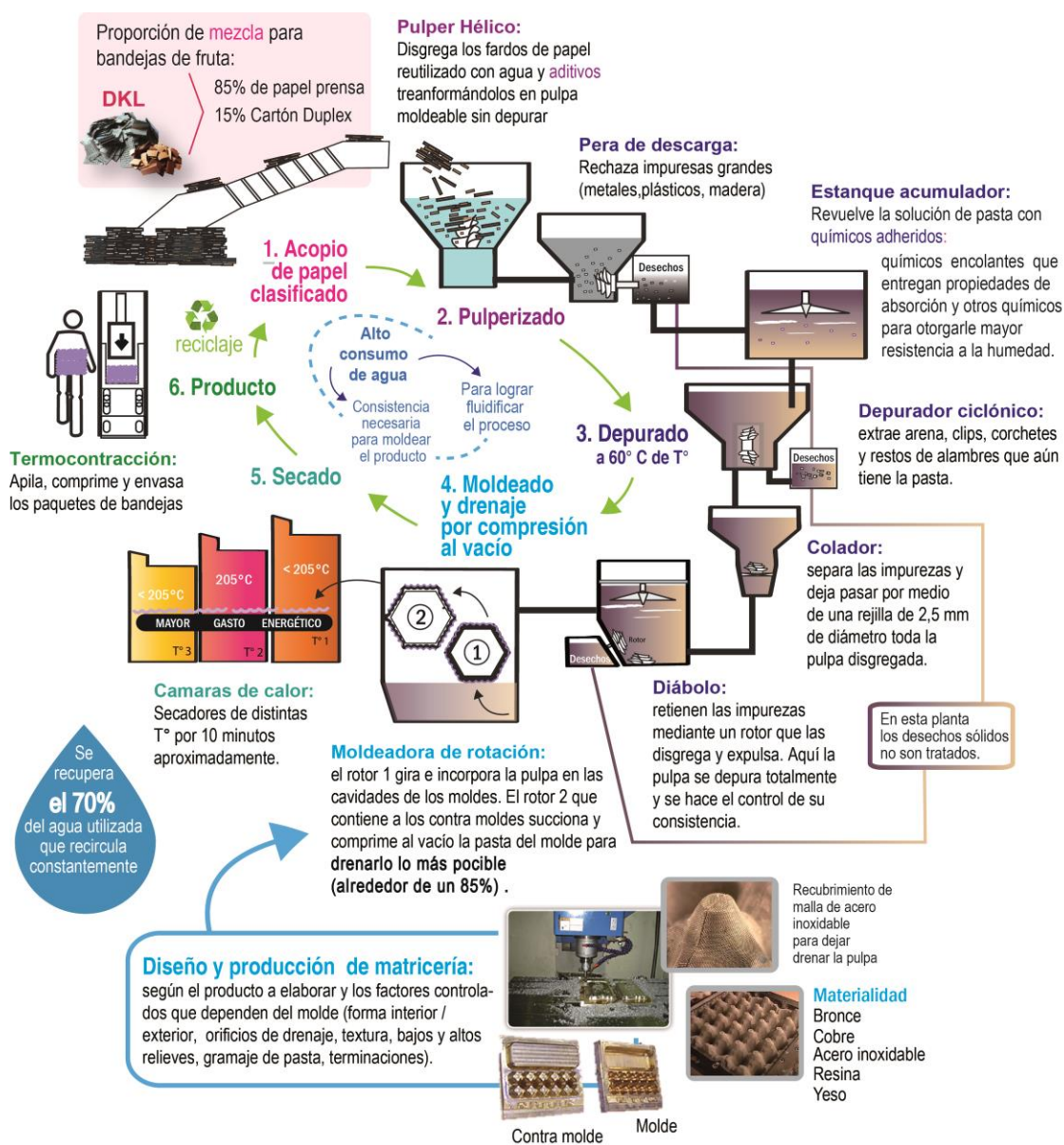


Figura 9: Proceso de fábrica CHIMOLSA.S.A de moldeado de pulpa de papel. Elaboración propia.

### 2.1.3 Criterios relevantes del proceso de Moldeado de pulpa de papel

Del proceso anteriormente descrito se rescatan los siguientes criterios involucrados, los cuales instauran ciertas variables que pueden servir como guía para definir el método de moldeado de pulpa para futuras proyecciones de experimentación y aplicación:

#### 2.2.1.1 Recuperación de papel

En el mercado mundial de recortes de papel, según fuentes de Recycling International 2008 (SOREPA, 2009, pág 2) Chile se encuentra como uno de los países con mayor tasa de recuperación de papel (50% del total del consumo aparente). Los factores involucrados y que se deben estudiar antes de tomar la decisión de realizar el proceso de moldeado de pulpa de papel para la elaboración de productos son:

**ECONOMÍA ESTABLE** que conlleva a un consumo sostenido de papel que puede ser recuperado. En otros países que su economía es inestable deben importar recortes para satisfacer su producción (La Nación, 2013).




**GESTIÓN PARA LA RECUPERACIÓN.** La existencia de empresas o independientes recuperadores de papel que colaboran con la rentabilidad y puesta en valor del papel en desuso, abasteciendo actualmente al mercado demandante de papel para la producción de nuevos productos. Este tipo de asociaciones entre recolectores y fabricantes contribuye al ciclo virtuoso de empresas que colaboran con el ciclo del papel y sus derivados, generando empleo y buenas prácticas tras la recuperación y usabilidad.





Figura 10: Ciclo de vida del papel al ser recuperado. Elaboración Propia



#### 2.2.1.2 Selección de papeles pulpables según clasificación de recortes

Actualmente existe una clasificación de tipos de papeles recuperados que se pueden someter al moldeado de pulpa de papel. Para obtener pulpas de distintas propiedades se pueden **combinar tipos de papeles** de manera de aportar las características de cada cual al producto final.

TIPO DE PAPEL	TIPO DE FIBRA	TIPO DE CELULOSA	GRAMAJE	PRESENTACIÓN SUPERFICIAL	DESCRIPCIÓN
PAPEL BOND	Fibra corta	BSKP	65 -80 - 90g/m <sup>2</sup>	Blanca, lisa, sin tratamiento de estucado, ni satinado	Grado A  Papeles y cartulinas blancas, sin impresión, sin repelente de humedad y sin colorear en la masa.
					Grado B  Papeles y cartulinas blancas sin o con baja impresión, sin repelente de humedad y sin colorear en la masa. Ejemplo: cartas, fotocopias, hojas de cuaderno, fax, etc..
					Grado C  Papeles y cartulinas blancas con baja impresión, sin repelente de humedad y sin colorear en la masa. Ejemplo: magazines, carteles, promociones, etiquetas, envases, etc.

TIPO DE PAPEL	TIPO DE FIBRA	TIPO DE CELULOSA	GRAMAJE	PRESENTACIÓN SUPERFICIAL	DESCRIPCIÓN
<b>PAPEL PRENSA</b>	fibra larga	BTMP Virgen o reciclada.	40 a 52 g/m <sup>2</sup>	Gris, liso, buena capacidad de imprimir 	Diario leído o no leído
<b>PAPEL COUCHÉ/ ESTUCADO</b>	Fibra corta, larga o mixta	BEKP BSKP	70 - 90 - 120 g/m <sup>2</sup> para hojas interiores y de 200 a 300 g/m <sup>2</sup> para tapas.	Estucado: tratamiento superficial para mayor suavidad y blancura. Su textura y terminación puede ser brillante, satinada o mate. 	Papeles con media o alta impresión a color y teñidos o no en la masa. Ejemplo: despunte de imprentas, carteles, avisos, folletería, revistas, etc.
<b>KRAFT</b>	fibra larga	UKP	35 a 200 gr/m2	Opacas o satinadas color café 	Papeles con alto nivel de <b>tenacidad</b> : resistencia a tracción, al alargamiento, al reventamiento, a la rotura, al plegado. Papeles kraft con o sin impresión Ejemplo: Sacos multipliegos con alto contenido de fibra kraft, envases de papel kraft sin contenido de grasas.
<b>CARTON CORRUGADO</b>	fibra larga	UKP ó TMP Virgen o reciclada	450 gr/m2 en adelante	Simple o Sándwich con superficie lisa o acanalada color café 	Cartón corrugado con y sin impresión. Ejemplo: Cajas o pliegos
<b>CARTÓN DUPLEX</b>	fibra larga y fibra corta	UKP, TMP o BSKP Virgen o reciclada	180 a 390 gr/m2.	Papel interior café o gris Papel exterior apto para soportar estucado o alta impresión 	Sándwich de papeles lisos sin acanalar de distintas características que conforman un cartón apropiado para la conservación Ejemplo: Cajas de packaging

### MEZCLAS

<b>MIXTO CORRIENTE (OCC)</b> 	fibra larga y corta	indiscriminado virgen o reciclada	60 a 200 gr/m2.	Combinaciones entre : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel Bond (GRADO A, GRADO B, GRADO C)</li> <li>• Papel couche/ estucado</li> <li>• Kraft</li> <li>•</li> </ul> (porcentajes de cada papel depende de la receta de cada producto)
<b>DKL</b> 	Fibra larga	indiscriminado virgen o reciclada	40 a 450 gr/m2.	Combinaciones entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel corrugado</li> <li>• Papel dúplex</li> <li>• Papel bond</li> <li>• Papel prensa</li> </ul> (porcentajes de cada papel depende de la receta de cada producto)

### MATERIALES PROHIBIDOS / NO RECICLABLES

Papel calco, papel con alquitrán, papel ceresinados o con grasa, papeles de aseo personal, plásticos, textiles, maderas, vidrios, metales, adheridos al papel.

### 2.2.1.3 Porcentaje de agua

En el proceso industrial la proporción de agua es de 80 litros por cada gramo de fibra. Estas cifras elevadas tienen relación con la fluidificación del proceso y la consistencia necesaria para moldear la pulpa. Sin embargo a escalas más pequeñas solamente se debe considerar la **consistencia de la pasta según el tipo de morfología** que se quiera moldear. En matrices de concavidad pronunciada es necesaria una consistencia más acuosa para que la pasta logre moldearse bien. De lo contrario, en moldes más planos la pulpa puede ser más pastosa sin necesidad de utilizar tanta agua

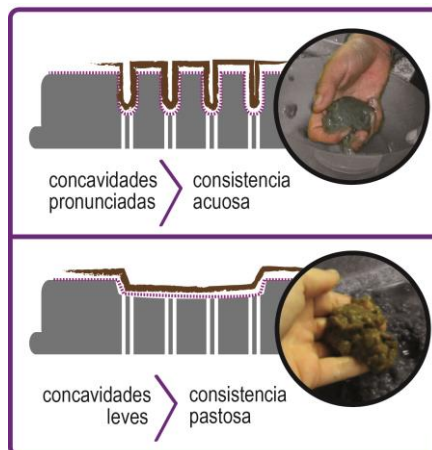


Figura 11:Consistencia de pulpa según morfología. Elaboración propia

### 2.2.1.4 Adición de Sustancias

Para otorgarle propiedades específicas se adhieren ciertas sustancias que pueden reforzar el material. Si bien en el proceso analizado se adicionan encolantes químicos para entregarle propiedades de absorción y resistencia a la humedad, también pueden analizarse las opciones de encolantes y resinas naturales de manera de generar un **material compuesto 100% natural**. A continuación se realiza un esquema para comprender el origen de algunas sustancias que han sido usadas para producir y reforzar materiales y que podrían servir para futuras experimentaciones de materiales compuestos biodegradables de refuerzo a la pulpa de papel:

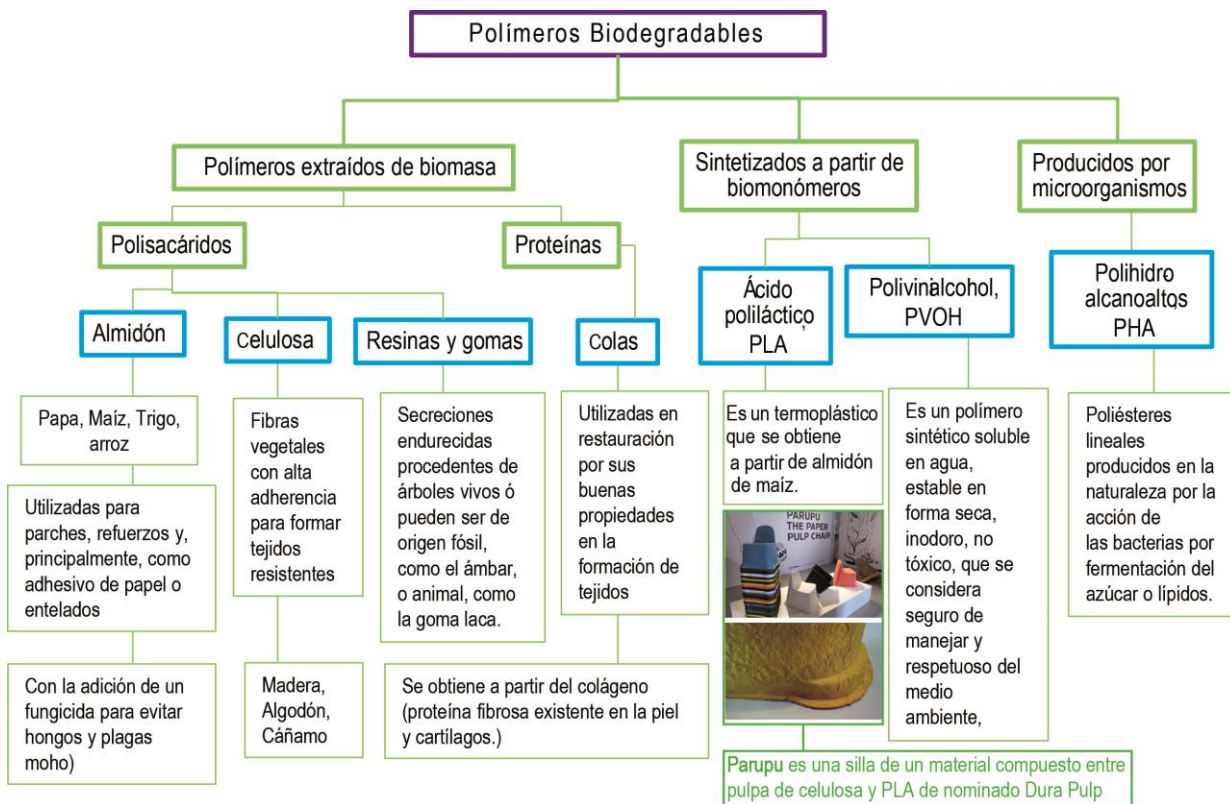


Figura 12:Esquema de biopolímeros como refuerzos para materiales compuestos. Elaboración propia.

### 2.2.1.5 Diseño de matricería

Para que el producto final sea el deseado, es en el diseño de la matricería donde se deben tomar decisiones que tendrán influencia en el resultado final. Ante ello se destacan los siguientes criterios donde se describen distintas variables que pueden combinarse para formar el molde necesario.

1. **Morfología del producto:** El molde deberá considerar si el producto final tiene formas distintas en las diferentes caras; si se trata de un volumen sólido o cóncavo, si corresponde a una morfología paralelepípeda o esférica, si se quieren lograr detalles de altos y bajos relieves, etc. Ante ello se distinguen distintos tipos de procesos que podrían

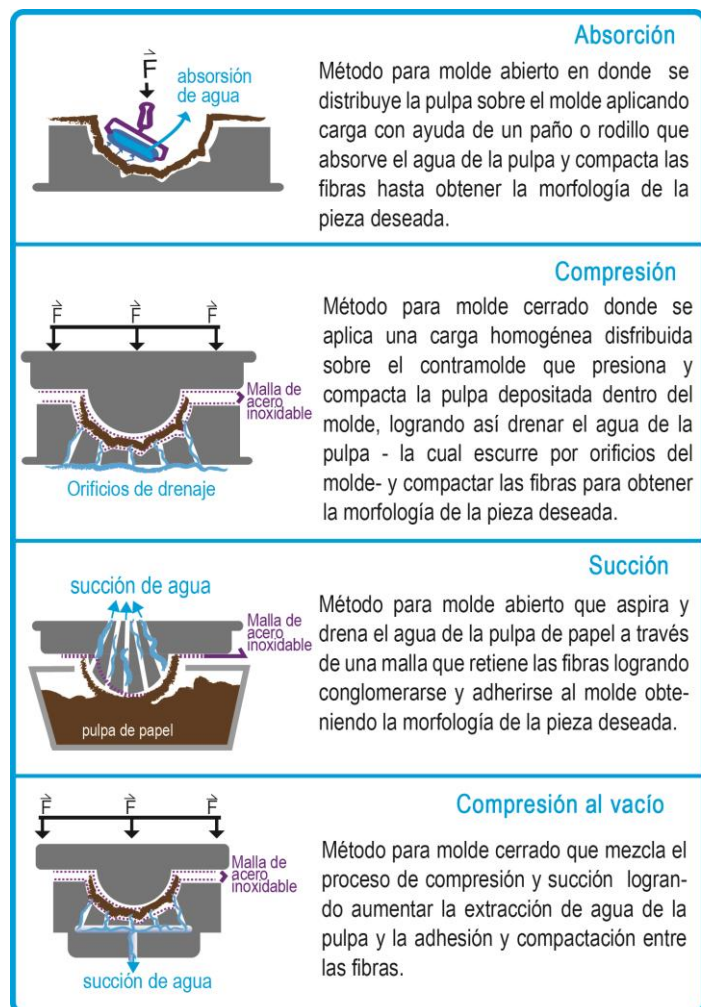
ser aplicados en productos moldeados de pulpa de papel:

2. **Método de drenaje:** Para el ahorro de energía en la etapa de secado, o para disminuir la cantidad de horas de secado, si se desea secar la pulpa moldeada a  $T^\circ$  ambiente, es **necesario drenar lo más posible la cantidad de agua que contiene**. Para ello el molde debe considerar aberturas que dejen filtrar el agua. Por consiguiente se distinguen 4 métodos de drenaje eficiente:

Figura 14: Métodos de drenaje en moldeado de pulpa de papel. Elaboración propia



Figura 13: Tipos de moldes. Elaboración propia



**Terminación superficial:** los factores que influyen en la terminación superficial y que por ende hay que considerar al momento de proyectar el producto al cual se quiere llegar es el método de secado implementado y la materialidad de la superficie en contacto con la pulpa:

**Método de secado**

Apreciar una textura más lisa y otra rugosa en las distintas caras de un producto de pulpa de papel tiene relación con el secado. la cara rugosa fue el que estuvo en contacto con la atmósfera y por donde se evaporó el excedente de agua de la pulpa, efecto que tiende a arrugar el material. La otra cara se aprecia con una terminación pulida ya que por allí no hubo salida de partículas de agua en estado de ebullición.

---

**Materialidad de la superficie del molde en contacto con la pulpa**

La cara pulida del producto toma la textura de la superficie del molde en contacto con la pulpa. Como se aprecia en la imagen una malla de drenaje fue la superficie en contacto con la pulpa, por lo que quedó su textura marcada del lado que no tuvo contacto con la atmósfera.

Figura 15: Explicación del resultado de distintas terminaciones superficiales en los productos de moldeado de pulpa. Elaboración propia.

**3. Desmolde:** Si la pieza húmeda se quiere sacar del molde para secarla en una cámara de calor, se deberá considerar un método de desmolde en húmedo que evite que se rompa la pieza. A nivel industrial esto se logra incorporando las gradientes de desmolde en la matriz (1) - siempre y cuando no modifiquen la morfología de la pieza -, cubriendo con una malla de alambre todas las piezas de la matriz (2), pincelando con lubricantes el molde (3) y utilizando aire comprimido para expulsar la pulpa moldeada a una cinta sinfín que la transporta hacia la cámara de calor (4). Si se prefiere dejar secando en el molde no es necesario utilizar los criterios anteriormente descritos. Solo se debe esperar que la pulpa moldeada esté seca por completo para sacarla del molde sin problemas de roturas.

**2**

Malla de alambre sobre superficie de matriz

**3**

Escobilla expulsadora de lubricante sobre

**4**

Aire comprimido para expulsar pulpa moldeada del molde

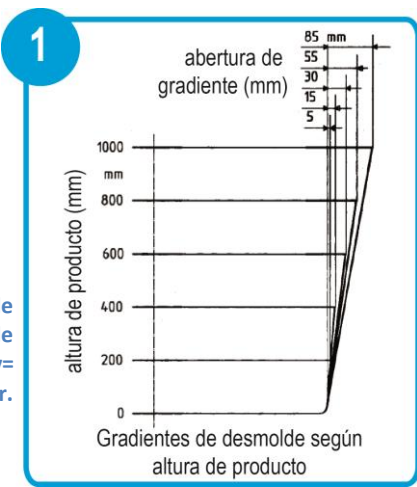
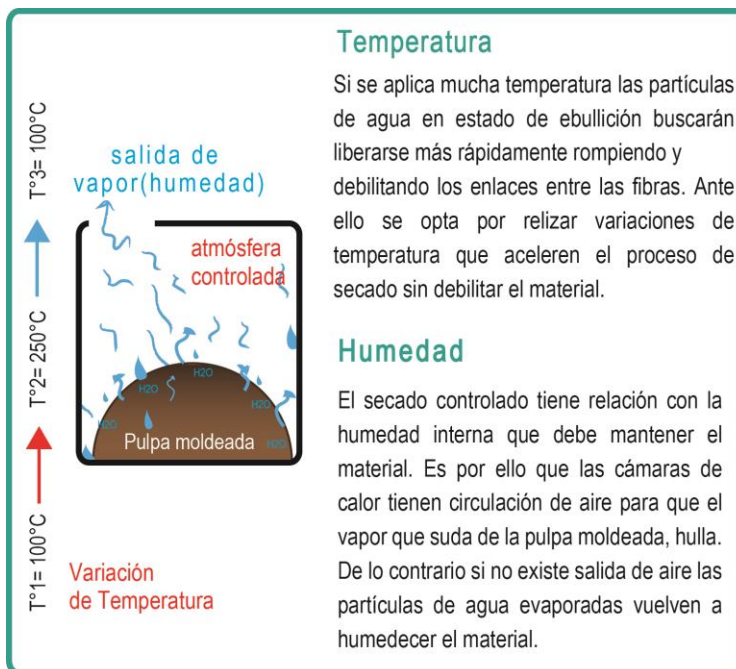


Figura 16: Métodos de desmolde industrial. Imágenes de <http://www.youtube.com/watch?v=CA9xBSb9NZI>. Retocadas por autor.

### 2.2.1.6 Secado controlado

Para que el producto de pulpa no pierda propiedades de resistencia y su presentación visual deseada es necesario controlar la temperatura de secado y la humedad:

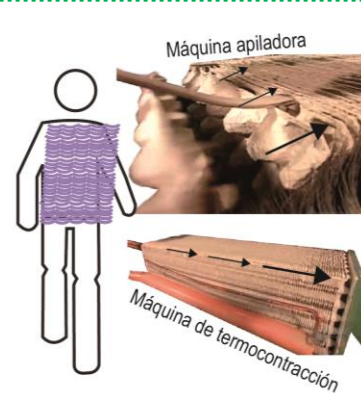
Figura 17: Criterios de secado para obtener un producto de pulpa de papel con las propiedades deseadas. Elaboración propia.



### 2.2.1.7 Apilamiento

Una de las características potenciales de los productos de pulpa moldeada es la **capacidad de apilamiento, compactación y ligereza** logrando ventajas relacionadas al ahorro de espacio, y reducción de peso que por consecuencia abaratan costos entre ellos los de transporte. Este proceso se realiza por medio de máquinas túnel de termocontracción.

Figura 18: Máquina túnel de termocontracción para apilar y compactar envases de pulpa de papel. Imágenes de <http://www.youtube.com/watch?v=CA9xBSb9NZI> Retocadas por autor.



### 2.2.1.8 Recuperación de agua

La **producción limpia** apunta a sistemas de producción cíclicos. En el proceso de moldeado de pulpa la recirculación de aguas por medio de un previo tratamiento de fuentes debe estar involucrada ya que es el recurso más utilizado (ejemplo de CHIMOLSA: 80 litros de agua por cada gramo de fibra con una recuperación hídrica del 70%). Ante ello es necesario considerar:

Figura 19: Cantidad de agua recuperada y reutilizada en el proceso de moldeado de pulpa industrial. Elaboración propia



### 2.1.1 Estado del arte

En el mercado internacional los productos elaborados con pulpa de papel pueden clasificarse según su escala de valor agregado y su durabilidad en el tiempo.

#### 2.1.1 Productos de corta durabilidad



##### Embalaje y accesorios para distribución y transporte seguro

Deben **contener, proteger, conservar, transportar.**

- Abastecen distintos mercados con grandes volúmenes de producción
- Su mayor competencia está en sus propiedades mecánicas para proteger el producto.
- La presentación superficial no es de gran importancia más para su capacidad de apilamiento.



##### Artículos desechables biodegradables para nichos de mercado específicos

Apuestan ser **una alternativa amigable con el medioambiente que compite con los mismos productos pero fabricados con otros materiales no degradables.**

- Su escala de producción está relacionada a la demanda de cada nicho.
- Su modo de venta es por mayor
- La presentación superficial en algunos casos puede ser relevante pero su fuerte común está en la ligereza y el apilamiento compacto del material



##### Packaging

Debe contener, proteger, conservar, transportar, **informar, y vender.**

- Apuestan a entregarle una imagen de marca a un determinado producto.
- Integra un proceso de diseño coordinado entre el producto y la logística de venta y el empleo final por parte del cliente.
- Su escala de producción es relativa según la producción del producto albergado.
- La presentación superficial debe tener una lógica.



##### Productos exclusivos

Apuestan a **agregarle valor al material por sus propiedades más diseño**

- Su exclusividad dependerá del estudio y propuestas de diseño que se le incorporen diferenciándolo de sus competencias de mercado.
- Su escala de producción está relacionada a un estudio de consumidores.
- La presentación superficial es una decisión de diseño.



**Productos exclusivos comercializados, realizados por diseñadores.** Su orden de escala de valor es subjetiva donde los factores considerados son el **estudio involucrado del desempeño de la pulpa de papel moldeada para su aplicación y diseño final.** En ningún caso se especifica receta de pulpa moldeada



Lámpara Pulp de **Tom Mollnow**. Juega con los **calibres** en distintas zonas de refuerzo de la lámpara. Partes eléctricas de aluminio y cobre pueden desmontarse fácilmente.



Colección de vajilla de **Debbie Wijskamp**. Pulpa de papel reciclado + **pigmento de color y acabado superficial de resina epóxica** para impermeabilizar el material.



Set mobiliario de interior de **Odelia & Dan**. Piezas montables unas con otras para su guardado compacto. Alta Resistencia mecánica.



Parlante Pulpop de **Balance Wu y Chin Yang**. Logra que el espacio vacío en el centro del parlante funcione para la reverberación de los bajos.

#### 2.1.2 Productos de larga durabilidad



Capítulo 3

# EXPERIMENTACIÓN

---

**ETAPA EMPÍRICA**

## 3.1 Selección de criterios

### 3.1.1 Criterios a evaluar

La necesidad de experimentar con el moldeo de pulpa de papel surge por la **falta de información y normas que otorguen valores referenciales del desempeño y propiedades de pulpas moldeadas**. Bajo esta disyuntiva y a partir los criterios analizados en los capítulos anteriores la siguiente etapa empírica tiene como fin:

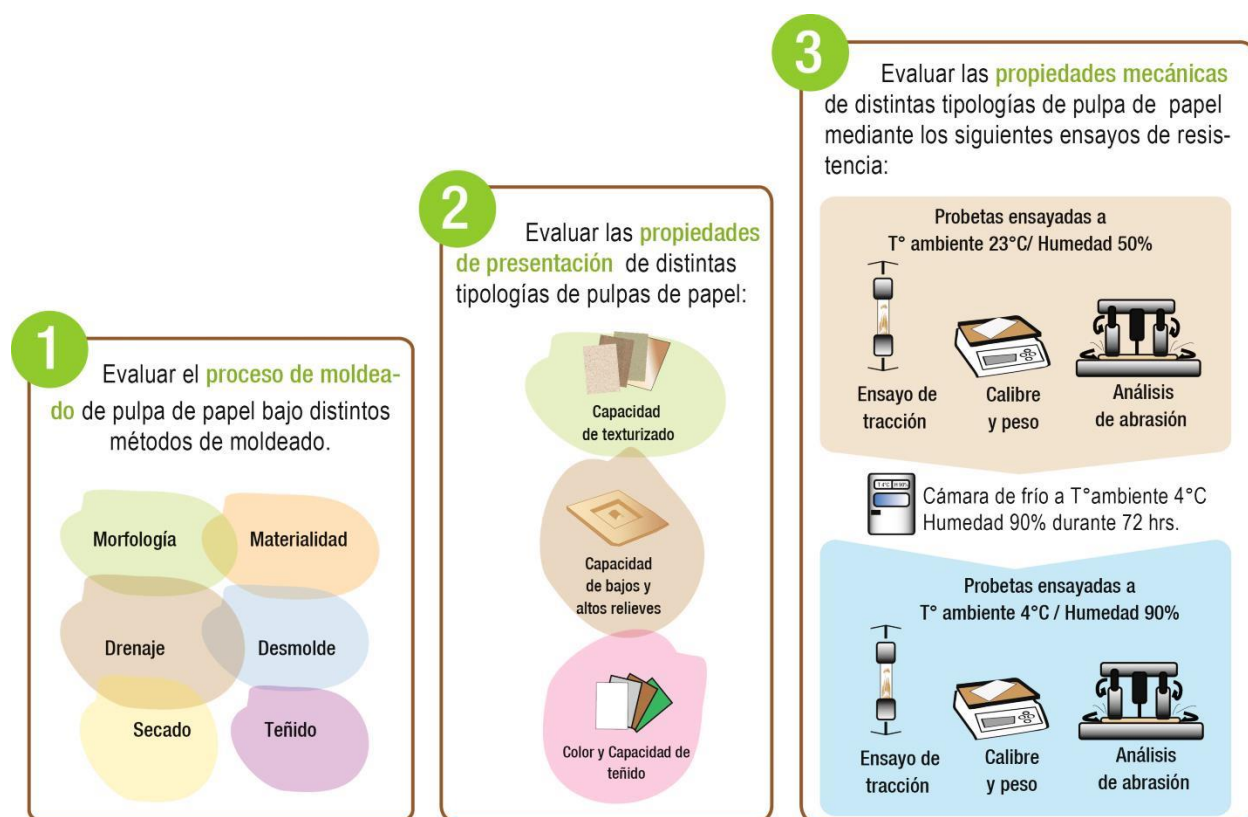


Figura 20: Esquema de criterios a evaluar en los siguientes items. Elaboración propia.

### 3.1.2 Variables de pulpas

Las cuatro variables de papeles a pulperizar y analizar son las 3 tipologías con mayor porcentaje de consumo nacional -**cartón corrugado** (43%), **papel bond grado B**, (21,6%) y **papel prensa** (9,6%) – y una cuarta variable de pulpa mixta **DKL**, que imita la receta de las bandejas de fruta fabricadas en la proporción 85% papel prensa, 15% cartón (en este caso cartón corrugado); de manera de analizar su comportamiento como **material compuesto** en comparación con pulpas simples.

Todas ellas se encuentran dentro de la clasificación de papeles recuperados, diferenciándose según características de origen como la materia prima utilizada (fibra larga o fibra corta), el tipo de fibras utilizadas (recicladas o vírgenes), el tipo de proceso al cual fue sometida la celulosa (termomecánica o química), y el nivel de blanqueado, características que pueden ser relevantes en materia de evaluación de resultados.

Porcentajes de consumo nacional anual de papeles seleccionados			
<b>43%</b> 	<b>21,6%</b> 	<b>9,6%</b> 	
<b>Cartón corrugado (CC)</b>	<b>Papel bond G° B (PB)</b>	<b>Papel Prensa (PP)</b>	<b>DKL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fibra larga de pino radiata</li> <li>■ Celulosa mecánica TMP</li> <li>■ Sin blanquear</li> <li>■ Gramaje de 250- 400 gr/m2</li> <li>■ Cartón realizado con % de fibras recicladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fibra corta de eucalipto</li> <li>■ Celulosa química BSKP</li> <li>■ Blanqueada/ baja impresión</li> <li>■ Gramaje de 65- 75 gr/m2</li> <li>■ Papel 100% fibras vírgenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fibra larga de pino radiata</li> <li>■ Celulosa mecánica BTMP</li> <li>■ Blanqueada/ alta impresión</li> <li>■ Gramaje de 40 gr/m2</li> <li>■ Papel 100% fibras vírgenes</li> </ul>	85% Papel prensa + 15% Cartón corrugado

Figura 21: Variables de pulpas a analizar. Elaboración propia.

### 3.1.2 Constantes

Las siguientes constantes se respetan en todos los procesos de moldeo. Vale indicar que el porcentaje de agua y fibra fue determinado luego de realizar pruebas de consistencia de pulperizado, llegando a determinar que la **proporción de 2 litros de agua por cada 100 gramos** de fibra resulta satisfactoria en todos los papeles de ensayo en relación a la disgregación de las fibras y la consistencia satisfactoria para realizar las pruebas de moldeo. Esta proporción además **logra reducir al 0,025% la cantidad de agua utilizada en un proceso industrial de moldeo de pulpa.**

<b>Condiciones de pulpa insertada a molde</b>		Porcentaje de agua y fibra	2 litros por cada 100 grs de fibra
		Tiempo de pulperizado	1 minuto
		Tiempo de remojo	3 horas
		Temperatura de pulpa	25° C
<b>Condiciones de drenaje</b>		Recuperación de agua por muestra	85% del total de gramos de pulpa ingresados al molde
		Calibre de muestra prensada	3 mm

Figura 22: Constantes determinadas para realizar ensayos del proceso de moldeo de pulpa. Elaboración propia

### 3.2 Evaluación de métodos de moldeado de pulpa

Para evaluar las propiedades de presentación, todas las pulpas establecidas se someten a distintos métodos de moldeado donde las variables se asocian a la **morfología moldeada**, la **materialidad en contacto con la pulpa**, el **método de drenaje**, el **momento de desmolde** - húmedo o en seco- y el **modo de secado**. Ante ello se realiza una tabla que grafica los métodos y resultados probados - en sentido de las columnas-.

		Laminar con altos y bajos relieves				Semiesférico cóncavo			Piramidal truncado				
Morfología													
Material en contacto con pulpa		Malla alámbrica		plástica		Malla alámbrica		plástica	Malla alámbrica		plástica		
Método de drenaje		Compresión		Absorción		Compresión		Absorción	Compresión		Absorción		
Momento de desmolde		Pulpa húmeda		Pulpa seca		Pulpa húmeda		Pulpa seca	Pulpa húmeda		Pulpa seca		
Método de secado		Horno 250° 30 min	T° amb 24° 48 horas	micro ondas 4 min	T° amb 24° 48 horas	Horno 250° 30 min	micro ondas 4 min	T° amb 24° 48 horas	Horno 250° 30 min	T° amb 24° 48 horas	micro ondas 4 min		
Resultados de probetas	Frente	Morfología	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	
		Textura	3	3	3	1	3	2	1	3	2	3	
	Revés	Morfología	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	
		Textura	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	

Textura:	1	2	3	Morfología:	1	2	3
	Pulida	Intermedia	Rugosa		Lograda completamente	Lograda parcialmente	No lograda

Figura 23: Cuadro de procesos de moldeado de pulpa experimentados. Elaboración propia.

### 3.2.1 Discusión de resultados

Como se aprecia en las imágenes de la tabla anterior existen diferencias en los resultados según el método de moldeado realizado. Ante ello se realiza el siguiente análisis:

#### 3.2.1.1 Morfología y su relación con la capacidad de moldeado

Existen morfologías más fáciles de moldear. Al incorporar la pulpa al molde y generar la presión de drenaje- independiente cual sea el método- se logra apreciar que **tanto en morfologías laminares con bajos y altos relieves como en morfologías cóncavas la pulpa tiende a incorporarse y amoldarse de manera más homogénea que en la morfología piramidal truncada**. Esto tiene relación con las gradientes del molde piramidal, donde el ángulo de desmolde determinado ( $95^\circ$ ) es demasiado reducido dificultando la adhesión de la pulpa en los caras verticales. En ensayos posteriores Los **cantos son transformados en radios** y las gradientes aumentan a  $110^\circ$ ,  $120^\circ$  y  $140^\circ$  lo cual resulta óptimo para moldear evitando el escurrimiento de la pulpa húmeda y rupturas al momento de desmolde en húmedo.



Figura 24: Gráfico de dificultades en el proceso de moldeado y determinación de soluciones. Elaboración propia

### 3.2.1.2 Material en contacto con la pulpa y su relación con de método de drenaje y momento de desmolde

#### Malla alámbrica

El revestimiento de malla alámbrica le otorga a la matriz la capacidad de drenar el agua evitando el paso de las fibras. A partir de ello se provecha la capacidad de retención de las fibras que confiere la malla para realizar el método de drenaje por compresión, donde el contra molde presiona la pulpa logrando filtrar la mayor cantidad de agua posible por los orificios de la malla y comprimir las fibras bajo la morfología deseada. La malla también entrega la propiedad de desmolde en húmedo de la pieza moldeada. Esto tiene que ver con la reducción de la superficie en contacto con las fibras que proporcionan los orificios de la malla, lo cual una vez drenada la pulpa incorporada al molde, se logra desmoldar la pieza por gravedad sin que se rompa.

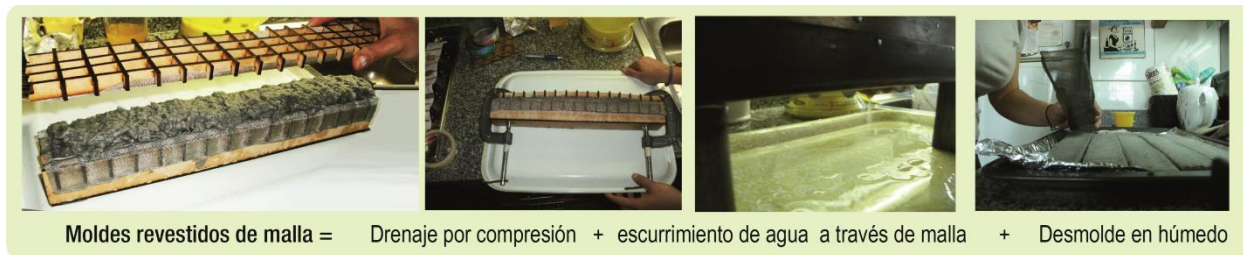


Figura 25: Características del proceso en moldes revestidos con malla alámbrica. Elaboración propia.

#### Plástico

De lo contrario, cuando la pulpa se moldea en superficies plásticas - pudiendo ser otro material - donde no existen orificios de drenaje, es necesario realizar el método de drenaje por absorción con ayuda de un paño, rodillo o contra molde de materialidad absorbente. En este caso el área de superficie en contacto con las fibras aumenta lo cual dificulta el desmolde del material húmedo moldeado, logrando desprender la pieza moldeada una vez que el material se haya secado lo suficiente.

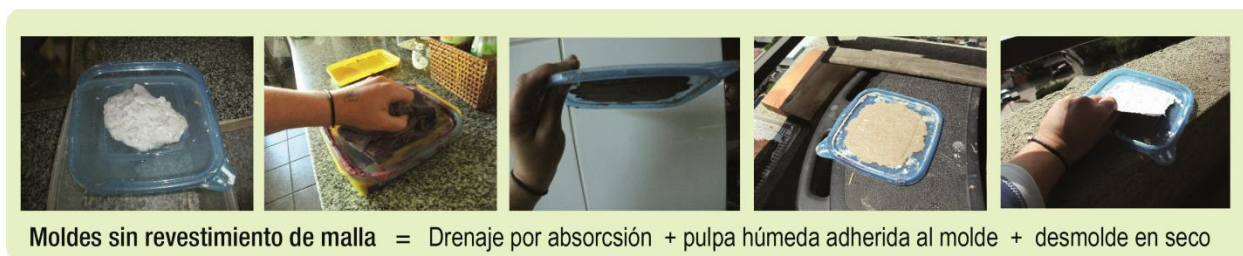


Figura 26: Características de moldes plásticos. Elaboración propia.

### 3.2.1.3 Método de secado: optimización de tiempo y energía v/s acabado superficial

#### Probetas desmoldadas en húmedo

Como se dijo anteriormente el desmolde en húmedo se hace factible en moldes recubiertos con malla alámbrica. Su ventaja ahonda en el ahorro de tiempo y energía ya que por un lado optimiza el período de producción pudiendo realizar varias muestras consecutivas utilizando la misma matriz una y otra vez y por otro lado permite ahorrar energía –en este caso horno abierto a 250° por 30 minutos- en el proceso de secado ingresando varias muestras juntas - desmoldadas- a la cámara de secado.

Sin embargo sea cual sea su método de secado, en todas las probetas desmoldadas ocurre el mismo fenómeno de texturizado, **donde se aprecia por ambas caras una terminación superficial rugosa**. Esto tiene respuesta en la liberación de las partículas de agua que al evaporarse buscan escaparse por donde encuentren salida a la atmósfera deformando el enlace entre las fibras y por ende arrugando el material.



Figura 27: Método y resultados de secado de probetas desmoldadas en húmedo. Elaboración propia.

#### Probetas desmoldadas en seco

Contrariamente las probetas realizadas en moldes plásticos tienen un proceso más demoroso ya que deben ser desmoldadas de la matriz una vez secas. Sin embargo el método de dejar secando la probeta dentro del molde **logra otorgarle al material un acabado mucho más pulido que imita la textura de la matriz en contacto con la pulpa**.



Figura 28 Método y resultados de secado de probetas desmoldadas en seco. Elaboración propia.

Para acelerar el transcurso de secado se experimentó colocando los **moldes con la pulpa moldeada en el microondas**, rescatando la propiedad de resistencia al campo electromagnético de ambos materiales -tanto la pulpa de papel 100% celulósico como el plástico-. Para obtener resultados de superficies menos rugosas la pulpa debe estar bien escurrida, es decir con un bajo porcentaje de agua, de lo contrario el material tardará más en secarse y tenderá a arrugarse producto de la cantidad de partículas de agua evaporadas liberadas.

Las probetas de calibre 3 mm luego de 2 minutos y medio a potencia fuerte, tienden a hincharse producto de la liberación de agua. Ante ello se retira del electrodoméstico y se vuelve a presionar la pulpa contra la matriz para que retome la morfología deseada; y se somete a un minuto y medio más de microondas. **El resultado es una textura menos rugosa en las caras en contacto con el molde en donde también se logra dilucidar altos y bajos relieves**, mientras que la cara descubierta tiende a ser más rugosa.

Las probetas que fueron secadas a temperatura ambiente dentro del molde durante 48 horas - a temperatura 23° 50% de humedad-, son las que obtienen una **terminación superficial mucho más pulida**. Logrando un acabado superficial que consigue capturar altos y bajos relieves mínimos en la cara en contacto con el molde y una textura menos rugosa en la cara contraria. Vale decir que cuanto más escurrida y prensada esté la pulpa, menos tiempo tardará en secarse y mejor terminación tendrá el lado expuesto a la atmosfera.



**Figura 29:**Diferencia de terminaciones en moldes secados en microondas y moldes secados a t° ambiente. Elaboración propia.

La pieza tenderá a desmoldarse sola una vez que haya liberado un porcentaje significativo de agua. Sin embargo al tacto ésta debe sentirse bien seca para desprenderla del molde. No se debe desprender si la pulpa moldeada aún se siente húmeda. En este caso la pulpa al perder contacto con la superficie, comenzará a liberar el porcentaje de agua que posee por cualquiera de las dos caras, provocando así la rugosidad del material.



**Figura 30:**Diferencia entre probeta seca y probeta desmoldada antes de estar completamente seca. Elaboración propia.



### 3.2.1.4 Método empírico de teñido

Este ítem no se encuentra graficado en la tabla de métodos, sin embargo es parte de los procesos experimentados bajo el moldeado por absorción en molde plástico. Siguiendo consecuentemente con la línea del material biodegradable experimentado, se resuelve realizar el teñido de las fibras con pigmentos naturales sin la adhesión de tintes sintéticos.

Se selecciona la betarraga por la intensidad del color que se obtiene a partir del cocimiento del tubérculo con su cáscara durante una hora. Una vez cocidas las betarragas, se cuele el agua que será la tintura a utilizar. Las betarragas se pueden pelar y guardar para el consumo, mientras que las cáscaras pueden volverse a hervir con un poco de agua de manera de conseguir más pigmento si se desea.

#### Teñido de fibras sin cocción

El agua teñida será ahora la que se utilizará en la proporción 2 litros de agua por 100 gramos de papel sumándole a ello 8 cucharas de vinagre para lograr fijar el color. Las pruebas de moldeado a color se realizaron todas en moldes plásticos de manera de visualizar mejor la adherencia del color a las fibras. Pese a ello en los resultados se visualiza que el color solamente queda impregnado en la cara en contacto con la atmósfera.



Figura 31: Método de teñido sin cocción. Elaboración propia.

#### Teñido de fibras cocidas

Ante ello se realiza una segunda experimentación que tiene como fin lograr que las fibras se tiñan. Para ello se cuecen revolviendo constantemente 200 gramos de cada pulpa durante 10 minutos. Luego se deja enfriar y se moldea en la matriz plástica.

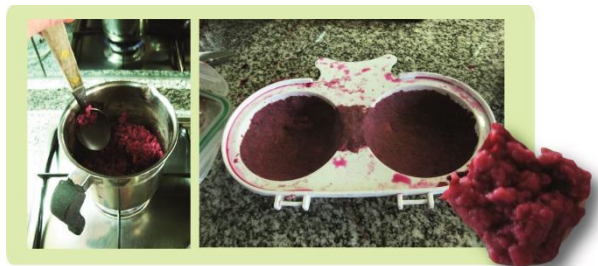


Figura 32: Método de teñido cociendo las fibras. Elaboración propia.

Bajo este segundo método se aprecia una leve diferencia en cuanto al teñido por ambas caras. Si bien predomina el color por la cara en contacto con la atmósfera, se aprecia un mayor grado de teñido en las 4 probetas realizadas. Por otro lado también se aprecia que la tonalidad del color se torna un poco más rosada al secarse, apreciándose mejor en la probeta de papel bond blanco.

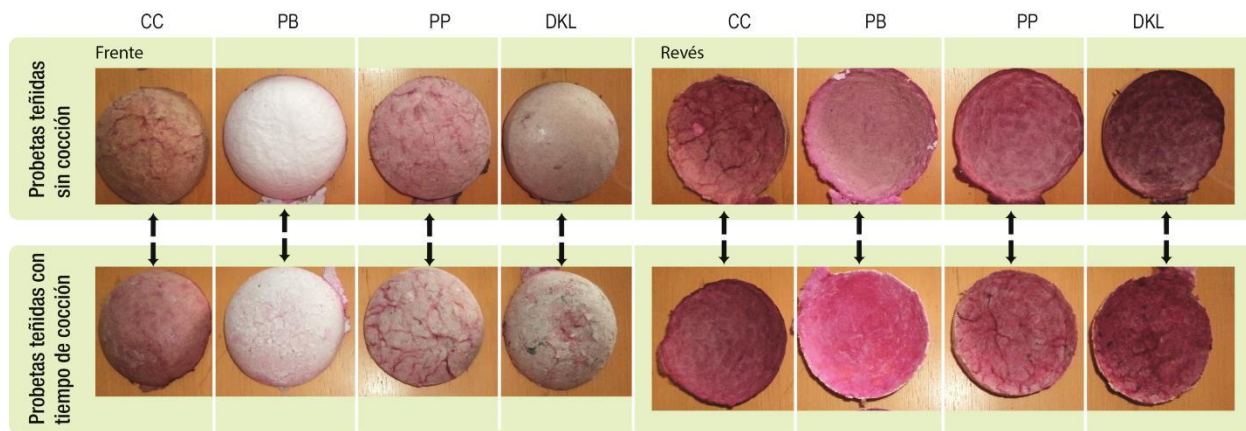


Figura 33: Resultados de probetas teñidas. Se aprecia el color por una sola cara de la probeta. Elaboración propia.

El fenómeno que se produce de apreciar el tinte de una cara más que en otra se debe a que las fibras no lograron impregnarse del color deseado, lo cual tras el proceso de drenaje (por absorción) se genera un ordenamiento de las partículas según su peso. De esta manera las partículas de tinta al ser más livianas quedan en la superficie mientras que las fibras (que no alcanzaron a teñirse por completo) decantan por gravedad depositándose al fondo.



Figura 34: Estratificación de partículas según su peso. Elaboración propia.

Se puede concluir que para que no exista una estratificación de las partículas que componen la pulpa de color, es necesario lograr teñir – impregnar el color sobre- las fibras. Para ello se debería aumentar el tiempo de hervor, tiempo de remojo de las fibras en el agua tintada y la adición de sustancias naturales que ayuden a impregnar el pigmento a las fibras (como la sal gruesa y el alcohol)- siguiendo los pasos de teñido natural de las lanas animales o algodón- logrando así el teñido homogéneo de la pulpa de manera de apreciar el color seleccionado en ambas caras del producto final moldeado.

### 3.3 Propiedades de presentación según tipología de pulpa

A partir de los resultados de los métodos de moldeado empíricos realizados se rescatan ciertas diferencias en los acabados superficiales que proporciona cada pulpa de papel moldeada en relación a su capacidad de estampado de textura y terminaciones de altos y bajos relieves. En función al color se analiza el matiz natural que concede cada pulpa y su capacidad de teñido.







	Capacidad de Texturizado y color 	Altos y bajos relieves 	Teñido natural sin cocción 		Teñido natural con cocción (10 min)	
			Frente	Revés	Frente	Revés
 Cartón corrugado						
 Papel Bond G°B						
 Papel Prensa						
 DKL						

Figura 35: Tabla comparativa entre los acabados superficiales logrados por cada variable de pulpa. Elaboración propia.

### 3.3.1 Discusión de resultados

#### Gama de colores

La paleta de colores que otorgan las pulpas analizadas está dentro de la gama de **colores naturales neutros** desde el blanco (papel bond blanco) seguido por una gama de colores grises y marrones. Una misma pulpa sin embargo puede cambiar su tonalidad según el proceso de secado al que se someta. Por ejemplo la apreciación más significativa es la tonalidad rosada que presenciaron las muestras de pulpa de papel prensa, sometidas al secado en horno por 20 minutos. Esto se produce por la reacción de las tintas impregnadas en el papel prensa sometidas a temperaturas elevadas, ya que la misma pulpa secada a temperatura ambiente no presenta cambios de color.



**Figura 36: Gama de colores naturales adquiridos por la tipología de pulpas de papel. Elaboración propia**

#### Relación de tipo de fibra con la capacidad de texturizado y acabados de altos y bajos relieves.

Como se aprecia en la tabla, la pulpa que logra copiar mejor la textura deseada, como también los altos y bajos relieves es el papel bond seguido del papel prensa y el DKL y por último el cartón corrugado. Este fenómeno tiene respuesta en la **longitud de las fibras**.

Los papeles de fibra corta (como el papel bond) logran moldear perfectamente la textura y altos y bajos relieves mínimos (de 0,002mm por ejemplo), completando la figura sin ningún tipo de quiebre, ya que las fibras son más ligeras, finas y cortas lo que les permite mejor adherencia y aglutinamiento en detalles de morfologías irregulares y terminaciones pulidas y completas en superficies lisas. En pulpas realizadas con fibras largas (como el papel prensa, el cartón corrugado y el DKL) si bien logran moldear la textura y los altos y bajos relieves, se aprecian ciertas irregularidades producto del largo de las fibras que no logran aglutinarse perfectamente visualizándose ciertas porosidades en la superficie.



**Figura 37: Comparación de capacidad de texturizado y terminación de altos y bajos relieves de la tipología de pulpas de papel moldeadas. Elaboración propia.**

#### Capacidad de teñido

Como se explica en el ítem 3.2.1.4, efectivamente si se dejan cocinando las fibras en tinta natural, se logra un mejor teñido de las fibras. Comparativamente el cartón corrugado y el DKL luego de un cocimiento de 10 minutos, logran teñir más la superficie que el papel prensa y el papel bond. Pese a ello en ningún caso se aprecia un teñido homogéneo.

### 3.4 Propiedades mecánicas según tipología de pulpa

De las tipologías de pulpas de papel analizadas se realizan probetas estandarizadas dimensionalmente bajo la norma TAPPI 494<sup>28</sup> para ensayos de tracción<sup>29</sup>. Bajo esta misma dimensión se someten a la cámara de frío para el ensayo de absorción de humedad y luego para el ensayo de abrasión.

Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio PROTEN de la Universidad Técnica Metropolitana<sup>30</sup>, bajo la supervisión del equipo de Bernardo Gárate (encargado del Programa Tecnológico del envase) quienes indicaron la adscripción a las normas TAPPI como conceptos y fórmulas matemáticas para comprender los resultados que pueden obtenerse de cada ensayo realizado.

A continuación se realiza una breve descripción del método para la obtención de probetas y algunas observaciones identificadas en el proceso. Luego se calculan, grafican e interpretan los datos obtenidos en los ensayos.

---

<sup>28</sup> Muestras para propiedades de tracción de papel y cartón: 30mm de espesor por 300 mm de ancho.

<sup>29</sup> Se realiza mediante una máquina universal de tracción que provoca la deformación de una probeta del material a ensayar al aplicarle una carga progresiva en sentido axial.

<sup>30</sup> Programa Tecnológico Del Envase, Unidad dependiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Técnica Metropolitana. Av. José Pedro Alessandri 1242, Ñuñoa. Teléfono: (56-2) 787 7154. Email: proten@utem.cl

### 3.4.1 Método de moldeado para probetas de ensayos mecánicos

Se diseña un molde cerrado - molde y contra molde- con método de drenaje por compresión para probetas de presentación laminar. La materialidad de la matriz es acero con perforaciones en la base para el drenaje de agua por compresión, revestido de malla de alambre de 0,5 mm por las caras que tendrán contacto con la pulpa para facilitar el desmolde por gravedad. Calibrar a 3 mm de espesor proporciona a todas las probetas la propiedad de ser rígidas.



Figura 38: Proceso estandarizado para elaboración de probetas para ensayos mecánicos

### 3.4.2 Constantes

Condiciones de pulpa insertada a molde	Porcentaje de agua y fibra	2 litros por cada 100 grs de fibra
	Tiempo de pulperizado	1 minuto
	Tiempo de remojo	3 horas
	Temperatura de pulpa	25° C
Condiciones de drenaje	Método de drenaje	Compresión
	Compresión de molde	Recorrido de prensa de 3 " de 1,64" (4,2 cm)
	Tiempo de prensado	3 minutos
	Calibre de muestra prensada	3 mm
Condiciones de secado	Temperatura de secado	250°C con horno abierto para salida de vapor
	Tiempo de secado	30 minutos

Figura 39; Constantes establecidas para la elaboración de probetas de pulpa de papel para ensayos mecánicos. Elaboración propia.

### 3.4.3 Observaciones del método

#### Consistencia de cada tipo de pulpa

Se evidencia que la pulpa de papel bond es de consistencia más acuosa que las tres restantes a pesar de contener la misma proporción de agua y fibra. Este fenómeno puede tener respuesta en el tipo de fibra de origen. Éste se realiza con fibras de eucalipto, que son más cortas y delgadas que las fibras de pino radiata con las que se elaboran los papeles prensa, dúplex y cartones corrugados, por lo tanto al ser trituradas éstas tienden a disgregarse en partículas más finas causando así una consistencia más acuosa de la pulpa y por ende la necesidad de agregar más gramos de pulpa al molde para que al prensarlo logre un espesor (calibre) de 3mm. Este fenómeno

deduce que si se utilizan fibras cortas y se necesita una pulpa de consistencia más pastosa, se puede reducir la cantidad de agua utilizada.

#### Recuperación de agua

En cuanto a la recuperación de agua bajo la misma presión y tiempo de drenaje establecido, de la pulpa de papel bond, al ser de consistencia más acuosa y fibras más finas se recupera el 90%. Del cartón corrugado se logra recuperar un 85% dado que las fibras al ser recicladas también tienden a ser más delgadas pero su consistencia aún es más pastosa. Dell papel prensa se recupera el 80% y finalmente el DKL 75% ambas de consistencia pastosa. De los resultados se puede determinar que la dimensión de la fibra influye en la facilidad de drenaje de la pulpa.

Respecto al estado de preservación del agua o de las pulpas en remojo la pulpa de papel blanco vuelve a marcar diferencia. Mientras que las otras tres pulpas, a partir de 3 días comienzan a tomar olor avinagrado y consistencias más viscosas- ya sea dejando pulpas en reposo o aguas recuperadas envasadas- la pulpa de papel blanco conserva su blanqueado y no coge olor. Este fenómeno se puede relacionar con los procesos sujetos a cada papel, siendo el papel blanco el único que se somete a procesos químicos que eliminan todos los componentes adheridos a las fibras de celulosa, mientras que los papeles prensa y cartones al ser sometidos a procesos termomecánicos no logran eliminar por completo sustancias biomoleculares que reaccionan frente a cambios ambientales como la temperatura y la humedad provocando así el mal olor de las pulpas en remojo.



Figura 40: Consistencia de pulpas según tipo de fibra. Elaboración propia.

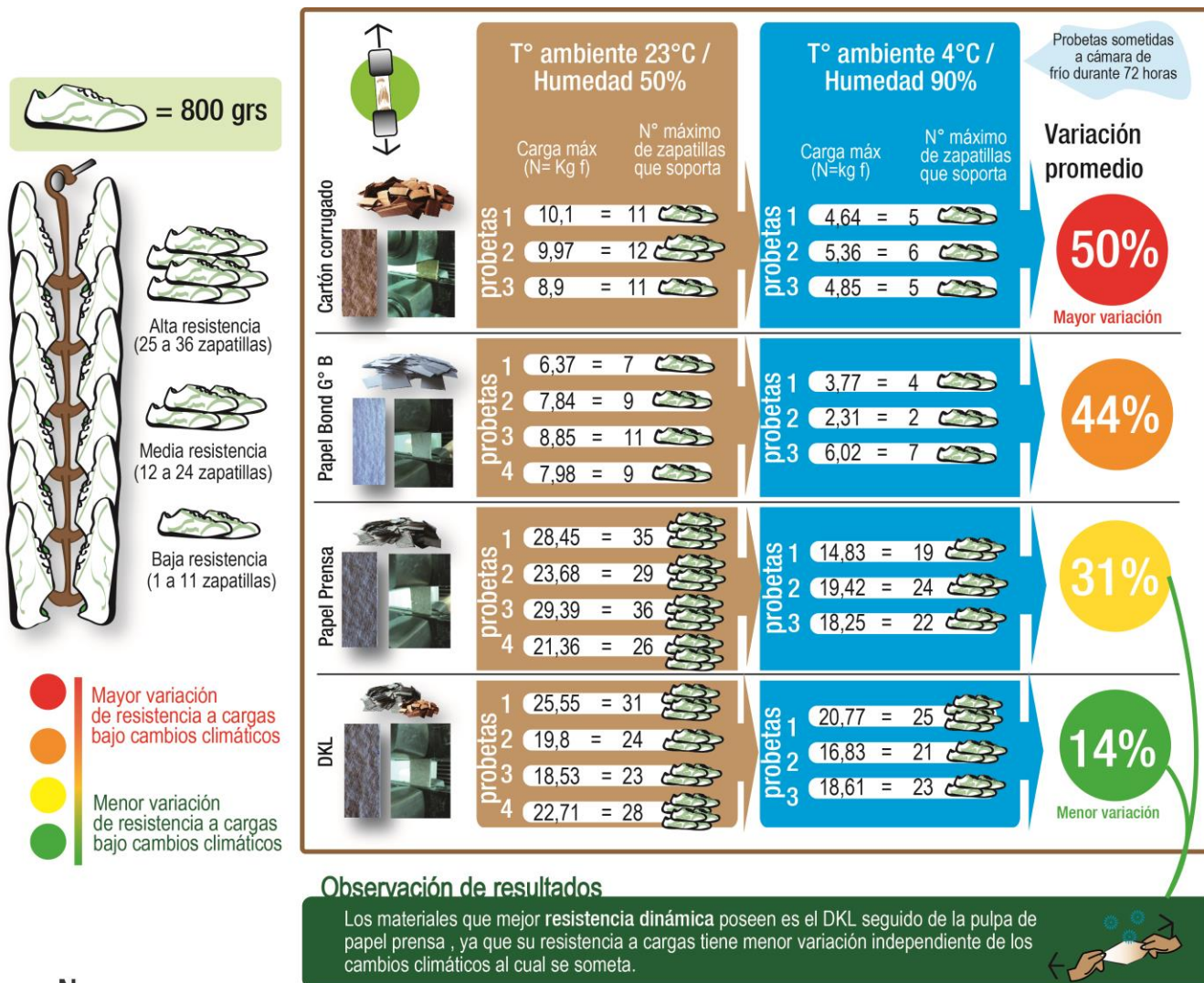


Figura 41: Estado del agua recuperada. Elaboración propia.

### 3.4.4 Discusión de Resultados de ensayos

#### 3.4.4.1 Resistencia a la tracción

Los resultados de **resistencia a la tracción** de cada probeta pueden interpretarse mediante el esfuerzo que ejerce cada una para soportar cierta cantidad de zapatillas en condiciones ambientales diversas, bajo un calibre preestablecido de 3mm. Con la variación promedio se puede determinar cualitativamente la **resistencia dinámica** de los materiales.



#### Norma

TAPPI 494 Tensión : Propiedades del papel y cartón utilizando un aparato de elongación con velocidad constante

Este ensayo describe un procedimiento usando un equipo de elongación con velocidad constante para determinar cuatro propiedades del rompimiento por tensión del papel y cartón: Fuerza de tensión, estiramiento, energía de absorción por tensión y la rigidez (Gondi, 2011).

#### INFORME DE RESULTADOS

Se reporta el promedio por separado de cada propiedad medida, y las condiciones ambientales durante el ensayo.

Figura 42: Ilustración de interpretación de resultados de ensayo de tracción de probetas de pulpas de papel. Elaboración propia.



El material que mayor carga axial soporta es la pulpa de papel prensa pudiendo resistir hasta 29 zapatillas antes de su rotura bajo una humedad del 50%. El DKL puede soportar 24 zapatillas bajo las mismas condiciones ambientales. Sin embargo si la humedad varía a un 90% el DKL tiene una variación menor que el papel prensa ya que el primero logra soportar 21 zapatillas mientras que el papel prensa reduce su resistencia a 19 zapatillas. Esta propiedad le confiere al DKL una mayor **resistencia dinámica** en comparación con los demás materiales.

Las probetas de papel bond son las que menor carga soportan con 7 zapatillas seguidas del material de cartón corrugado que puede soportar casi el doble bajo una humedad del 50%. Sin embargo si la humedad varía a un 90% el papel bond posee menor variación de cargas que el cartón corrugado, posicionando a este último como el material que peor resistencia dinámica posee.

### 3.4.4.2 Tabla comparativa densidad /esfuerzo

Para visualizar comparativamente el desempeño mecánico de las tipologías de pulpas ensayadas se puede calcular el esfuerzo y la densidad de cada probeta y posicionarla en el respectivo gráfico (densidad/ esfuerzo). Para ello en primer lugar se decide trabajar con el promedio de cada material, ya que los resultados de las probetas a T° ambiente 23°C, humedad 50% resultaron similares. Luego, respetando las unidades de medida, se calcula la densidad (Mg/m<sup>3</sup>) y el esfuerzo (MPa) de cada material.

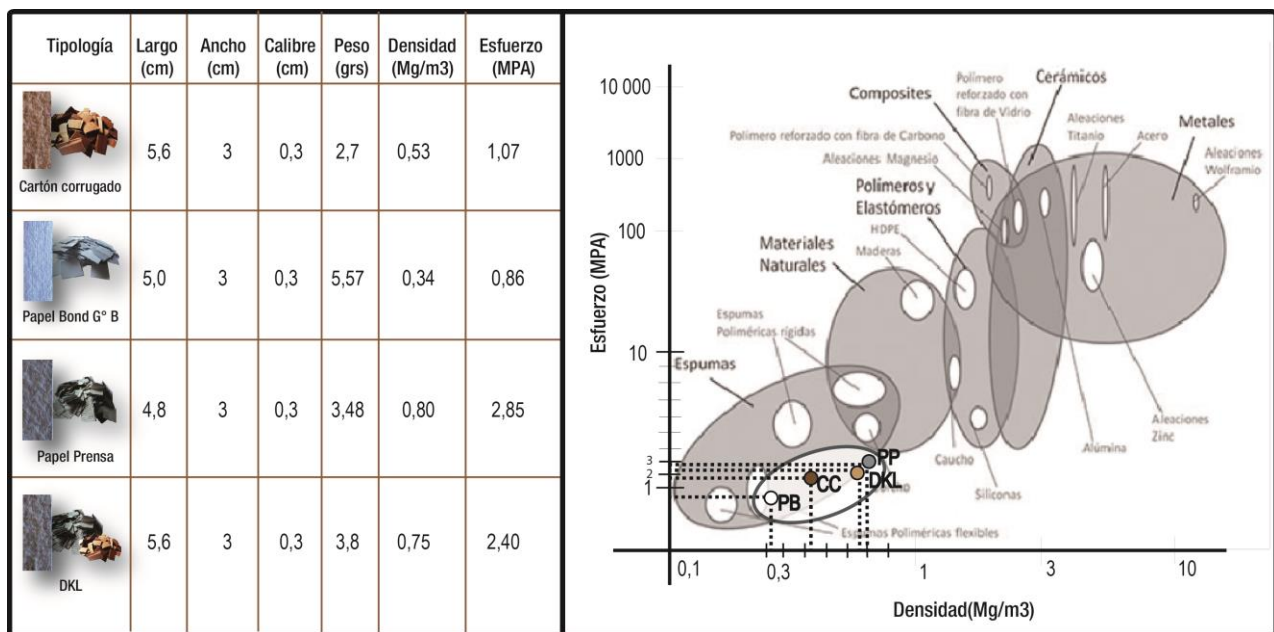
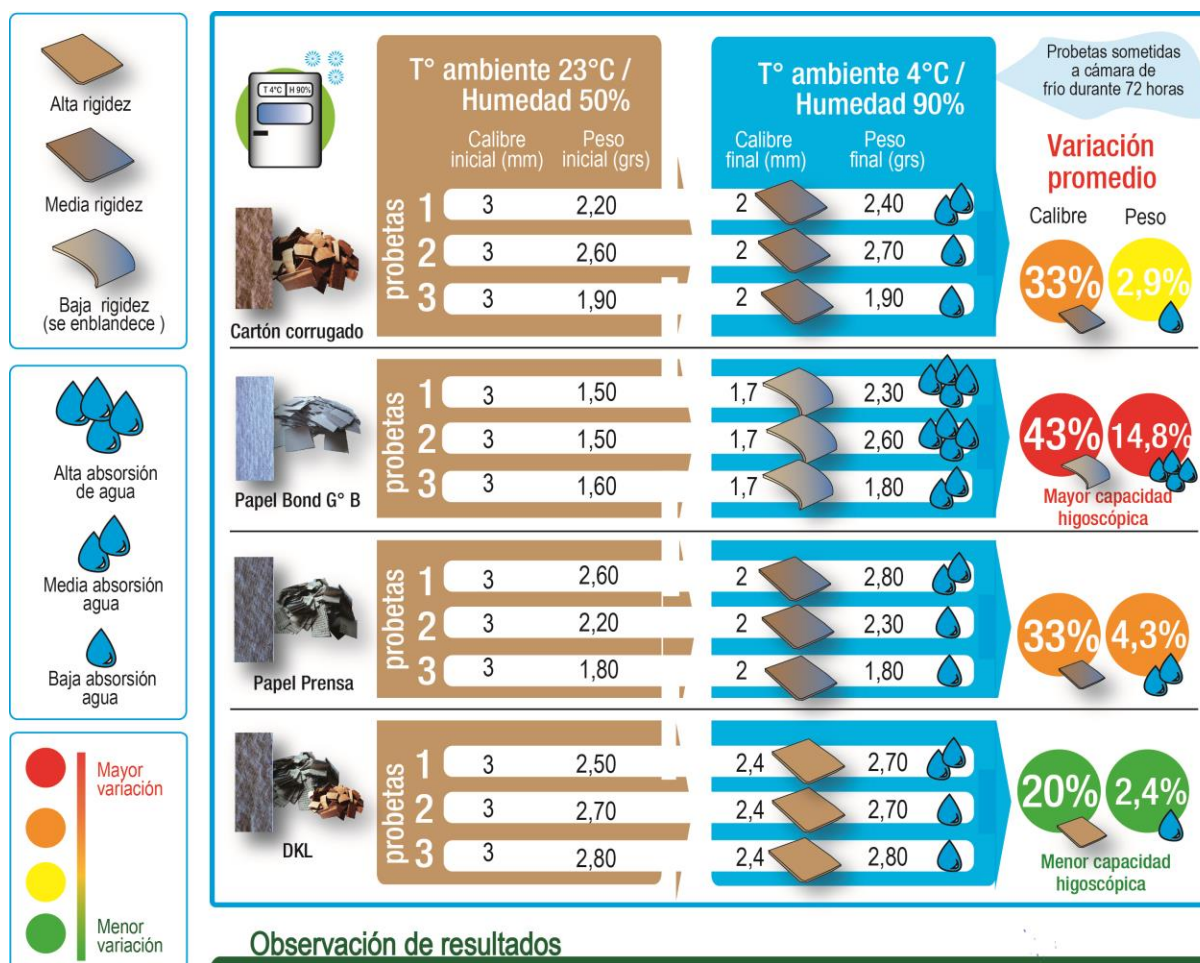


Figura 43: Gráfico comparativo Densidad- Esfuerzo de materiales. Elaboración propia.

Las tipologías de pulpas ensayadas se encuentran dentro de las características de esfuerzo/ densidad que proporcionan las espumas poliméricas. La pulpa de papel bond y la de cartón corrugado al ser más ligeras y menos resistentes a la tracción se posicionan sobre los círculos de espumas flexibles. El papel prensa y el DKL poseen propiedades similares al corcho pero no alcanzan los círculos de espumas poliméricas rígidas. Ahora bien, si se aumenta la densidad de los materiales elaborados aumenta con ello el esfuerzo del material. Ante ello los materiales ensayados a base de fibras recuperadas y agua, con una densidad mayor – engrosando el calibre del material- pueden alcanzar esfuerzos muchos mayores.

### 3.4.4.3 Absorción de humedad

La **absorción de humedad** puede medirse según la variación entre el peso de las probetas a temperatura ambiente (23°C humedad del 50%) y el peso de las mismas luego de ser sometidas a otra condición ambiental. En este caso las probetas se someten durante 72 horas a una cámara de frío a 4°C y humedad del 90%. Bajo este ensayo se puede diagnosticar también la capacidad de conservación como material rígido de cada probeta, es decir su **estabilidad dimensional** tras la variación del material una vez sacado de la cámara de frío.



## Norma

TAPPI 412 : Humedad en la pulpa, el papel y el cartón.

El método puede aplicarse para: determinar la cantidad de "humedad de recepción" y calcular resultados de análisis de humedad contenida en el peso original del espécimen (Gondi, 2011)

INFORME DE RESULTADOS

Contenido de humedad promedio.

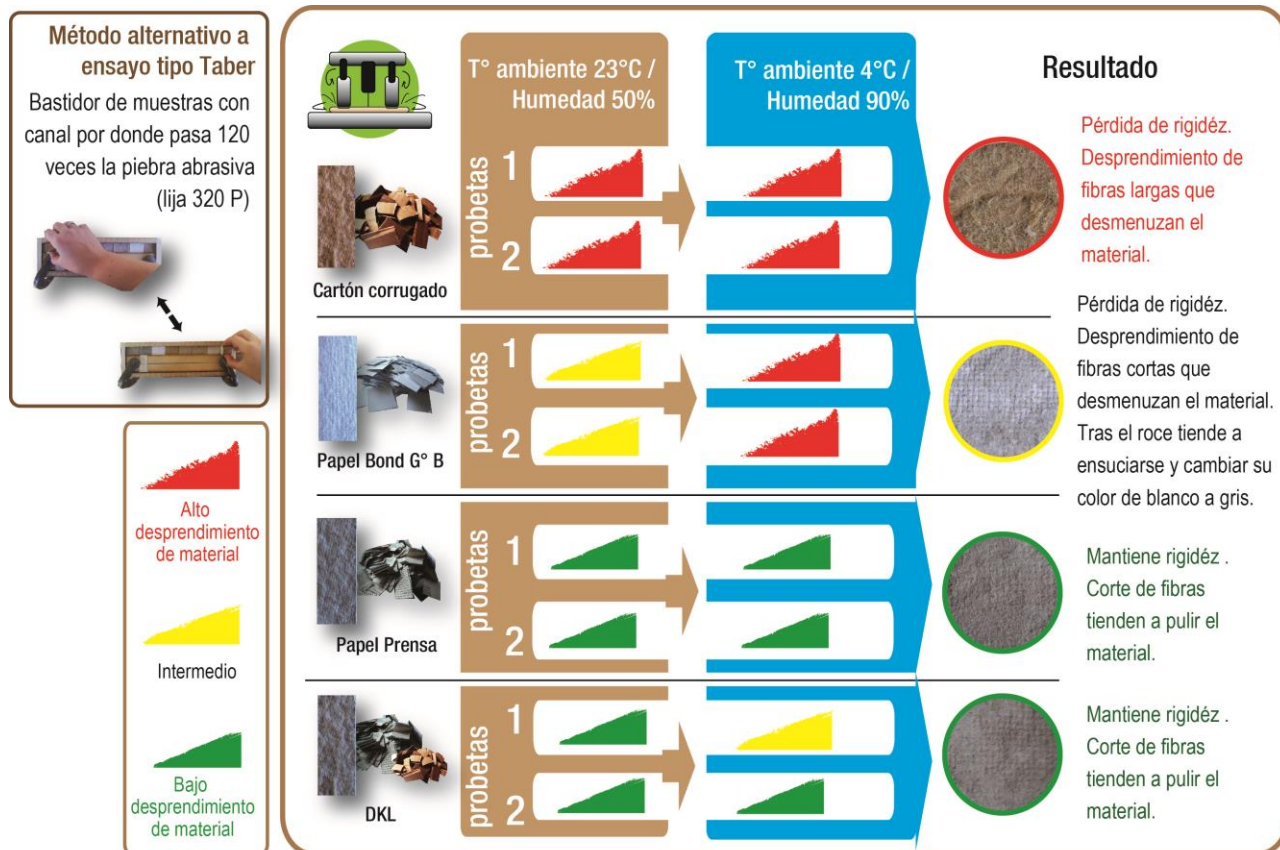
**Figura 44: Ilustración interpretativa de resultados de ensayo de absorción de humedad de pulpas de papel.**  
Elaboración propia.

La absorción de humedad evidentemente afecta a cualquiera de los materiales ensayados. Es una cualidad intrínseca de la materia prima de origen, ya que la celulosa en su naturaleza es una fibra higroscópica. Ante ello se aprecia un reducimiento de calibre en todas las muestras. Pese a ello solamente el papel bond es el que pierde su propiedad de material rígido tras reducir su calibre de 3 a 1,7mm.

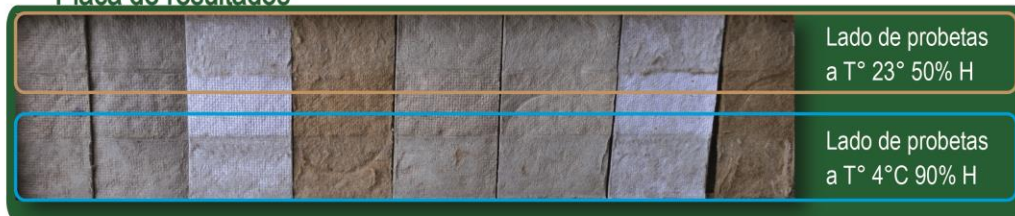
Las probetas de DKL y de cartón corrugado son las que menor cantidad de agua absorben seguido del papel prensa con un valor cercano de absorción. El papel bond es el que más agua absorbe tras el cambio de condiciones climáticas. Ante ello se puede afirmar que el DKL (material compuesto) posee los valores más bajos de variación y por ende la mejor estabilidad dimensional frente a cambios ambientales ya que no pierde sus propiedades dimensionales afectando la rigidez del material. El cartón corrugado y el papel prensa se comportan de manera similar, perdiendo estabilidad en cuanto a rigidez pero en menor escala que el papel bond que se ve afectado estructuralmente tras cambios ambientales.

### 3.4.4.4 Resistencia a la abrasión

Las probetas ensayadas a la abrasión son de calibre 3 mm, las cuales se someten a la fricción longitudinal de una piedra lija de 320 P, 120 veces durante 2 minutos, a T° 23°C humedad 50%. Se realiza el mismo procedimiento pero una vez que las probetas hayan estado 72 horas a T° 4°C humedad. Los resultados se interpretan de forma cualitativa en el gráfico siguiente a partir del análisis visual comparativo. Vale indicar que la norma establece el método Taber para la realización de este ensayo, pero a falta que de la máquina se realiza un ensayo alternativo obedeciendo el procedimiento del método.



#### Placa de resultados



#### Norma

##### TAPPI 476: Pérdida de abrasión en el papel y cartón (Método tipo Taber)

Este procedimiento determina la resistencia del papel y cartón por la acción de la abrasión en condiciones secas y húmedas. De preferencia, el espesor del material no debe ser mayor a los 3 mm (Gondi, 2011).

##### INFORME DE RESULTADOS

Se reporta por separado la pérdida de abrasión sufrida por el lado especificado del papel o cartón en condiciones húmedas y secas. Las condiciones ambientales en las que se realizaron los ensayos.























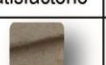

























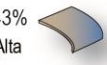
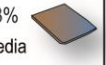





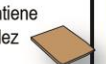



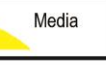


Figura 45: Ilustración interpretativa de resultados de ensayo de abrasión de pulpas de papel. Elaboración propia.

### 3.5 Conclusiones empíricas

Bajo este estudio experimental se logra entregar un diagnóstico del desempeño del moldeado de pulpas sometidas a distintos métodos, como el análisis de las propiedades mecánicas y de presentación de cada tipología de pulpas realizadas con los papeles más consumidos en Chile -que por ende tienen la mayor tasa de recuperación- en la proporción de 2 litros de agua por cada 100 gramos de papel, la cual reduce al 0,025% el consumo de agua utilizada en el mismo proceso industrial.

Estos datos pueden servir de guía para la aplicación del proceso y tipo de pulpa en algún producto a diseñar, como también para futuras experimentaciones entre mezclas de pulpas -variando proporciones-, o de materiales compuestos entre pulpas de papel y otras sustancias que otorguen mayores propiedades mecánicas a dichos materiales. Relacionado a ello se sugiere experimentar con la gama de polímeros biodegradables, de manera de continuar con la línea de degradación acelerada que caracteriza a las pulpas de papel de otros materiales competitivos como los polímeros derivados del petróleo.

A continuación se resume en la ficha técnica los resultados obtenidos del estudio empírico para luego, en el próximo capítulo, identificar posibles aplicaciones que demuestren las capacidades de los materiales estudiados en reemplazo de polímeros derivados del petróleo.

Tipología de pulpas	Cartón corrugado	Papel Bond G° B	Papel Prensa	DKL
Proceso para la obtención de celulosa	Termo mecánico	Químico	Termo mecánico	Termo mecánico
Tipo de fibras	Largas	Cortas	Largas	Largas
Ciclo de vida de fibras	Recicladas	Virgenes	Virgenes	Virgenes y recicladas
Propiedades de moldeado				
 Consistencia de pulpa en proporción 100 gr x 2 lts de agua	Pastosa	Acuosa	Pastosa	Pastosa
 Capacidad de moldeado con gradientes de desmolde	 Satisfactorio	 Satisfactorio	 Satisfactorio	 Satisfactorio
 Capacidad de moldeado sin gradientes de desmolde	 No completa morfología	 No completa morfología	 No completa morfología	 No completa morfología
 Cantidad de agua recuperada bajo la misma presión	85%	90%	80%	75%
 Estado de preservación de pulpa en contacto con agua	Olor avinagrado Color marrón	Sin olor Color blanco	Olor avinagrado Color gris	Olor avinagrado Color marrón
Propiedades de presentación				
 Color natural	Marrón	Blanco	Gris	Gris/ marrón
 Capacidad de texturizado	 Satisfactorio	 Satisfactorio	 Satisfactorio	 Satisfactorio
 Capacidad de altos y bajos relieves bajo proceso controlado y desmolde en seco	 Media	 Alta	 Media	 Media
 Capacidad de legibilidad de los altos y bajos relieves de 0,05 mm bajo proceso controlado y desmolde en seco	 Baja	 Alta	 Media	 Baja
 Capacidad de teñido natural bajo cocción de 10 minutos	 Media	 Baja	 Baja	 Media
Propiedades mecánicas				
 Resistencia a Carga axial (tracción) a 50% humedad, 23°C calibre 3 mm	1,07 MPA Equivalente a soportar 11 zapatillas 	0,86 MPA Equivalente a soportar 7 zapatillas 	2,85 MPA Equivalente a soportar 26 zapatillas 	2,40 MPA Equivalente a soportar 23 zapatillas 
 Elongación a la rotura (50% de humedad, 23°C, calibre 3mm)	0,8% Baja	1,2% Baja	2,1% Baja	1,46% Baja
 Variación de resistencia dinámica bajo cambios ambientales (90% de humedad, T4°C bajo calibre 3 mm)	50% Pierde resistencia a tracción	44% Pierde resistencia a tracción	31% Pierde resistencia a tracción	14% Mantiene resistencia a tracción
 Absorción de humedad (bajo 72 horas a 90% de humedad, 4°C, calibre 3 mm)	2,9%  Media	14,8%  Alta	4,3%  Media	2,4%  Media/ baja
 Variación de calibre ( tras 72 horas a 90% de humedad, 4°C, calibre 3 mm)	33%  Media	43%  Alta	33%  Media	20%  Media/ baja
 Estabilidad dimensional bajo cambios ambientales (90% de humedad, 4°C bajo calibre 3 mm)	Pierde un poco de rigidez 	Pierde mucha rigidez 	Pierde un poco de rigidez 	Mantiene rigidez 
 Densidad bajo calibre 3mm 50% humedad, 23°C (Mg/m3)	0,53 Baja	0,34 Baja	0,80 Baja	0,75 Baja
 Resistencia a la abrasión (120 ciclos, lija 320PP)	 Baja	 Media	 Alta	 Alta

Todas las pulpas poseen la capacidad de ser moldeadas bajo una proporción de mezcla de 100 gramos por 2 litros de agua. Sin embargo esta consistencia no logra en ninguna de las pulpas moldear morfologías sin gradientes de desmolde ya que la pulpa tiende a escurrir y acumularse en el fondo del molde. De lo contrario, morfologías cóncavas son más fáciles de moldear.

El tamaño de las fibras influye en el proceso de recuperación de agua, cuanto más cortas y delgadas más cantidad de agua se logra drenar con menor presión. Ante ello la pulpa de papel bond y la e cartón corrugado las que logran recuperar agua más fácilmente.

El proceso para la obtención de las fibras de celulosa influye en el estado del agua recuperada. Pulpas realizadas con celulosa química (como el papel bond) no poseen olor, pulpas de celulosa termomecánica (como las 3 restantes) poseen sustancias biomoleculares producto de la lignina que reaccionan frente a cambios ambientales provocando así el mal olor de las pulpas en remojo.

Todas las pulpas de papel moldeadas pueden obtener la textura de la superficie en contacto. Sin embargo, bajo un proceso controlado de secado y desmolde en seco, las pulpas de fibras cortas (pulpa de papel bond) logran un acabado superficial más exacto, ya sean texturas como altos y bajos relieves con desniveles muy leves de 0,005 mm.

En cuanto al teñido de las pulpas es necesario realizar un proceso de cocción y removimiento de las fibras con la tintura para que éstas logren moldearse con el color de manera homogénea. De lo contrario la tintura y las fibras se estratificarán en el molde. Bajo una cocción de 10 minutos el teñido es insuficiente. Pese a ello el DKL y el cartón corrugado fueron las que más alcanzaron a teñir las fibras.

Las fibras largas y vírgenes presentan mejores propiedades de resistencia mecánica que las fibras recicladas o fibras cortas. La pulpa de papel prensa y DKL soportan mayor carga axial que la pulpa de cartón corrugado o papel bond. Pese a ello si se comparan las pulpas con otros materiales, éstos tienen muy baja elongación, es decir que el cambio del valor de su magnitud de las fibras al aplicar carga, con respecto a su valor inicial, es muy bajo. Esto tiene que ver con la rigidez del material, que si bien comparado a otros materiales soporta muy poco esfuerzo, éste no adquiere deformaciones sino que tiende a cortarse una vez que colapsa su capacidad de carga.

Ahora bien, las pulpas al ser sometidas a cambios climáticos donde se aumenta la humedad a un 90%, tienden a disminuir su capacidad de resistencia. Esto tiene relación con la cualidad higroscópica de la celulosa. Ante ello todas las pulpas tienden a absorber agua aumentando su peso y adelgazando su calibre. El DKL, siendo un material compuesto es el material que menor variación de peso y calibre sufre tras variaciones de humedad, manteniendo su rigidez, su dimensión y variando muy poco su resistencia dinámica.

Como solución a este fenómeno se puede aumentar el grosor del material de manera de hacerlo más resistente a las variaciones de humedad.

Respecto a la abrasión, los materiales con menor rigidez (como el cartón corrugado y el papel bond) tienden a desprender con más facilidad las fibras conglomeradas. Mientras que las pulpas DKL y de papel prensa al ser más rígidas tienden a pulirse tras la acción mecánica abrasiva.

Capítulo 4

# APLICACIÓN

---

## ETAPA DE VALIDACIÓN

## 4.1 Selección de criterios para la elección de aplicación

En base a los resultados del análisis del método de moldeado en distintas tipologías de pulpa de papel se decide investigar sobre posibles aplicaciones que logren demostrar las propiedades mecánicas y de presentación analizadas. Ante ello se establecen ciertos criterios para la aplicación:

<b>Morfología</b>	Buscar una aplicación con gradientes de desmolde. Puede tener dobles curvaturas y altos y bajos relieves.
<b>Resistencia a la tracción</b>	Elegir una aplicación donde se demuestre la capacidad de tracción de las pulpas de papel a base de fibras pulverizadas y agua (sin la adición de aditivos y encolantes.)
<b>Baja exposición a cambios ambientales</b>	Buscar una aplicación con baja exposición a cambios climáticos ya que todas las pulpas (en menor o mayor grado) son higroscópicas si no se les adiciona encolantes o impermeabilizantes.
<b>Terminación superficial</b>	Demostrar la capacidad de las pulpas en materia de estampado de textura y altos y bajos relieves que concedan la legibilidad de un logo o letras, como muestra hacia el reemplazo de la impresión.
<b>Color</b>	Trabajar con los colores neutros intrínseco de la pulpa de manera de ahorrar en costos y tiempo de producción.
<b>Ligereza</b>	Buscar una aplicación que necesite ser ligero para cumplir su funcionalidad.
<b>Apilamiento</b>	Elegir un rubro donde se pueda demostrar la capacidad de apilamiento de la pulpa de papel
<b>Degradación</b>	Buscar una aplicación de corta vida útil de manera de potenciar la capacidad de degradación acelerada de la pulpa moldeada de papel.

## 4.2 Categorización de posibles aplicaciones

A continuación se analizan posibles rubros de aplicación de la pulpa de papel. En su mayoría son rubros de productos que se comercializan y utilizan en el mercado nacional, y en donde existe uso considerable de polímeros de origen fósil para su fabricación. Los rubros seleccionados corresponden a:

<b>Envases y Packaging</b>	<p><b>Definición</b></p> <p>Fabricados para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar productos en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Cuando se habla de <b>packaging</b> es el conjunto de elementos visuales que permite presentar el producto al posible comprador bajo un aspecto lo más atractivo posible, transmitiendo valores de marca y su posicionamiento dentro de un mercado.</p>
----------------------------	--

**Oportunidades:**





Envases empresa Frutisa. Chile



Regalos corporativos Nacionales.  
Productos Cocavi Gourmet, Sabores con identidad.

En Chile el mayor desafío en materia de envasados corresponde el rubro alimenticio. Tal es el caso de los frutos secos que podrían pasar a formar parte del grupo de exportaciones emblemáticas “made in Chile”, junto con el salmón, las materias primas forestales, la fruta fresca y el vino (C, Honorato, agosto 2013). También existen productos gourmet – como el merquen, pastas de salmón, mariscos, etc- que buscan diferenciarse de productos de consumo masivo tras su calidad y exclusividad, por lo que su envase juega un rol importante para captar la atracción del segmento de consumidor establecido. Además tienden a ser productos que se venden en packs por lo que necesitan de un envasado que unifique los productos seleccionados por el consumidor. Sin embargo actualmente se aprecia la utilización de envases de PS que no poseen diseño, o frascos, cajas y botellas estandarizadas que carecen de un lenguaje común entre los productos ofrecidos. Ante ello se podría trabajar en una línea de envases que incorporen conceptos de los productos tradicionales de identidad Chilena, donde el moldeado de pulpa puede ser una alternativa hacia el diseño de morfologías y colores naturales que conserven los productos en óptimas condiciones hasta su lugar de destino para luego ser desechados sin carga ambiental.

#### Limitantes:

- Normas de alimentación
- Capacidad de soportar cambios climáticos sin dañarse ni perder sus propiedades de presentación.

## Juguetes



Juguetes infantiles ofrecidos en el mercado Nacional.

#### Definición:

Objetos para jugar y entretener, generalmente destinado a niños. Pueden ser utilizados individualmente o en combinación con otros.

#### Oportunidades:

Son productos de corta vida útil ya que están enfocados a bebés y niños. Existe una amplia gama de morfologías según la función de entretención a la que esté comprometido el artículo. Por lo general son productos ligeros importados producidos en una amplia variedad de polímeros con una baja competencia nacional que ofrezca una alternativa hacia juguetes más amigables con el medio ambiente.

#### Limitantes:

- Productos que se encuentran al alcance de niños deben ser regidos por normas de salubridad del material.
- Poseen un alto riesgo de ser sometidos al contacto con el agua y la abrasión producto de la manipulación infantil.

## Merchandising



Artículos de escritorio y oficina



Artículos de bolsillo y cartera

### Definición:

Accesorios fabricados con la intención de dirigir al cliente hacia los productos y servicios ofrecidos por las marcas y empresas para facilitar y atraer la acción de compra de los consumidores. Bajo esta premisa se fabrican en serie a bajo costo para luego estampar los logos de las marcas publicitadas.

### Oportunidades:

Existe una tendencia de las marcas a buscar alternativas más amigables con el medio ambiente. Ante ello ofrecer alternativas de moldeado de pulpa de papel de este tipo de artículos puede ser una alternativa rentable que mejore la imagen de las marcas.

### Limitantes:

- Producción masiva e importación china que se vende por mayor a muy bajo costo.

## Exhibidores



### Definición:

Accesorios donde se ubican y exhiben diferentes productos que se comercializan

### Oportunidades:

Son artículos con una amplia variedad de morfologías según su aplicación. Ante ello se comercializan en distintos materiales según el estudio del peso y producto a exhibir. Muchas aplicaciones son de uso para interior por lo que no los someten al contacto con la intemperie.

### Limitantes:

- Producción masiva e importación china que se vende por mayor a muy bajo costo.

### 4.3 Selección de producto

Para determinar dónde aplicar el material se realiza una tabla de doble entrada entre algunos productos de los rubros analizados y los criterios establecidos. Los resultados de la tabla identifican que los colgadores representan la aplicación donde mejor se pueden demostrar las propiedades del moldeado de pulpa de papel ya que la mayoría de los criterios seleccionados resultan relevantes en esta aplicación.

Rubros	Criterios	Morfología cóncava con posible doble curvatura	Resistencia a la tracción	Baja exposición a cambios ambientales	Terminación superficial	Color neutro	Ligereza	Apilamiento	Desecho/Degradación	Total
	Productos									
Envases	Frutos secos 	3	2	1	2	2	3	3	3	19
	Pack productos nacionales gourmet 	2	2	1	3	2	3	3	3	19
Juguetes	Mecedores 	3	3	1	2	1	1	1	1	13
	Juguetes de primera etapa 	2	1	1	3	1	3	1	2	14
Merchandising	Artículos de escritorio 	3	1	2	3	1	1	1	1	13
	Artículos cartera 	2	1	1	2	1	3	1	2	13
Exhibidores	Colgadores 	2	3	2	2	3	3	3	3	21
	Maniquies 	3	2	2	2	3	2	1	1	16
	Porta objetos 	3	1	1	3	2	2	1	1	14

Relevancia del criterio en el producto

Baja:1

Media:2

Alta:3

Figura 46: Tabla de doble entrada. Criterios de selección y Rubros. Elaboración propia

### 4.3.1 Estado del arte de colgadores para la selección de colgador tipo a desarrollar

Del universo de colgadores, se logra diferenciar los de uso doméstico y los utilizados para retail y comercio. El rubro de exhibición acoge solamente los colgadores de retail. Ante ello se analiza el universo de colgadores de este rubro en función a su uso, materialidad y morfología. Además, para evitar replicar un colgador ecológico ya existente, se estudian las alternativas que ofrece el mercado internacional en materia de colgadores más amigables con el entorno, y sus características, para así lograr seleccionar un colgador que aún no posee una solución amigable y replicarlo en pulpa de papel como producto alternativo a éste.

#### Colgadores plásticos para comercio

##### Colgadores de accesorios

Materialidad: Polipropileno flexible  
 Resistencia: hasta 30 kilos  
 Morfología: plana  
 Colores: Negro y blanco traslúcido  
 Precio unitario nacional: \$50 a \$100 C/U  
 Precio internacional por mayor: US \$ 0.01, 5000 unidades  
 Detalles: Poseen espacio para colocar sticker de logo de marca



##### Colgadores de calzado

Materialidad: Polipropileno flexible  
 Resistencia: hasta 30 kilos  
 Colores: Se fabrican en todos los colores  
 Morfología: planas y volumétricas  
 Precio unitario nacional: \$150 C/U  
 Precio internacional por mayor: US \$ 0.02, 5000 unidades  
 Detalles: Poseen espacio para colocar sticker de logo de marca



##### Colgadores de ropa interior



Materialidad: Poliestireno  
 Color: Traslúcido  
 Morfología: Plana  
 Precio unitario nacional: \$ 40 C/U  
 Precio por mayor: \$ 20, 1000 unidades  
 Industria: Rehno (Chile)



Materialidad: Polipropileno flexible  
 Color: blanco traslúcido  
 Morfología: volumétrica cóncava  
 Precio por mayor nacional: \$ 400 C/U  
 Industria: China

##### Colgadores anatómicos

Materialidad: Polipropileno flexible y gancho de acero inoxidable



Color: Negro  
 Morfología: Volumétrica para lograr imitar espesor de hombros  
 Precio unitario nacional: \$ 350 C/U,  
 Precio por mayor nacional: \$100, 1000 unidades  
 Detalles: Poseen espacio para colocar logo de marca



Color: Negro y blanco  
 Morfología: Volumétrica sólida hueco  
 Precio unitario nacional: \$ 2000 C/U

##### Colgadores de vestimenta superior e inferior

Materialidad: Polipropileno. Gancho de acero inoxidable y broche de polipropileno con mecanismo metálico.  
 Color: Negro y blanco traslúcido  
 Precio unitario nacional: \$ 100 C/U  
 Detalles: Poseen espacio para colocar logo de marca



#### Alternativas amigables con el medio

Cartones reciclados con diseño de estampados para colgar accesorios



Colgadores planos de cartón piedra.



Estuche- colgador Hangerpack Reutiliza el envase convirtiéndolo en colgador.



Colgador ADIDAS de cartón piedra.



Propuesta de diseño independiente. Pliego de cartón corrugado con refuerzos dobles en zonas críticas. Se pliegan los dobleces hasta formar el colgador multiuso.



Ecopapel. Realiza colgadores de pulpa de 99% pasta Virgen de desechos de celulosa de trigo y 1% Almidón. Superficie anterior lisa y superficie posterior texturada. Logotipo personalizable en relieve.



Green hanger de Australia diseña colgadores de papel reciclado, sin utilizar tintas ni encolantes. Logotipo personalizado en relieve



Figura 47: Tipologías de colgadores. Elaboración propia.

En el gráfico anterior se detecta que los colgadores de ropa interior de polipropileno, si bien podrían ser reemplazados por alguno de los referentes mencionados - más amigables con el medio ambiente-, no se logra hallar un producto exclusivamente alternativo a este tipo de colgadores. Ante ello, se selecciona el colgador anatómico de lencería como producto a desarrollar de manera alternativa.



Figura 48: Colgador seleccionado.

#### 4.4 Desarrollo morfológico de colgador seleccionado

Ficha Técnica	Funcionalidad de partes	Posibles artículos de exhibición
<p>Función: Colgador anatómico para exhibir piezas superiores de lencería sin mangas</p> <p>Material : Polipropileno virgen (PP)</p> <p>Color: Blanco traslúcido</p> <p>Peso: 64 gramos</p> <p>Resistencia: 5 Kgs</p> <p>Origen de fabricación: China</p> <p>Costo local: \$ 400 (por mayor)</p> <p>Tiempo de degradación del material: 1000 años</p>		

#### Primer análisis y transformación morfológica en función de las propiedades de la pulpa de papel

- 1 Identificación de zonas críticas con riesgo de rotura acelerada



- 2 Unión entre colgador y pasador de breteles para obtener mayor superficie de resistencia



- 3 Triangulación con intención de reforzar zonas críticas en base a la morfología real del torso femenino.

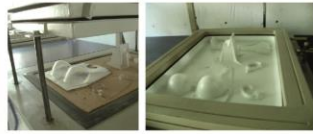


- 4 Incorporación de enganches para pasadores



## Primer proceso de matricería y moldeado de pulpa de papel

- 1 Maqueta volumétrica para termoformar en PAI



- 2 Proceso de termoformado en PAI de 1,5 mm

- 3 Molde plástico volumétrico cóncavo (Termoformado)



- 4 Proceso de moldeado de pulpa a molde abierto por absorción.

- 5 Proceso de secado en cámara solar para acelerar el proceso de secado sobre molde (4 horas a 40°C). Desmolde en seco para obtención de textura lisa de la cara en contacto con el molde de PAI.



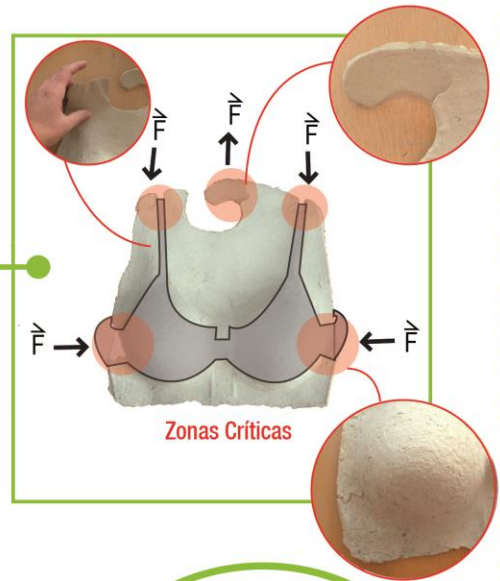
## Resultados

### Análisis del desempeño morfológico y del material en probetas moldeadas

### Constantes

Tipología de pulpa: 100% papel de diario  
 Cantidad de pulpa incorporada al molde: 600 gramos  
 Recuperación de agua: 75%  
 Peso de probetas en seco: entre 43 y 50 gramos

	Revés rugoso	Frente liso	Observaciones
PROBETA 1			Probeta de calibre muy delgado en zonas de tensión que producen las prendas colgadas.
PROBETA 2			Se refuerzan Zonas Críticas engrosando calibre a 3 mm
PROBETA 3			Se ensancha zona de colgador (gancho)
PROBETA 4			Nervadura de refuerzo en zonas críticas y borde. Se deja secar el producto con un peso que genere presión sobre cara en contacto con atmósfera (reves), mejorando así la terminación superficial del reves.



## Segundo análisis y transformación morfológica en función de los resultados de probetas de pulpa de papel

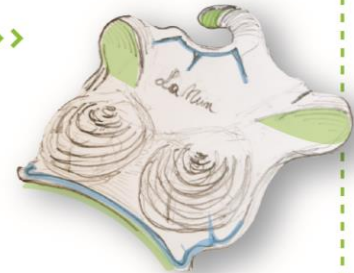
- 1 Reducción de profundidad y ensanche de endaduras para evitar el quiebre prematuro de laterales y regularizar colgado de prendas.



- 2 Incorporación de hombros para reforzar laterales y regularizar colgado de prendas, permitiendo también el cuelgue de prendas con mangas.



- 3 Volúmenes estructurales: Adición de curvaturas y nervaduras para reforzar estructuralmente



- Zonas de concavidades
- Zonas de nervaduras

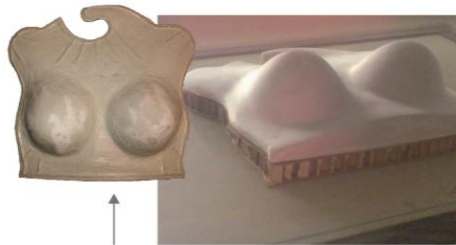
## Segundo proceso de matricería y moldeado de pulpa de papel

- 1 Maqueta volumétrica y presentación de prenda exhibida



Se logra mejorar la simetría de la prenda al estar exhibida.

- 2 Fabricación de molde para termoformar. Se enmasilla toda la maqueta para lograr curvas propuestas en zonas de carga y textura pulida en superficie.



Si bien en un comienzo se contabilizan las nervaduras en todo el contorno, luego se decide quitarlas y realizar pruebas de nervaduras sobre el molde plástico.

- 3 Proceso de termoformado sobre PAI de 1,5.



Falla de pliegues de termoformado



Incorporación de logotipo para hacer pruebas de logo en bajo relieve.

T° de termoformadora deforma molde base deformando la morfología.

- 4 Moleado de pulpa utilizando los tres moldes para la realización de pruebas de nervaduras y logotipo.



## Resultados

Análisis de 3 tipologías de probetas moldeadas variando materialidad y modos de refuerzos en zonas críticas.

	Revés rugoso	Frente liso	Observaciones
<p><b>PROBETA 5</b></p> <p><b>Materialidad</b> 800 grs de Pulpa de papel bond Calibre 3 mm</p> <p><b>Tipo de refuerzo</b> Nervaduras delanteras en bajo relieve por todo el perímetro Con refuerzo perimetral</p>			<p>Propuesta de nervaduras de bajo relieve no logran trabajar reforzando el producto. </p> <p>Refuerzo perimetral cumple su función y logra buena terminación superior. </p> <p>Logotipo de 2 mm de profundidad logra apreciarse, pudiendo reducirse para evitar desprendimiento del material. </p>
<p><b>PROBETA 6</b></p> <p><b>Materialidad</b> 800 grs de Pulpa de DKL Calibre 2 mm</p> <p><b>Tipo de refuerzo</b> Sin nervaduras Con refuerzo perimetral</p>			<p>Refuerzo perimetral cumple su función manteniendo rígida la estructura morfológica y logrando buena terminación con el doblé en el borde. </p> <p>Engrosando el material a 3 mm lograría mayor resistencia en zonas críticas.</p> <p>Sin nervaduras traseras permite apilar colgadores generando menor volumen. </p>
<p><b>PROBETA 7</b></p> <p><b>Materialidad</b> 800 grs de Pulpa de papel prensa Calibre 2,5 mm</p> <p><b>Tipo de refuerzo</b> Nervaduras traseras en alto relieve por todo el perímetro Refuerzo perimetral</p>			<p>Se logran detectar las zonas en donde se hacen efectivas las nervaduras, localizando en la zona superior la necesidad de mayor refuerzo. </p> <p>Con nervaduras traseras en alto relieve se aumenta el volumen al ser apiladas. </p>

## Análisis de estampado de logotipo en alto relieve en 2 tipologías de pulpas

<p><b>PROBETA 8</b></p> <p>Pulpa de papel bond</p>		<p><b>PROBETA 9</b></p> <p>Pulpa DKL</p>	
<p>Fibra corta logra mejor terminación y legibilidad de logotipo</p>		<p>Fibra larga posee menor legibilidad de logotipo</p>	



#### 4.4.1 Discusión de resultados

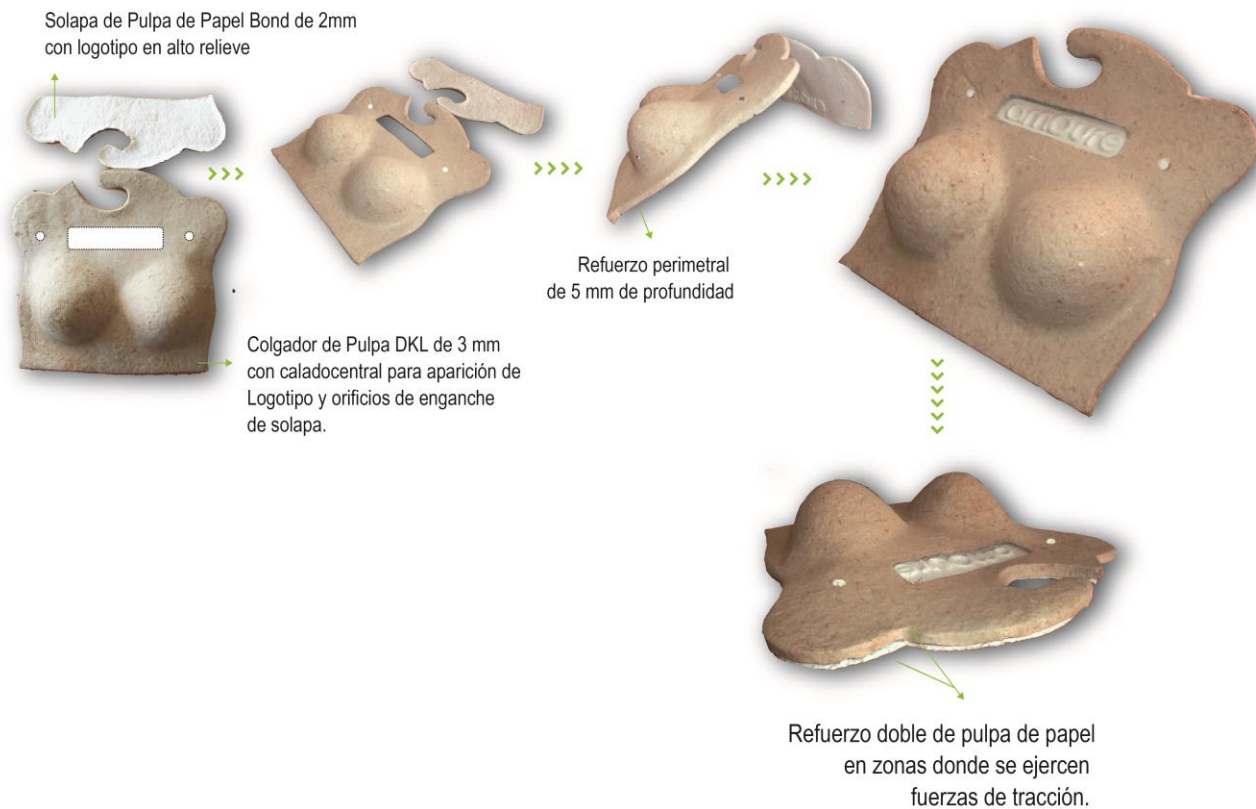
Las probetas realizadas en pulpa de papel sirvieron para evaluar las zonas críticas del colgador e incorporar soluciones estructurales con diseño de manera de hacer más eficiente el uso del colgador exhibidor de prendas de lencería. Vale decir que se discrimina el estudio ergonómico en función a las tallas de las prendas, ya que se trabaja en función al colgador plástico para lograr proponer una alternativa a éste mismo.

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de ensayos de morfología y resistencia del producto alternativo de pulpa de papel se evalúa que la probeta DKL es la que se mantiene más rígida tras el refuerzo perimetral, pudiendo aumentar su rigidez -y por ende su vida útil- tras la extensión del calibre a 3mm. Las zonas más críticas se detectan en la parte superior del colgador. Una alternativa de refuerzo sería colocando nervaduras como las propuestas en la probeta N°7, sin embargo esta opción aumenta el volumen de apilamiento entre los colgadores. Otra alternativa es reforzando con mayor espesor de material estas zonas sin necesidad de nervaduras.

Por otro lado se evalúa que el logotipo tiene mejor legibilidad y terminación en alto relieve de 2 mm, en la probeta N° 8, de fibra corta (pulpa de papel bond), que sobre pulpa DKL (probeta N°9).

Bajo estas premisas, la siguiente propuesta de diseño plantea incorporar distintas pulpas de fibra larga y fibra corta para potenciar el desempeño de resistencia y de presentación de cada cual.

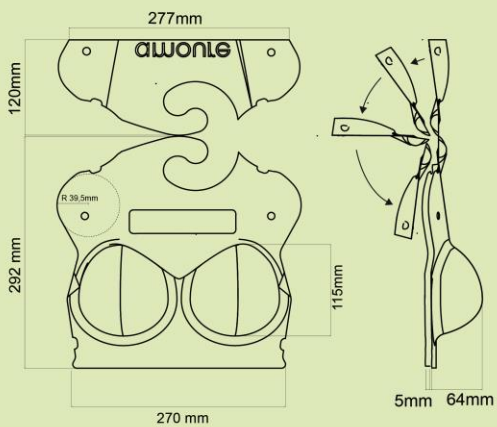
#### 4.5 Propuesta de diseño



## Ficha Técnica

**Función:** Colgador anatómico para exhibir piezas superiores con y sin mangas  
**Material :** Pulpa de papel (DKL y papel bond)  
**Color:** marrón claro y logotipo en alto relieve blanco  
**Peso:** 70 gramos  
**Resistencia:** 5 Kgs  
**Origen de fabricación:** Chile  
**Costo local:** \$ 400 (por mayor)  
**Tiempo de degradación del material:** 1 a 2 años

## Planimetría



## Posibles artículos de exhibición



Trajes de baño cruzados



Sostenes



Camisones, vestidos,  
poleras sin mangas



Poleras, vestidos con mangas



## 4.5.1 Matricería

Mediante el diseño de la matricería del colgador se logra estandarizar la compresión y el drenaje de la pulpa, como también el modo de secado, el cual, si se deja secando dentro de la matriz se puede lograr un acabado superficial más pulido por ambos lados del producto.

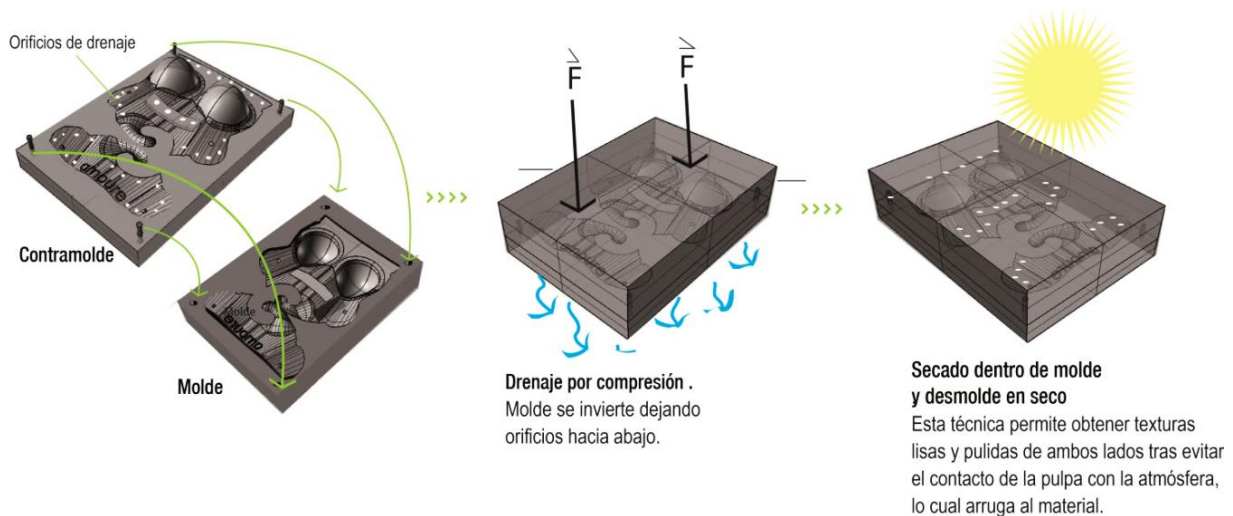


Figura 49:: Modelado de matricería proyectada en material conglomerado de fibras de madera para su posterior termoformado. Elaboración propia

## 4.6 Conclusiones

El estudio logró dilucidar el desempeño de cada pulpa de papel en función al análisis de su origen y proceso primario. Con estos datos se logró dilucidar el comportamiento de cada material sometido a fuerzas y variaciones ambientales, como las capacidades de texturizado y presentación. Ante ello, se puede afirmar que para realizar estudios de las propiedades de las pulpas, ya sean compuestas como simples, es necesario saber los antecedentes del material pulperizado.

Es así como se identifica que las pulpas de fibras cortas poseen mayor capacidad de texturizado y acabados más perfectos de las pulpas de fibra larga. A su vez las pulpas de fibras largas vírgenes son las que mayor resistencia a fuerzas externas poseen, no así las pulpas elaboradas con fibras largas recicladas. Éstas poseen menor resistencia debido a la pérdida de propiedades tras la mayor cantidad de procesos productivos a la que fueron sometidas. El adelgazamiento de su espesor debilita al material. Pese a ello al mezclar pulpas de fibras largas recicladas con fibras largas vírgenes, (pulpa denominada DKL), las propiedades mecánicas se modifican, logrando un material con mayor resistencia dinámica y estabilidad dimensional frente a cambios de humedad y temperatura.

**Con estos resultados se deja abierta la investigación experimental de otras pulpas compuestas, que logren dilucidar mayor cantidad de propiedades del material, como propiedades acústicas, térmicas, entre otras.**

### 4.6.1 Sistema- producto

Bajo las propiedades mecánicas y de presentación analizadas de cada tipología de pulpa y su posterior aplicación como alternativa a un producto polimérico existente en el mercado, se logra validar el proceso de moldeado de pulpa de papel a base de 2 litros de agua por cada 100 gramos de fibra, como material sustituto del plástico con capacidades de moldeado de figuras volumétricas cóncavas rígidas, como también la legibilidad en leves bajos y altos relieves que permiten sustituir el uso de tintas o stickers para la incorporación de información gráfica en los productos.

Ahora bien, de la comparación de sistema- producto entre ambos colgadores, a grandes rasgos se pueden visualizar varias diferencias. En primer lugar el ciclo de vida del colgador plástico no se cierra. Una vez que este es desechado, es muy probable, como se dijo en un comienzo, que su destino sea el vertedero, por la falta de campañas y empresas locales recolectoras de plástico. Por otro lado este producto proviene de China, en donde se produce en serie para la exportación y distribución mundial por muy bajo costo. Experimenta largos traslados hasta llegar a ser comercializado en el mercado Chileno por un monto de \$400.

De lo que respecta al colgador de pulpa de papel, en primer lugar logra cerrar su ciclo de vida, ya sea por su degradación o por su capacidad de reciclaje. Su materia prima proviene del desecho local, lo cual puede fomentar aún más la recolección de productos de origen celulósico si aumenta la demanda de productores que necesiten del papel para fabricar sus productos. Bajo esta premisa, si se utiliza matricería de bajo costo, como la que se plantea en el estudio realizado, el proceso de moldeado de pulpa de papel para la fabricación de productos, puede ser una alternativa hacia emprendimientos locales de pequeñas y medianas empresas que se encarguen de abastecer de un bien a uno o varios clientes. Por ejemplo, una PYMES podría encargarse de proveer de cierta cantidad de colgadores a una marca en específico que busque diferenciarse de sus competidores por medio de colgadores exclusivos, originales, estéticos y degradables, pudiendo así cobrar \$400 por cada unidad vendida y con ello competir con los colgadores plásticos.

Es así como el proceso de moldeado de pulpa de papel a baja escala se enmarca en un ciclo fructuoso de reciclaje y producción local, que logra generar empleo, reducir desechos, producir a base de reutilizar y con ello generar conciencia medioambiental.

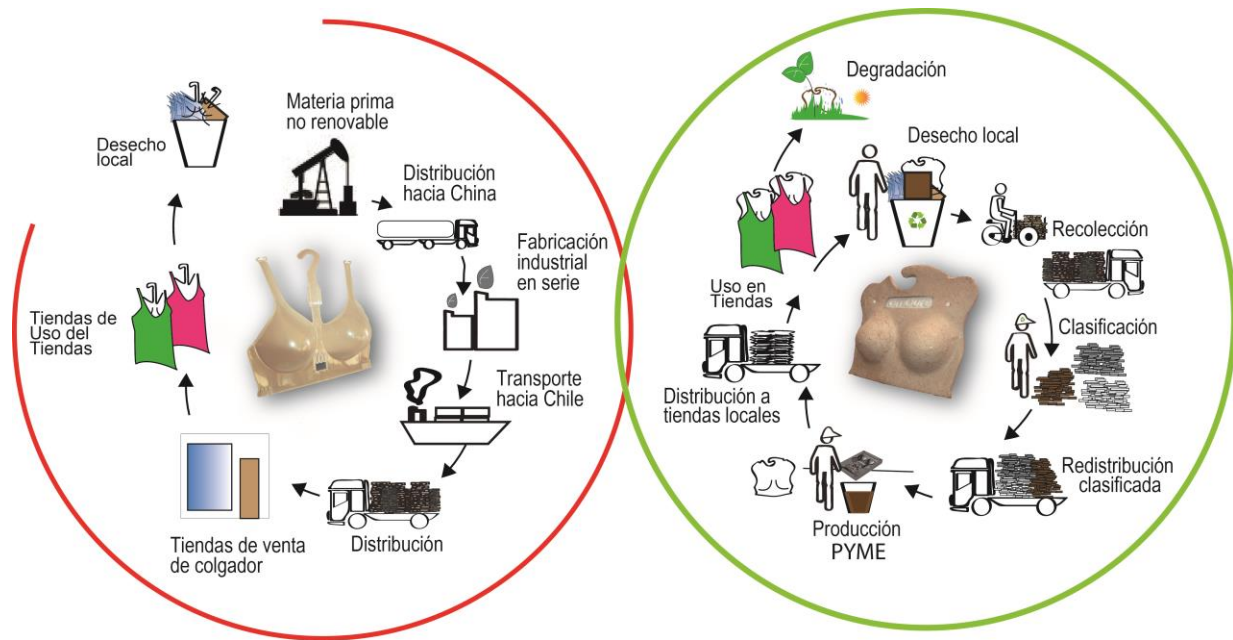


Figura 50: Comparación entre ciclo de vida de colgador plástico y colgador de moldeado de pulpa de papel.

Elaboración propia.

## 4.6.2 Proyecciones

- Este estudio deja una base de información del desempeño de tipologías de pulpas de papel a base solamente de agua y papel triturado, y una aproximación del método de teñido natural de fibras, sirviendo de sustento para más investigaciones de materiales compuestos u otras combinaciones de pulpas de papel. O bien como fundamentación para diseños de productos que quieran aplicar alguna de las pulpas estudiadas.
- Las matricerías para el moldeado de pulpa de papel industrial por lo general son muy costosas tras ser confeccionadas artesanalmente en acero inoxidable, o cobre. Sin embargo en este estudio se propone la utilización de máquinas a control numérico, donde por medio del modelado 3D, se puede lograr la matricería deseada, para ser posteriormente routeada en algún material menos costoso, como placas de aglomerado o poliestireno de alta densidad, para luego impermeabilizadas con algún compuesto y posteriormente ser enmallada o termoformada, según la técnica de desmolde y secado que se utilice.
- Las alternativas de secado en molde plástico, método que le concede al material un acabado superficial liso, se realizaron a temperatura ambiente o aplicando calor con secador. Si se quisiera acelerar este proceso se debe buscar un material de matricera que tolere altas temperaturas, o realizar una cámara de calor con salida de aire para evitar el sobrecalentamiento y derretimiento del plástico.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Basednjak, Moldes [en línea]  
<<http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15012220/22638-3142.pdf>>[consulta: Octubre 2013]
- Arauco, 2013, Productos.[en línea]  
< <http://www.arauco.cl/informacion.asp?idq=624&parent=0&idioma=17>>[consulta: Agosto 2013]
- Asipla,2012. Panorama de la Industria del plástico en Chile 2012 [en línea]  
< <http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2010/09/Datos-Industria-del-Plai%CC%80stico-Chile-2012-Esperado.pdf>>  
[consulta: Septiembre 2013]
- Banco Central de Chile, 2012 . Indicadores de Comercio Exterior, segundo trimestre 2012. [en línea]  
<<http://www.bcentral.cl/publicaciones/estadisticas/sector-externo/pdf/ice022012.pdf>> [consulta: Septiembre 2013]
- Chimolsa, 2013.Productos [en línea]  
< <http://www.chimolsa.cl/pages/productos.htm>.> [consulta: Octubre 2013]
- CMPC Celulosa, 2013, Productos. [en línea]  
< <http://www.cmpccelulosa.cl/CMPCCELULOSA/interior.aspx?cid=3&leng=es>> [consulta: Agosto 2013]
- Comisión Brundtland, 1987. Informe Nuestro Futuro Común.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), 2011. Primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile.  
[en línea]  
< [http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016\\_Capitulo\\_3.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_3.pdf) > [consulta: Agosto 2013]
- CORMA, 2012. Sector Forestal Chileno, Infraestructura para la competitividad, [en línea]  
< <http://www.corma.cl/file/seminarios/documento/presidente-corma-biobio-jorge-seron-ferre.pdf>>[consulta: Agosto 2013]
- Cyadicip, 2000. Fabricación De Productos En Pulpa Moldeada: Un Caso De Estudio. Pdf.
- E, Marquez, 2012. Guía de empaque I, Papeles y cartones, Instituto de Valencia. [ en línea]  
<[http://descarga.besign.com.ve/empaque\\_1/semana3/Guia\\_Papel\\_Carton.pdf](http://descarga.besign.com.ve/empaque_1/semana3/Guia_Papel_Carton.pdf)>[consulta: Septiembre 2013]
- G, Rodriguez, 1999, Manual de diseño industrial. [en línea]  
< <http://www.slideshare.net/moygp/manual-de-diseo-industrial>> [consulta: Octubre 2013]
- Grupo Gondi, 2013. Métodos de Ensayos en función a normas TAPPI. [en línea]  
<[http://www.grupogondi.com/metodos\\_espanol.pdf](http://www.grupogondi.com/metodos_espanol.pdf)> [consulta: Agosto 2013]
- Honorato, 2013. Frutos secos se unirán a las exportaciones emblemáticas de Chile. [en línea]  
<<http://www.portalfruticola.com/2013/08/21/frutos-secos-se-uniran-a-las-exportaciones-emblematicas-de-chile/?pais=chile>>, [Agosto 2013]
- INFOR, 2009, Instituto Forestal de Chile Estadísticas Forestales en general.[en línea]  
<[http://www.cpl.cl/archivos/acuerdos/28\\_2.pdf](http://www.cpl.cl/archivos/acuerdos/28_2.pdf)> [consulta: Septiembre 2013]
- La Nación, Martes 29 de octubre, 2013. Alertan sobre la escasez de papel para diarios [en línea] La Nación en internet  
< <http://www.lanacion.com.ar/1633478-alertan-sobre-la-escasez-de-papel-para-diarios>> [consulta: Octubre 2013]

- La tercera, Residuos 2010, Primer reporte de manejo de residuos sólidos en Chile. [en línea]  
<<http://www.latercera.com/noticia/nacional/2012/05/680-461264-9-chile-lidera-produccion-de-basura-anualmente-en-latinoamerica.shtml>> [consulta: Agosto 2013]
- M, Chacón, 2009. Guías prácticas para el Ecodiseño, Universidad de Chile.
- Messer, 2012. Fabricación del papel. [en línea]  
<[http://www.messer.es/Sectores\\_y\\_aplicaciones/pulpa\\_papel/Fabricacion\\_de\\_papel\\_040210.pdf](http://www.messer.es/Sectores_y_aplicaciones/pulpa_papel/Fabricacion_de_papel_040210.pdf)> [consulta: Agosto 2013]
- OIT, 2012. El Trabajo Decente en la Industria Forestal en Chile [en línea]  
<[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms\\_206093.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms_206093.pdf)> [consulta: Agosto 2013]
- SCA, 2012. Fabricación del papel. [en línea]  
<[http://www.sca.com/Global/Publicationpapers/pdf/Brochures/Papermaking\\_ES.pdf](http://www.sca.com/Global/Publicationpapers/pdf/Brochures/Papermaking_ES.pdf). [consulta: Agosto 2013]
- SOREPA, 2009, ¿Qué es el papel? [en línea]  
< [http://educacion.ucv.cl/prontus\\_formacion/site/artic/20061215/asocfile/ASOCFILE120061215122644.pdf](http://educacion.ucv.cl/prontus_formacion/site/artic/20061215/asocfile/ASOCFILE120061215122644.pdf)> [consulta: Octubre 2013]
- Sorepa, 2013. Recuperación de recortes [en línea]  
<<http://www.sorepa.cl/sorepa/contenidoslistados.aspx?cat=17>> [consulta: Agosto 2013]
- UC Temuco, 2011. Reciclaje, Por un mejor futuro, por un mejor presente. [en línea]  
<[http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/articles-54525\\_nicolas\\_schiappacase2.pdf](http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/articles-54525_nicolas_schiappacase2.pdf)> [consulta: Agosto 2013]
- V Congreso Iberoamericano De Investigacion En Celulosa Y Papel , 2008. Productos Moldeados.PDF.