

04-011

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF PAPER FIBRES FOR BETTER MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES

Ferrá González, Mariana (1); Valls Vidal, Cristina (2); Carnicé Bañeres, Pilar (1)

(1) ALIER SA, (2) Universidad Politecnica de Cataluña

The Spanish Paper Industry is committed with recycling and aims to meet the objectives of the circular economy. However, the raised demand of recovered fibres has created a high impact on their prices, producing an increase in costs and a reduction in their availability. In addition, also there is a big diversity of fibre types that can be found in recovered paper, which makes handling, control and the full use of the raw material very difficult. The objective of this work is to be able to optimize the use of fibres in order to produce savings in raw material costs by looking for the similarity of properties between the recovered fibres, keeping the physical and mechanical properties of the manufactured paper constant. This research is part of an R+D+i study guided at understanding the potential of recovered paper fibres, in collaboration with Alier paper mill (Rosselló, Lleida). The management of the selection, purchase and use of the raw material has been improved, since it establishes a characterization that groups them to achieve the maximum yield in fibre and better properties of the final product, with the consequent environmental benefit of minimizing the waste that goes to landfill.

Keywords: recycled paper; recovered fibers; circular economy; waste reduction

EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE LAS FIBRAS PAPELERAS PARA UNA MEJOR GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

La industria papelera española está comprometida con el reciclaje y apuesta por cumplir con los objetivos de una economía circular. Pero la elevada demanda de fibras recuperadas ha creado un alto impacto en los precios de ésta, produciendo una subida en los costes y una reducción de su disponibilidad. Además, se suma la gran diversidad de tipologías de fibras que pueden encontrarse en el papel recuperado, lo que dificulta el control, y el aprovechamiento total de la materia prima. El objetivo de este trabajo es poder optimizar el uso de las fibras para producir un ahorro en costes de materia prima, buscando la similitud de propiedades entre las fibras recuperadas, manteniendo constantes las propiedades físicas y mecánicas del papel fabricado. La presente investigación se enmarca en un estudio de I+D+i orientado al conocimiento de la potencialidad de las fibras de papel recuperadas, en colaboración con la papelera Alier (Rosselló, Lleida). Se ha conseguido mejorar la gestión de la selección, compra y utilización de la materia prima, ya que establece una caracterización que las agrupa para conseguir el máximo rendimiento en fibra y mejores propiedades del producto final, con el consiguiente beneficio medioambiental de minimizar el residuo que va a vertedero.

Palabras clave: papel reciclado; fibras recuperadas; economía circular; minimización de residuo

Correspondencia: Mariana Ferrá Gonzalez. Correo: m.ferra@alier.com



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción.

El desarrollo del presente trabajo se ha llevado a cabo en Alier, una papelera ubicada en Rosselló en la provincia de Lleida. En sus comienzos, Alier fabricaba papeles para impresión y escritura. Luego debido a sucesivas crisis mundiales del carbón, empezaron a incorporar fibras naturales como es el yute a sus papeles, produciendo sacos y arpilleras. Pero ya alrededor del 1946, se estaba hablando con fuerza en el mundo sobre la preocupación medioambiental, entonces se comenzó con la incorporación de fibras recicladas a la composición de papeles de embalaje hasta llegar a ocupar el 100% de la composición del papel. Es decir, hace 75 años, la empresa hace sus papeles a partir de fibra recuperada. Hoy en día, Alier se destaca por ser la única empresa española, que produce carton wall para placas de yeso (gypsum board) a partir de fibra 100% recuperada.

Con el reciclaje se cierra el ciclo de la bioindustria circular del papel, optimizando el aprovechamiento de un recurso natural y renovable como es la biomasa vegetal. El reciclaje está en el propio ADN del papel y la industria papelera desempeña un rol protagonista en este ciclo (Aspapel 2018). La calidad de las materias primas para reciclar es el nuevo desafío del reciclaje de papel en un panorama marcado por la alta demanda del sector, que obliga a hacer un uso responsable y eficiente de la misma.

La industria papelera española, es la segunda más recicladora de la Unión Europea. Gracias a su gran capacidad, garantiza el reciclaje en España de todo el papel y cartón recogido selectivamente por el sistema actual, que cumpla con los estándares europeos de calidad, es decir, con la Norma Europea EN 643. Este auge en el reciclado del papel ha llevado a un punto que pone en peligro la viabilidad económica e industrial de fabricar papel a partir de fibras recuperadas ya que su coste es cada vez mayor (Aspapel 2018), implicando un 40% del coste de la producción de papel.

Hoy en día hay muy poca información acerca de la calidad en cuanto a estructura y rendimiento de las fibras recuperadas, ya que su origen es muy variado y no existe una repetición constante en su condición de entrada a la planta. La materia prima para fabricar papel reciclado, el papel recuperado, proviene de diferentes fuentes, como son el contenedor azul y el contenedor amarillo de recogida selectiva, recuperadores privados y vertedero. Estos distintos orígenes hacen que la materia prima sea muy variable y sea difícil tanto controlar la calidad, como conseguir optimizar su consumo para obtener características técnicas del papel fabricado y generar el mínimo de residuo que acaba depositando en un vertedero. Esta incertidumbre general que azota a las empresas papeleras hoy en día incita a buscar una solución rápida y efectiva, que permita seguir de forma eficiente en esta línea de aprovechamiento y producción de papel reciclado.

Este trabajo tiene como finalidad conseguir una reducción en los costes de las materias primas, así como una racionalización y optimización de su consumo. La hipótesis que se plantea para ello se basa en poder caracterizar las diferentes fuentes de fibras de forma sencilla para establecer una clasificación que permita conseguir la mejor calidad en el producto fabricado y el mayor rendimiento de la fibra recuperada. Por lo tanto, se quiere establecer un reconocimiento de cada calidad de materia prima, contemplando esta variabilidad de origen, evaluando las fibras con diferentes tomas de muestras discretas de varios puntos, con entre 8-15 repeticiones de caracterización de cada una de ellas, para tener valores representativos y fiables. Se establecen propiedades que

puedan compararse entre las fibras, que permiten establecer similitudes y diferencias entre sí.

Todo ello, permitirá conocer las características de las materias primas, y hacer un buen uso de ellas, orientando y reemplazando calidades entre sí según la disponibilidad en el mercado y sus costes de gestión.

2. Objetivos.

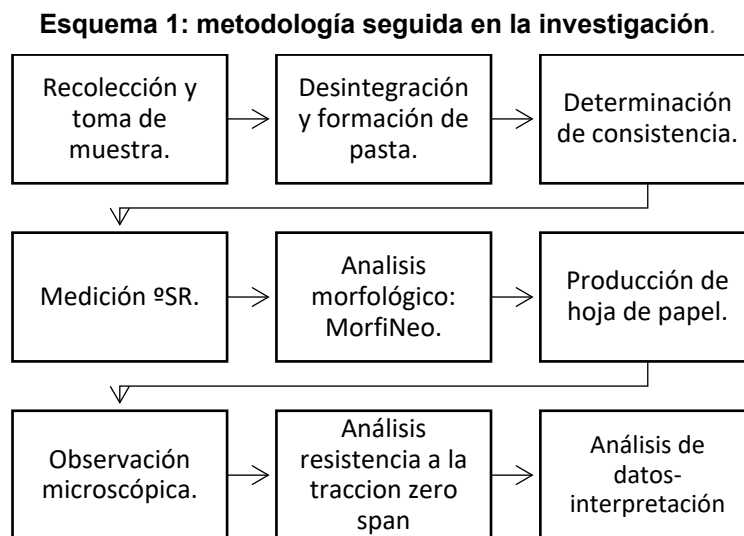
El principal objetivo de este estudio es el análisis de la materia prima y la evaluación para su mejor aprovechamiento y rendimiento conociendo su morfología.

En otras palabras, lo que se pretende es evaluar la potencialidad de los distintos tipos de fibras recuperadas, para poder relacionarlas con los requerimientos de calidad del papel que se fabrica en Alier, consumir las calidades adecuadas para cada papel, y no desperdiciar recursos naturales.

Además, como cada materia prima viene estandarizada, con este trabajo se pretende establecer una serie de parámetros morfológicos para cada una de ellas utilizando un analizador de fibras llamado MorfiNeo. Con esta información, se podrán relacionar entre sí las propiedades morfológicas entre calidades.

3. Metodología.

La metodología seguida se muestra a continuación en el siguiente esquema.



El departamento de materia prima de Alier diseñó un catálogo de calidades de materia prima (Alier SA 2020), donde consta una clasificación en grupos de papeles recuperados, los cuáles son:

- Blancos.
- Cartones.
- Kraft.

Esta clasificación a su vez agrupa diferentes calidades de materias primas, y su descripción según la norma UNE, aquellas que están contempladas dentro de ella y las que no, con una descripción interna. La norma española UNE que trata sobre papel y

cartón recuperados: “Lista europea de calidades estándar de papel y cartón recuperado” es la norma UNE-EN 643. En esta investigación se tratarán los grupos de calidades llamados cartón y kraft, porque son las más variables, sus propiedades son poco conocidas y fluctúan mucho entre bala y bala recibida. En la tabla 1 se puede observar la nomenclatura asignada a las calidades de materia prima estudiadas, a las cuales se hará referencia en toda la comunicación.

Tabla 1: nomenclatura calidades de MP.

Cartones	Kraft
C1	K1
C2	K2
C3	K3
C4	K4
	K6
	K7
	K8

Nota: MP se refiere a materia prima.

Las técnicas aplicadas para los ensayos de las propiedades analizadas se basaron en las normas UNE para los cuales se disponían.

Las muestras fueron recogidas de manera discreta y representativa tomando puntos de muestra en diferentes lugares de distintas balas. La desintegración de la materia prima se llevó a cabo en un púlper de laboratorio siguiendo la norma UNE 57026 de desintegración de las pastas químicas para su análisis, colocando 30g de papel recuperado (air dry) para obtener una pasta de papel con una consistencia de entre 1,5-2%. Esta pasta fue utilizada para los posteriores ensayos. Se midió el grado de refinado de cada una de las pastas a través del método Schopper- Riegler mediante la norma UNE 57025. Esta pasta también fue analizada al microscopio, mediante la tinción de Herzberg a través de la norma UNE 57021-3:1992. Este método nos permitió saber y contrastar la información obtenida mediante los otros ensayos sobre la estructura fibrosa de cada calidad de materia prima.

El ensayo más relevante y novedoso que se realizó sobre las pastas de fibra recuperada de esta investigación fue el estudio de morfología de las fibras. Para ello se utilizó un equipo analizador de fibras, MorfiNeo de TechPap, el cuál va realizando diferentes mediciones de las propiedades morfológicas de las fibras que va visualizando a través de una cámara por la cual van pasando las fibras. Se quiere con este equipo poder medir y luego contrastar las características de las fibras, que se miden actualmente con métodos convencionales.

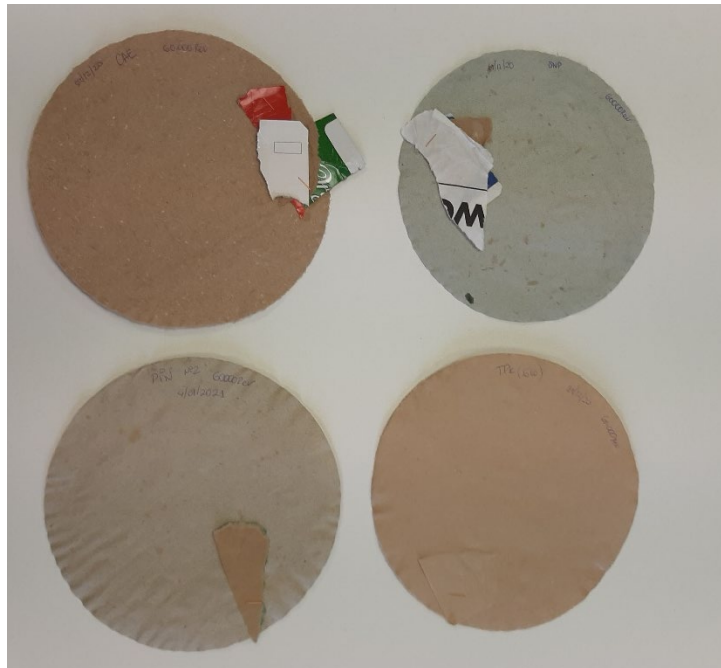
Este equipo mide una amplia variedad de propiedades de las fibras (Techpap 2020), las cuales se pueden seleccionar en función de nuestros objetivos de trabajo. Para nuestro estudio, las propiedades de importancia fueron las siguientes:

- Longitud de fibras en largo ponderado
- Curvatura
- Peso de fibra sobre el largo
- Proporción de macrofibrilación
- Finos
- Ancho

- Doble o pliegue

Una vez que se finalizaron los ensayos realizados en la pasta, se realizaron hojas de laboratorio, algunas de las cuales se pueden ver en la figura 1. De cada tipo de pasta se realizó una formeta por muestra, en total se tomaron 8 muestras por calidad. Con estas formetas, se pudieron analizar propiedades fisicomecánicas como fue la resistencia Zero-Span en húmedo y en seco. Con este análisis, podemos determinar qué tan fuerte son las fibras papeleras intrínsecamente, sin tener en cuenta el enlace que genera con las demás fibras para formar papel. Este ensayo se realizó mediante la norma ISO 15361, y se llevó a cabo en el laboratorio del grupo CELBIOTECH de la UPC.

Figura 1: formetas de las calidades K8, K2, K5 y C4.



4. Resultados.

A continuación, se muestran los resultados más relevantes de las diferentes propiedades analizadas. En las Figuras 2 y 3 se muestra representado el grado Schopper, así como el largo y ancho de las fibras y el % de finos de las diferentes calidades. Se puede apreciar que las diferentes calidades se agrupan en cuanto a la posición en los gráficos, y esta agrupación se repite en la mayoría de las propiedades. Es decir, hay calidades que siempre se mantenían en el costado derecho (mayores valores) otras que se ubicaban en el centro y otras que se colocaban en el extremo izquierdo (menores). En las figuras 2 y 3, se han separado estos grupos o categorías según colores.

Figura 2: Largo ponderado en largo (mm) a la izquierda y Ancho (µm) a la derecha.

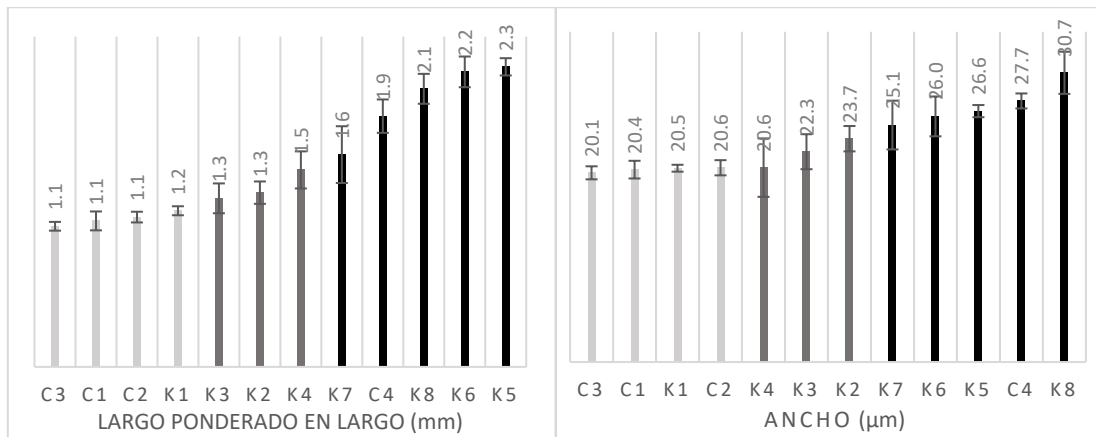
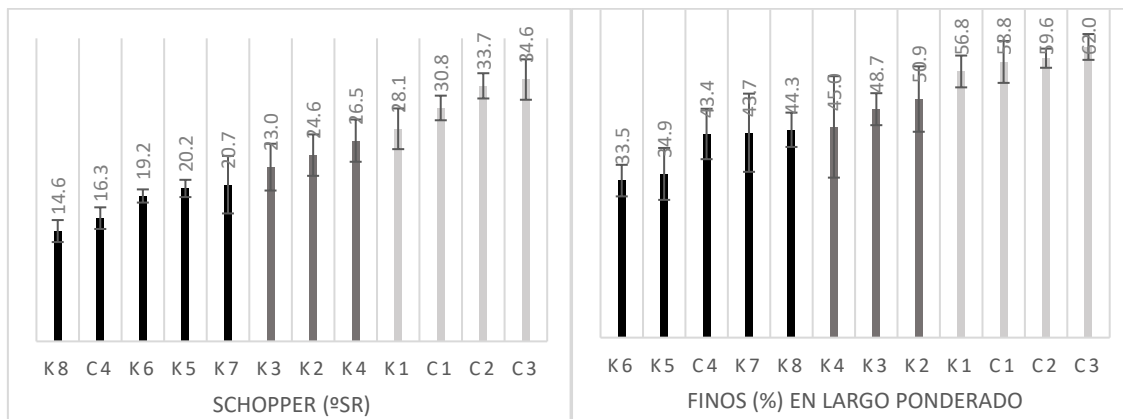


Figura 3: Grados Schopper-Riegler a la izquierda y Finos en Largo Ponderado (%) a la derecha.

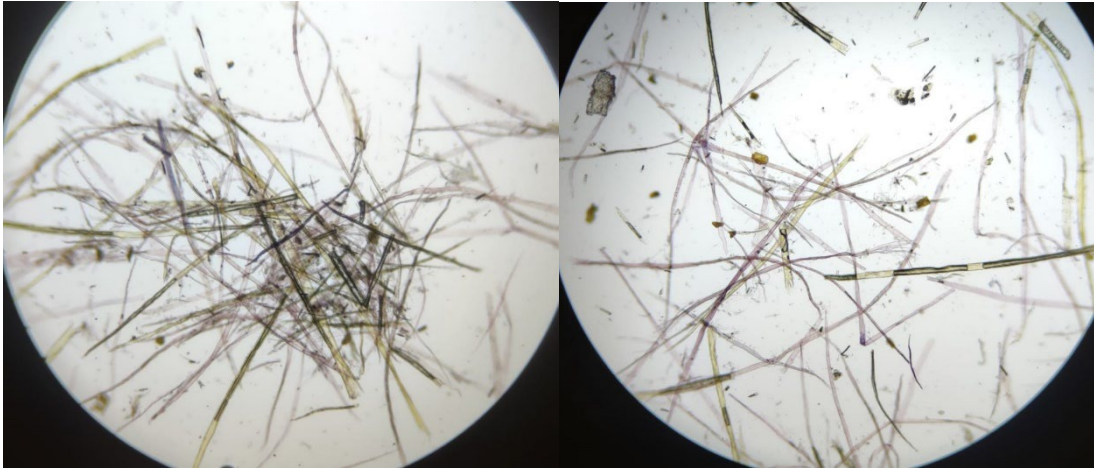


Hay que resaltar, que según las figuras 3 y 4 se destaca la posición de la calidad C4. Que siendo aquella un tipo de cartón sus propiedades se ubican entre los valores de las calidades llamadas kraft. Lo mismo sucede con la calidad kraft K1, cuyas propiedades se localizan cercanas o entre los cartones. Esta información es muy relevante, ya que denota que estas dos calidades, son superiores o inferiores en su categoría dentro de clasificación.

Además de los ensayos realizados con el equipo MorfiNeo, se llevó a cabo la observación microscópica, en cada una de las calidades (José A. García Hortal 1993). Se pudo comprobar la información extraída del análisis morfológico. En la figura 4, se puede ver la estructura fibrosa de la calidad K5, mediante la tinción de Herzberg. Se aprecia una mezcla de fibras que en general son largas y anchas, y además se observa

la presencia de fibras obtenidas mediante un proceso mecánico de pulpeado (amarillas) y mediante un proceso químico (azul-violeta).

Figura 4: Observación microscópica calidad K5 40X y 200X.

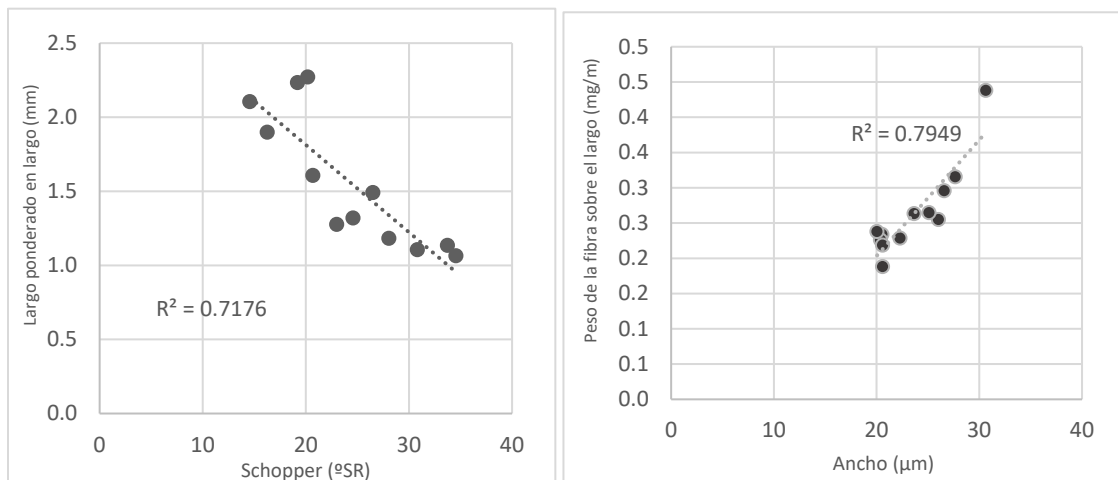


Con el fin de encontrar una relación directa entre las propiedades medidas en el equipo Morfi Neo, se realizaron gráficos entre ellas probando y relacionando las propiedades que más tienen cosas en común por definición de fibras.

En la figura 5 (izquierda), se plasmó el largo ponderado en largo (mm) vs. los grados Schopper medidos. Se ve, mediante una aproximación lineal con un r^2 de 0,7176, que hay una relación entre ellas. Se aprecia claramente, como se puede intuir según el estudio de las fibras, que a mayor largo, el grado Schopper es menor. Esto nos indica que la fibra que está menos refinada es aquella que es más larga (José A. García Hortal 2007).

En la figura 5 (derecha) se pueden ver las propiedades de peso de la fibra sobre el largo (mg/m) vs el ancho (μm). En este caso mediante una aproximación lineal con un r^2 de 0,7949. La tendencia es que, a mayor ancho de la fibra, sube el peso de la fibra sobre el largo o coarseness. Estas propiedades están íntimamente relacionadas, porque en sí una es función de la otra.

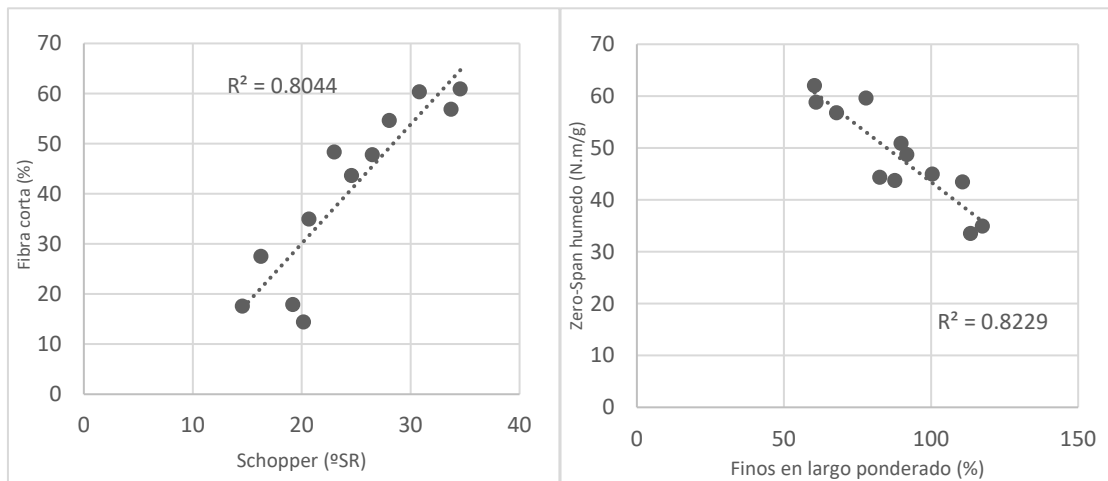
Figura 5: relaciones entre propiedades morfológicas.



En la figura 6 (izquierda) se ve el porcentaje de fibra corta relacionado con los grados Schopper medidos. Podemos ver, que a medida que tenemos más porcentaje de fibra corta, los grados Schopper también se incrementan.

En la figura 6 (derecha) se puede visualizar, la relación entre la resistencia a la tracción Zero-Span en húmedo (índice), con los finos ponderados en largo (%). La tendencia muestra que estas propiedades están bastante relacionadas entre sí, de manera lineal mostrando un r^2 de 0,8229. A medida que los finos en largo ponderado se incrementan, se puede ver que la resistencia a esta tracción disminuye. Por lo tanto, la presencia de finos en el papel me hace decrecer la resistencia a la tracción Zero-Span.

Figura 6: relación entre propiedades morfológicas.



Las diferentes propiedades medidas con el equipo Morfi Neo, los ensayos de las propiedades estructurales realizados, la caracterización microscópica, la observación física de los papeles y con la percepción manual de ellos, se logró agrupar todas las calidades estudiadas en tres categorías, según la similitud entre ellas en todas las características mencionadas anteriormente (tabla 3).

Tabla 2: Descripción de los grupos de calidades.

Grupo	Calidades	Descripción
“MP de relleno”.	C3	<ul style="list-style-type: none"> Valores altos de grado Schopper (28-35°SR). Textura jabonosa y voluminosa, gran contenido de impropios.
	C1	<ul style="list-style-type: none"> Fibras muy recicladas, finas, baja densidad.
	C2	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de pasta mecánica y química.
	K1	<ul style="list-style-type: none"> Fibras cortas (1,06-1,18mm). Alto porcentajes de fibras cortadas y presencia de finos, sobre todo primarios.
“MP de estructura”.	K2	<ul style="list-style-type: none"> Todas las propiedades se encuentran entre medio de los valores de las materias primas de relleno y resistencia.
	K3	<ul style="list-style-type: none"> Tienen altos contenidos en pasta mecánica, aunque también hay presencia de pasta química principalmente de frondosas.
	K4	<ul style="list-style-type: none"> Son fibras bastante largas, se encuentran enteras, en buen estado y poco fibriladas.
		<ul style="list-style-type: none"> Estas calidades presentan mucha variación entre si.

“MP de resistencia”.	C4	• Valores de Schopper muy bajos (15-20°SR).
	K6	• Fibras muy enteras, consistentes y limpias. No contienen impropios.
	K7	• Son fibras muy largas, anchas y con gran densidad.
	K8	• Menores cantidades de finos presentes.
	K5	• Bajas variaciones de datos entre sí.

En la tabla 4, se pueden observar las diferentes calidades de materia prima con su respectivo precio por tonelada. Uno de los objetivos de este estudio, fue poder usar diferentes clases de MP que tengan similares características, por ello se realizó todo el estudio morfológico. Luego con este bagaje de datos y según el precio de cada MP, se puede ir variando la utilización de cada una según el precio del mercado que tenga en ese momento y la disponibilidad según la demanda. La agrupación de MP por categorías, que se mencionó anteriormente (relleno, estructura y resistencia) tiene la finalidad, de poder moverse dentro del mismo grupo sustituyendo una calidad por la otra según cual convenga y esté disponible en el momento de la producción. Esto llevaría a un gran ahorro económico que se vería reflejado en el balance del costo global de la materia prima en un descenso considerable. Hay que tener en cuenta también que cada materia prima contiene un porcentaje de residuos (plásticos u otros impropios que vienen en cada bala) que conllevan un coste extra por su tratamiento, a parte del coste propio de las balas de papel recuperado. Los plásticos que vienen junto con las balas de materia prima (aquellos que son parte de la composición del papel recuperado como son los laminados, y los que no lo son y que ingresan como impropios dentro de las balas) se tienen que separar y gestionar para su valorización o disposición final, que implica un coste. También los lodos que se generan como resultado de la depuración fisicoquímica y biológica (anaeróbica y aeróbica) de las aguas utilizadas en la fabricación del papel deben ser gestionados y tiene un coste asociado para su tratamiento. El rendimiento en fibra de cada bala depende de estos impropios, por eso se colocan los precios de cada operación y se saca un costo final que es la suma de los costos individuales. Por lo tanto, el ahorro de reemplazar materias primas por otras, en base solamente a sus características físicas y morfológicas, se ve modificado por estos costes extras.

Tabla 3: Precios de las calidades de materia prima ordenados por grupos y ahorro generado.

Grupo	CALIDAD	MP	Fango	Plástico	MP+ Residuos	Ahorro
<i>MP de relleno</i>	C3	217	8	8	233	0
	C1	84	10	13	107	126
	C2	195	8	8	212	21
	K1	213	7	1	222	11
<i>MP de estructura</i>	K2	245	8	0	252	0
	K3	224	7	2	234	18
	K4	205	4	33	241	11
<i>MP de resistencia</i>	K7	195	7	1	203	100
	K5	253	3	47	303	0
	C4	18	6	91	114	189
	K6	228	2	28	257	46
	K8	211	7	1	220	83

Nota: los precios utilizados están en base a julio de 2021.

5. Conclusiones.

Luego de la realización de este estudio de materia prima, se puede concluir que realmente nos da una información muy valiosa y útil a conocer, para una mejor gestión de la selección, compra y utilización de la materia prima.

Se pudo interpretar completamente el equipo Morfi Neo, relacionando parámetros medidos por él entre sí, seleccionando las propiedades importantes y definiéndolas. Se diferenció y definió la morfología de cada calidad de materia prima según este análisis.

Se llegó a estudiar la variabilidad de las calidades de materia prima, gracias a sucesivas tomas de muestras y análisis. Esto permitió la posibilidad de clasificar la materia prima de manera distinta y que, a la hora de seleccionarla, se conozca más información acerca de sus características. Gracias a toda la investigación y a los ensayos realizados, se logró establecer una caracterización que agrupa las materias primas de manera diferente.

El conocimiento de las características morfológicas de la fibra procedente de las distintas calidades de materia prima facilita la incorporación a nuestra producción de calidades que no son usualmente utilizadas como papel recuperado en otras papeleras.

Cabe destacar que con esta clasificación podemos además de generar un ahorro económico, también un ahorro en recursos naturales y una mayor vida útil de los mismos.

6. Referencias.

Alier SA (2020). *Catálogo de calidades de materia prima*. Departamento de compra de materia prima.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE 57042-74. *Preparación de hojas (formetas)*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE-57021-92. *Determinación de la composición fibrosa a partir del análisis microscópico*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE-EN 643/2014: *Papel y Carton. Lista europea de calidades estándar de papel y cartón recuperado*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE/EN/ISO-4119-96: *Determinación de la consistencia*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE 57055-94. *Hojas de ensayo de laboratorio. Determinación de las características físicas*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE 57025-78. *Pastas. Determinación del grado de refino*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE 57017-94. *Pastas. Refino en laboratorio*.

Aspapel. Memoria de sostenibilidad (2018, diciembre). *La bioindustria circular del papel y su descarbonización*.

José A. García Hortal (2007). *Fibras papeleras*. Barcelona, España: Ediciones UPC.

José A. García Hortal (1993). *Constituyentes fibrosos de pastas y papeles*. Terrassa, España: Departamento Ingeniería Textil y Papelera, Especialidad Papelera y Gráfica.

Techpap (2020). *Morfi Neo User's manual. Release 1.0.32*. Francia.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo
Sostenible**

