



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Elaboración de papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar  
(*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*),  
Chiclayo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL

**AUTORES:**

Herrera Vásquez, Tania Leticia (ORCID: 0000-0002-8428-7445)

Hoyos Herrera, Enzo Shosvany (ORCID: 0000-0003-0191-5264)

**ASESOR:**

Dr. Ponce Ayala, José Elías (ORCID: 0000-0002-0190-3143)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**CHICLAYO-PERÚ**

**(2021)**

## **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a mis padres, los que día a día me han brindado el apoyo incondicional para lograr una de mis metas, la de ser profesional, también quiero dedicarla a mis hermanos Pierina, Jorge y Mauricio que han sido el soporte en estos momentos tan difíciles que estamos viviendo debido al COVID-19, ustedes son mi principal motivación para seguir adelante.

***Tania Leticia***

La presente tesis está dedicada a mi madre, la que día a día me han brindado el apoyo incondicional para lograr cada una de mis metas, la de ser profesional, también quiero dedicarles a mi hija Paula Camila que es mi fortaleza mi motivo de vivir , mi abuela que ya no está en este mundo pero hubiera querido que vea este logro muy importante para mí y mi tía Marisol que a pesar de la distancia siempre ha estado pendiente de mí, todos ellos ha sido el soporte en estos momentos tan difíciles que estamos viviendo debido al COVID-19, ustedes son mi principal motivación para seguir adelante.

***Enzo Shosvany***

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a Dios por darme salud y perseverancia, para poder continuar en esta larga carrera de la vida, en segundo lugar, a mi familia, por su comprensión, motivación y amor brindado día a día y finalmente agradecer a la Universidad, profesores y amigos.

***Tania Leticia***

En primer lugar, agradecer a Dios sobre todas las cosas, por darme salud y perseverancia, para poder seguir en esta larga carrera de la vida, en segundo lugar, a mi familia por su comprensión, motivación y amor brindado día a día y finalmente agradecer a la Universidad, profesores y amigos.

***Enzo Shosvany***

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variables y operacionalización .....	11
3.3. Población, muestra y muestreo .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	20
3.6. Método de análisis de datos .....	22
3.7. Aspectos éticos .....	22
IV. RESULTADOS .....	23
V. DISCUSIÓN .....	39
VI. CONCLUSIONES .....	43
VII. RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS .....	46
ANEXOS .....	53

## Índice de tablas

<b>Tabla 01:</b> <i>Matriz de operacionalización de variables</i> .....	12
<b>Tabla 02:</b> <i>Cuadro de distribución por dosificación</i> .....	13
<b>Tabla 03:</b> <i>Pesos de bagazos utilizados para la elaboración de los papeles</i> .....	21
<b>Tabla 04:</b> <i>Características químicas del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum)</i> .....	23
<b>Tabla 05:</b> <i>Características químicas del bagazo de beterraga (Beta vulgaris)</i> .....	24
<b>Tabla 06:</b> <i>Propiedades biométricas del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum)</i> .....	24
<b>Tabla 07:</b> <i>Propiedades biométricas del bagazo de la beterraga (Beta vulgaris)</i> ..	25
<b>Tabla 08:</b> <i>Índice de calidad de pulpa para papel del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum)</i> .....	25
<b>Tabla 09:</b> <i>Índice de calidad de pulpa para papel del bagazo de beterraga (Beta vulgaris)</i> .....	26
<b>Tabla 10:</b> <i>Características físicas – Espesor</i> .....	27
<b>Tabla 11:</b> <i>Tipos de papel, de acuerdo a su espesor</i> .....	28
<b>Tabla 12:</b> <i>Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Espesor de papel ecológico”</i> .....	29
<b>Tabla 13:</b> <i>Características físicas – Peso</i> .....	30
<b>Tabla 14:</b> <i>Tipos de papel, de acuerdo a su espesor</i> .....	30
<b>Tabla 15:</b> <i>Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Peso de papel ecológico”</i> .....	31
<b>Tabla 16:</b> <i>Características físicas – Porosidad</i> .....	32
<b>Tabla 17:</b> <i>Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Porosidad de papel ecológico”</i> .....	33
<b>Tabla 18:</b> <i>Características ópticas – Blancura</i> .....	34
<b>Tabla 19:</b> <i>Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Blancura de papel ecológico”</i> .....	35
<b>Tabla 20:</b> <i>Características ópticas – Opacidad</i> .....	36
<b>Tabla 21:</b> <i>Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Opacidad de papel ecológico”</i> .....	37
<b>Tabla 22:</b> <i>Porcentaje de adición más óptimo</i> .....	38

## Índice de figuras

<i>Figura 01:</i> Bagazo de caña de azúcar.....	14
<i>Figura 02:</i> Bagazo de beterraga.....	15
<i>Figura 03:</i> Micrómetro Kart Frank con hoja de papel.....	15
<i>Figura 04:</i> Aparato Gurley .....	16
<i>Figura 05:</i> Aparato Elrepho .....	16
<i>Figura 06:</i> Prueba de explosión.....	17
<i>Figura 07:</i> Péndulo Elmendorf.....	18
<i>Figura 08:</i> Prueba de Tensión en el equipo Kart Frank.....	19
<i>Figura 09:</i> Equipo Shopper para dobles pliegues.....	19
<i>Figura 10:</i> Características físicas – Espesor .....	28
<i>Figura 11:</i> Características físicas – peso.....	31
<i>Figura 12:</i> Características físicas – Porosidad .....	33
<i>Figura 13:</i> Características físicas – Blancura .....	35
<i>Figura 14:</i> Características físicas – opacidad.....	37

## Resumen

En la presente investigación, titulada “Elaboración de papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), se tuvo como objetivo general: elaborar papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), Chiclayo. El tipo de investigación ha sido la básica, con un diseño pre experimental, considerando como muestra a 1 kg de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y 1 kg bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), recolectando los datos por medio de la ficha de observación. Los resultados han señalado que, el porcentaje de 25% de bagazo de caña de azúcar y el 75% de bagazo de beterraga, ha generado un mejor comportamiento físico y óptico, en las unidades de papel fabricados. Mientras que, se ha concluido que, el bagazo de caña de azúcar, ha contado con las siguientes propiedades químicas: 75.86% de beta celulosa y del 70.58% de la holocelulosa; así como, con las siguientes propiedades morfológicas: la longitud alcanzada, fue de 2.981 mm, con diámetro de 8.976 micras, con un lumen de 4.549 micras y una pared celular de 4.427 micras.

**Palabras clave:** bagazo de caña de azúcar, bagazo de beterraga, propiedades físicas, propiedades ópticas, papel ecológico.

## Abstract

In the present research, entitled "Elaboration of ecological paper using bagasse of sugar cane (*Saccharum officinarum*) and bagasse of beterraga (*Beta vulgaris*), the general objective was: to elaborate ecological paper using bagasse of sugar cane (*Saccharum officinarum*) and bagasse of beterraga (*Beta vulgaris*), Chiclayo. The type of research has been the basic one, with a pre-experimental design, considering as a sample 1 kg of bagasse of sugar cane (*Saccharum officinarum*) and 1 kg bagasse of beterraga (*Beta vulgaris*), collecting the data through the observation sheet. The results have indicated that, the percentage of 25% of sugarcane bagasse and 75% of beterraga bagasse, has generated a better physical and optical behavior, in the manufactured paper units. While, it has been concluded that sugar cane bagasse has had the following chemical properties: 75.86% of beta cellulose and 70.58% of holocellulose; as well as, with the following morphological properties: the length reached was 2,981 mm, with a diameter of 8,976 microns, with a lumen of 4,549 microns and a cell wall of 4,427 microns.

**Keywords:** sugarcane bagasse, beet bagasse, physical properties, optical properties, ecological paper.



## I. INTRODUCCIÓN

La industria del papel desde hace varios años viene causando gran cantidad de impactos negativos en el ambiente. Debido a que su consumo ha ido en incremento, ello ha conllevado a que se requiera de una mayor cantidad de materia prima para su producción. Lo cual genera que siga existiendo una mayor incidencia en la tala de árboles, dando lugar a una deforestación muy atroz a nivel internacional, debido a que el 17% de la fibra vegetal, es necesaria para la elaboración de este producto, haciendo referencia a la pasta y al papel en sí mismo, conllevando a una incidencia negativa de las causales del cambio climático (Herrera, 2019, p.17).

Además de ello, cabe señalar que, dentro de tantas actividades existentes, se tiene que el rubro de la industria papelera, forma un conjunto de actividades que siempre han ido en contra del medio ambiente. Esto, trajo consigo que sea una de las principales responsables en los problemas de erosión en los suelos, tala indiscriminada, contaminantes atmosféricos, generando de la misma forma incidencias negativas, en medios como el aire, el suelo y el agua (Heredia, 2016, p.34).

Actualmente el papel comercial es obtenido de material celulósico el cual proviene de la tala de árboles, causando problemas significativos en la biodiversidad, es por ello la importancia de utilizar otras materias primas para agenciarse de celulosa el cual es la parte fundamental del papel, por ello la presente investigación surge de la necesidad de aprovechar y darle un valor agregado en el aprovechamiento de otros residuos (Minaya, Galarreta, Símpalo, Bonifacio y Miñan, 2018, p.49).

A diferencia del papel comercial, el papel artesanal se caracteriza por su aspecto rústico, la presencia de bordes irregulares, muchas veces son usados para la decoración con diversos materiales naturales como pétalos de rosas, además se señala que existen diversos tipos de papel artesanal y ello depende principalmente de la materia prima usada en su elaboración (Benitez et al., 2019).

Por ello después de haber analizado a la industria del papel, se procedió a analizar la industria azucarera, en donde la beterraga o también llamada remolacha en otros países y la caña de azúcar, son materias primas utilizadas en la producción de

azúcar, estas son las más conocidas y empleadas para la producción de dicho producto y cuentan con casi la totalidad del mercado de producción.

Centrándose en la producción de beterraga o remolacha, encontramos que suele ser un material que, en toda la línea de procesos está arraigada con un proceso mecanizado, en donde la recolección y el procesamiento, conllevan a una generación de bagazo, que corresponde al 50% del volumen total de la beterraga, este puede ser empleado para la producción de: alcohol, papel, entre otros elementos (Contreras, Corman, Mallaupoma, Ramírez y Ramírez, Z., 2018, p. 15).

En la región Lambayeque, una de las industrias que causa aumento en los niveles de contaminación es la industria azucarera, debido a la cantidad de residuos que pueden ser obtenidos por la misma. Además de ello, la quema de caña de azúcar es una de las prácticas de mayor empleo a nivel regional, generando de esta forma, una polución considerable a nivel del área local y regional. Esta práctica es comúnmente empleada para poder controlar la maleza, para generar la reducción de la cobertura vegetal o reducir el costo que conlleva la cosecha y el recojo de los residuos. Todo ello confluye en preparar el suelo, con el fin de replantarlo y poder cosechar nuevamente (Delgado y Uribe, 2017, p. 35).

Además, la falta de conciencia ecológica, abarcando valores, actitudes y comportamientos proambientalistas debido a la falta de difusión comunicativa a los pobladores, es uno de los problemas que no permiten aportar en la conservación del ambiente (Apaza, 2014, p.05-12).

Así mismo, cabe señalar que este proceso de quemado, genera degradación de las condiciones del aire. Durante este proceso se puede evidenciar la generación de humo de color negro e intenso, en donde la misma población de los alrededores ha demostrado problemas de salud, como tos o problemas pulmonares acumulativos, producto de esta práctica (Espinoza, 2016, p. 34).

Por los motivos analizados, es que se han considerado a los dos componentes: bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*) para la elaboración de la presente investigación y en base a lo anteriormente expuesto se planteó la siguiente pregunta ¿Cómo será la elaboración

de papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), Chiclayo?

Así mismo, se señaló que la justificación a la investigación, se vio centrada, desde el punto de vista social, económico y ambiental, siendo expresados a continuación:

Desde el punto de vista social, se señaló que al reutilizar los desechos generados por el empleo de la caña de azúcar y la beterraga, en forma de bagazo, conlleva a que se pueda reducir el nivel de contaminación que estos materiales generan, mediante una mala disposición final de los mismos. Esto no sólo reduce la generación de contaminantes al aire, agua o suelo, sino que mejora la calidad de vida, de las personas que viven en alrededores.

Desde el punto de vista económico, se sostuvo que, al fabricar papel ecológico, con productos que corresponden a desechos de las fábricas azucareras, las empresas papeleras, han podido reducir los gastos en materia prima. Esto conlleva a que toda la línea de procesos, alcance ahorros significativos, en donde los gastos, sólo se centran en la producción del mismo.

Recurriendo a la justificación ambiental, se tuvo que, al reutilizar los desechos de la industria azucarera, una de las más grandes a nivel regional, nacional e internacional, se llegó a producir un impacto ambiental positivo, por parte de esta industria. Así mismo, se señala que la industria del papel, alcanzará mejoras en cuanto, la reducción de la tala de árboles, lo que hace que se convierta en una industria de mayor aceptación local.

Como objetivo general se planteó: elaborar papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), Chiclayo.

Como objetivos específicos, se obtuvo los siguientes: Caracterizar química y morfológicamente el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), evaluar las características físicas y ópticas, del papel ecológico fabricado de la mezcla de un 25%, 50% y 75% de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y un 75%, 50% y 25% de bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), seleccionar el porcentaje de adición que mejores características físicas y ópticas, han generado en el papel ecológico.

Así mismo, la hipótesis de la investigación fue la siguiente: El bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), servirá para elaborar papel ecológico.

## II. MARCO TEÓRICO

En su investigación Herrera (2019, p. 15), planteó como objetivo general, elaborar papel orgánico, tomando como base de desarrollo, al pseudotallo de banano. Así mismo, concluyó que este procedimiento ha permitido que se puedan aprovechar sub productos de tipo agrícola, con el objetivo de reducir el grado de contaminación que generan los residuos.

En su revista, Innovar, Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21), en su investigación publicada, tuvieron como objetivo general, caracterizar la necesidad de emplear envases o productos reciclados por los comensales, como resultado se demostró que las características que las personas se han encontrado buscando, son en base a elementos naturales o han podido estar desarrolladas, en base a otros productos que se hayan dejado de emplear, tales como los sub productos, se concluyó que este tipo de consumo, ha ido en aumento, en un promedio del 5%, en los últimos 2 años.

Heredia (2016, p. 34), en su investigación publicada por la Escuela Politécnica Nacional, el investigador se planteó como objetivo general diseñar un sistema de recuperación de fibra de celulosa, como resultado demostró que la producción de papel al ser analizado generó una menor cantidad de contaminantes, debido a que en la etapa de producción se vio involucrado un sin número de residuos que generan altos gastos de producción y una merma considerable. En base a ello, se concluyó que el sistema de recuperación de fibra celulósica, ha conllevado a la obtención de ahorros en la línea de procesos, de más de 150 mil dólares.

Espinoza (2016, p. 34), en su investigación publicada por la Universidad Nacional del Centro del Perú, el autor se planteó como objetivo general, determinar el rendimiento y la aptitud papelera de (*Alnus acuminata H.B.K.*), tomando como referencia el proceso químico con antraquinona y semiquímico. Los resultados señalaron que el 46.83% de las muestras en las que se incorporó la soda, demostraron buenos rendimientos, en cuanto a la resistencia del papel. Así mismo, se llegó a la conclusión que, las características mecánicas y físicas, que mejoraron, fueron: la blancura, la densidad, la permeabilidad y la longitud de rotura.

Los investigadores Contreras, Corman, Mallaupoma, Ramírez y Ramírez, Z. (2018, p. 97), en su investigación buscaron fabricar y comercializar empaques recurriendo al uso de papel biodegradable. Los resultados señalaron que el proyecto de Ley N° 2696 / 2017 – CR, se ha caracterizado por impulsar de forma preferente, la fabricación de materiales biodegradables, en las que se pudo generar un impacto ambiental, reducido. En base a ello, se concluyó que la generación de papeles con bajos niveles de contaminación, demostraron ser eficientes en cuestiones económicas para las empresas que recurren en su uso, alcanzando ahorros de más del 25.44%.

El autor Arnaldoa (2018, p. 10), tuvo como objetivo general desarrollar la remolacha de diferentes calidades, en zonas altoandinas del norte del Perú. Los resultados señalaron que la remolacha azucarera, ha demostrado tener una mejor condición, con respecto a la resistencia de sus fibras, cuando se han desarrollado diferentes sub productos, para ensayo, tales como envases y/o papeles. Así mismo, se concluyó que la remolacha azucarera, ha demostrado ser un producto con un elevado potencial, para la fabricación de envases y demás sub productos ecológicos.

Delgado y Uribe (2017, p. 67), los autores se plantearon como objetivo general, determinar la concentración de soda caustica, tiempo de cocción y tamaño de la partícula, para poder obtener pulpa de caña de azúcar y poder fabricar papel. Los resultados señalaron que los parámetros demostraron una eficiencia mayor, en la producción de pulpa, a partir de la caña de azúcar, la cual se obtuvo con una cocción de aproximadamente 1 hora, con un tamaño de la partícula de 2 cm y con una concentración de soda caustica del 5%. En base a ello, se llegó a la conclusión que el rendimiento ha correspondido a un 86.73% de celulosa y un 5.03% de concentración de lignina.

Después de haber expuesto los antecedentes de la investigación científica que servirán para comparar los resultados obtenidos, se procederá a describir las teorías y enfoques conceptuales donde se enmarca la investigación.

El bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es aquel subproducto que es extraído de los desechos de la fabricación del azúcar, tomando como material

de fabricación para esta, a la caña de azúcar en sí misma. Una de las funciones para las que puede ser utilizado este sub producto, es para la alimentación de calderas, las cuales son empleadas, en la línea de proceso dentro de la fabricación del azúcar (Farfán y Pastor, 2018, p. 2).

Así mismo, hablando sobre los objetos de estudio, el bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), se denomina de esa forma a todo aquel residuo que es obtenido después de haber procesado a la beterraga, con el objetivo de obtener un jugo de este insumo. El bagazo suele ser de condición fibrosa, debido a que se tiende a exprimir la totalidad del insumo (Salazar, Mariuxi, Coba y Lorenzo, 2019, p. 119).

Además de ello, cabe señalar que este bagazo suele tener un grado de humedad bastante elevado. En relación a lo dicho, se puede alcanzar un total del 50% - 70%, de humedad, con una elevada cantidad de azúcares, mediante las cuales, existe la posibilidad de la obtención de energía (Arnaldoa, 2018, p. 9).

Así mismo, al evaluar la composición química (extraíbles, holocelulosa y lignina) de los materiales empleados para fabricar el papel ecológico, resulta ser indispensable, debido a que, con ello, se puede conocer la composición y reacción posible, de estos elementos, con respecto al papel. Para ello, es que se podrán evaluar las siguientes características: extraíbles, holocelulosa y lignina (Salomón, Ortiz y Villa, 2017, p.16).

Los extraíbles son aquellos materiales que tienden a ser solubles en el agua, cuya composición contiene a diferentes solventes orgánicos, con una representatividad pequeña, dentro de una planta (Pignatello y Tomaseti, 2019, p. 25).

Una de las técnicas más conocidas para poder emplear un material con una cantidad mínima de este tipo de componentes, es la técnica del secado, en donde la totalidad del bagazo o material, tiende a ser colocada al aire libre, para que pierda humedad de forma progresiva (Lima, Rodrigues, Lidório, Farias y Martins, 2019, p. 154).

Cuando se habla, con respecto a la holocelulosa, se tiene a un material con composición de celulosa, carbohidratos y hemicelulosas, muy característico de aquellos materiales que tienden a estar compuestos por fibras vegetales (Rivas, 2020, p. 20) De la misma forma, es que la lignina es una sustancia que forma parte

de la pared celular de los vegetales, el cual tiene las características de brindar dureza y resistencia (Rodríguez, 2019, p. 7).

Además, la caracterización morfológica, señala que todos los vegetales tienden a gozar de ciertas características particulares, dentro de los cuales, se tiene que conocer el tipo de elementos que conforman a los mismos. Esto puede ser alcanzado, mediante la identificación de elementos que llegaran a conformar a la caña de azúcar y la beterraga (Koefender, Colle, Manfio, Horn, Schoffel, Oliveira y Camera, 2018, p. 14).

Con respecto a los índices de calidad de pulpa para papel, se señala que toda la pulpa y las fibras, deberán de contar con ciertos indicadores de calidad mínimos, mediante los cuales se podrá predecir, cuál será el comportamiento dentro de la mezcla de papel. De esta forma, es que se llegará a medir la longitud, el ancho y el volumen, de las fibras que conforman al bagazo. Con respecto a ello, se puede determinar el coeficiente de rigidez, la relación de Runkel, el grado de esbeltez y la flexibilidad (Meza, Lépiz, López y Morales, 2015, p. 15).

El papel ecológico es considerado como un elemento de producción que toma en cuenta la sostenibilidad del medio ambiente y el respeto por el mismo. Este suele ser muy diferente al papel reciclado, debido a que se consideran elementos adicionales que conllevan a la mitigación de demás contaminantes del medio que los rodea, tales como desechos de otros procesos, etc. (Domínguez, Hernández y Medina, 2017, p. 90).

Cuando se hace referencia a las características físicas de los materiales, se habla acerca de la capacidad que tienen estos, con respecto a elementos de forma y composición, que le brinda mejoras, en cuestión de elementos externos que los puedan llegar a afectar. Tal es el caso del espesor, el peso del papel ecológico y la porosidad del mismo (Gonzáles, Daza, Caballero y Martínez, 2016, p. 18).

Cuando se habla acerca del espesor, se señala que es medida la distancia que tiene una hoja de papel, con respecto a la perpendicular de la base del mismo. Las unidades con las que se mide, es en milímetros (mm). Esta es conocida como la distancia Z. Normalmente suele ser empleado el instrumento Kart Frank, en donde



se suelen aplicar pinzas con la técnica conocida como Tappi T 411 (López, Robles, Velasco, Ruiz, Enríquez y Rodríguez, 2014, p. 7).

De igual forma, en peso base o gramaje, suele ser una característica que se encarga de determinar la masa de una hoja de papel, por metro cuadrado. Esta medición es considerada, cuando se cuenta con condiciones secas del papel evaluado y toma en consideración a dos elementos importantes: el peso promedio y el área (Area, Mastrantonio y Velez, 2016, p. 15).

Al igual que lo mencionado, se tiene a la porosidad, la cual es una característica que brinda información con respecto a la impermeabilidad del elemento evaluado. Es con esta medida, mediante la cual se llega a controlar la estructura fibrilar del papel ecológico diseñado, en donde se mide el grado de abertura que tiene. La técnica que se emplea, es la del TAPPI 460 om – 96 (Cristina, 2015, p. 24).

Además de lo dicho, se tienen a las características ópticas de blancura y opacidad, las cuales brindan información que sirve para la capacidad que puede tener una persona, de poder escribir sobre el papel y conllevar a que lo escrito sea legible y entendible por el resto de personas. Es por este motivo que, la blancura es considerada como la diferencia que se tiene, con respecto al porcentaje de luz, que se refleja sobre la muestra de papel, en relación a un elemento patrón, que sirve como comparativa (Sanmartín, Zhigue y Alaña, 2017, p. 37).

Así mismo, se señala que la blancura puede ser establecida como la capacidad de reflexión que tiene la superficie del papel, con el objetivo de que no haya sido atravesado de forma preferente, por los rayos lumínicos. Mientras que, al tomar como referencia a la opacidad, se tiene que es considerada como aquella propiedad que tiene un papel, con respecto a la incapacidad del mismo, de poder ofrecer al lector o escritor, la facilidad para poder detectar las figuras (Cantú, 2015, p. 40).

Es de la misma forma, en la que se tiene a las características mecánicas, las cuales corresponden a las capacidades del papel, con respecto a resistencia y duración. Estas no sólo suelen ser brindadas por la composición del mismo, sino que pueden ser mejoradas, con la adición de elementos, tales como: el bagazo de la caña de azúcar y el bagazo de la beterraga.

Las propiedades que suelen ser evaluadas, son: la explosión, el rasgado, la tensión y el dobléz (Soto, Soto y Ramalho, 2018, p. 10).

La resistencia a la explosión, que puede alcanzar un papel, corresponde a la presión que es necesaria aplicar, para poder romper una hoja de papel. Cabe señalar que la forma de ensayar a este elemento, corresponde a aplicar una carga que se encuentre uniformemente repartida, sobre un área de forma circular. Para ello, se tiene que sostener al papel de todos los lados posibles, con el objetivo de evitar que se resbale o deslice (Leal, Leal y Ariza, 2016, p. 189).

La resistencia al rasgado, conlleva a que aquella energía que es necesaria para poder provocar el rasgado del papel, correspondiendo a una longitud determinada. El método mediante el cual se ensaya, corresponde a la necesidad de aplicar una carga perpendicular a las caras del papel, mediante la cual se pueda ocasionar la rotura del mismo (Chacon, Pacheco, Cendejas y Ortega, 2016, p. 70).

Además de lo mencionado, se señala que la resistencia a la tensión, indica que existen fuerzas de carga divergente que generan la rotura en una hoja de papel. Sin embargo, esta rotura no es ocasionada por cualquier fuerza, sino que se tiene que aplicar una fuerza de tensión sobre la superficie del papel, en el que el jalado tendrá que ser en una dirección, comprendiendo la resistencia de elementos externos al papel, con respecto a la otra (Rivera, Lopeda y Oviedo, 2018, p. 40).

Para finalizar, se tiene al dobléz, mediante la cual se puede demostrar la resistencia que se tiene que aplicar a un papel doblado, antes de que llegue a la rotura. Es de esta forma, en la que el procedimiento de ensayo, indica que se deberá de proceder al doblado del elemento en dos partes igualitarias, siendo expuestas a fuerzas externas de rotura, mediante las cuales se genere tensión sobre el mismo elemento. Así mismo, se sostiene que el ensayo será realizado de forma consecutiva, hasta que se detecte que la resistencia de los dobleces, es muy superior al promedio calculado (Soto, Soyo y Ramalho, 2018, p. 10).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo básica, está dirigida a un conocimiento más completo a través de la comprensión de los aspectos fundamentales de los fenómenos, de los hechos observables o de las relaciones que establecen los entes (CONCYTEC, 2018, p. 1).

##### Diseño de investigación

Así mismo, el tipo de diseño, es el pre experimental, debido a que se tomó como objeto de estudio, a un determinado grupo con características conocidas, para este caso, ha correspondido al papel blanco, tal y como se conoce a la muestra de control. Como complemento a ello, se realizarán las mismas pruebas al grupo experimental, en el que se habrá incorporado porcentajes de mezclado específicos para el papel mezclado con bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga (Cohen y Gómez, 2019).

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Mezcla de Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*).

**Variable dependiente:** Elaboración de papel ecológico.

**Tabla 01: Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>X – Variable independiente</b> Mezcla de bagazo de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y bagazo de beterraga ( <i>Beta vulgaris</i> )	Chaparro (2018, p. 140) define bagazo de caña de azúcar, como aquel sub producto que se obtiene de los desechos de fabricación del azúcar.	Se busca conocer las características químicas, morfológicas y la calidad que caracteriza, tanto al bagazo de caña de azúcar y el bagazo de beterraga, tomando como base, el empleo de los mismos, para la fabricación de papel ecológico.	Bagazo de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	Composición química (extraíbles, Holocelulosa, lignina). Caracterización morfológica. Índices de calidad de pulpa para papel.	Nominal
	Tovar, Medina, García y Guerra (2019, p. 6) define al bagazo de beterraga, como aquellos residuos que ha quedado de haber exprimido mediante un proceso mecánico, a la beterraga.	fabricación de papel ecológico.	Bagazo de beterraga ( <i>Beta vulgaris</i> )	Composición química (extraíbles, holocelulosa, lignina). Caracterización morfológica. Índices de calidad de pulpa para papel.	Nominal
<b>Y - Variable dependiente</b> Elaboración de papel ecológico	Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21) define al papel ecológico, como aquel compuesto fibroso, que se obtiene de la combinación de pastas vegetales, con diferentes componentes en estado sólido y líquido, mezclado en un medio fluido.	Se hace referencia como papel ecológico, al producto que se obtendrá de la combinación de papel con bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga, en miras de alcanzar buenas características físicas y ópticas.	Características físicas	Espesor Peso base o gramaje Porosidad	Ordinal
			Características ópticas	Blancura Opacidad	Ordinal

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*).

**Muestra:** 1 kg de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y 1 kg bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*).

**Tabla 02:** Cuadro de distribución por dosificación

Material	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3
Bagazo de caña de azúcar	25% (Peso de una hoja promedio)	50% (Peso de una hoja promedio)	75% (Peso de una hoja promedio)
Bagazo de caña de beterraga	75% (Peso de una hoja promedio)	50% (Peso de una hoja promedio)	25% (Peso de una hoja promedio)
Total	100% adición	100% adición	100% adición

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, cada muestra de la dosificación 1, 2 y 3 fueron comparadas con 01 papel bond blanco y 09 papeles bond de colores, para comprobar las características ópticas y físicas de cada una de ellas.

**Muestreo:** Tipo no probabilístico por conveniencia (Considerados por el criterio del mismo autor)

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnica:** Observación

En la presente investigación, consideró la técnica de la observación, debido a que se ha realizado ensayos, cuya información fue recopilada, mediante el instrumento, ficha de observación.

**Técnica:** Revisión Bibliográfica

Así mismo se recurrió a la revisión de revistas científicas con las cuales se pudo realizar comparaciones con lo que respecta a la elaboración del papel ecológico.

**Técnica:** Diagrama de flujo

Esta técnica, se empleó, con la finalidad de poder describir el proceso de forma secuencial. Para esta técnica se acudió a la técnica de gráfico de diagrama de flujo.

**Instrumento:** Ficha de observación

Con la ficha de observación se recopiló datos, con respecto a los siguientes ensayos: espesor, peso base o gramaje, porosidad, blancura y opacidad. Estos ensayos, llevaron a determinar las características físicas y características ópticas del papel ecológico. Este mismo instrumento además nos sirvió para recolectar los datos de caracterización, del bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga, siendo los siguientes: composición química, caracterización morfológica e índices de calidad de pulpa para papel.

Dentro de las características físicas, se encuentran: espesor de papel (Ver anexo 2), Peso (Ver anexo 3), Porosidad (Ver anexo 4), opacidad, índice de explosión, índice de rasgado, resistencia a la tensión y resistencia al dobléz., los ensayos a la materia prima fueron realizados de manera artesanal y también han sido escogidos de diferentes fuentes documentales.



*Figura 01:* Bagazo de caña de azúcar

Fuente: Vásconez (2018)



Figura 02: Bagazo de beterraga

Fuente: Vásconez (2018)

Espesor: Es la distancia perpendicular, entre dos caras de un papel.



Figura 03: Micrómetro Kart Frank con hoja de papel

Fuente: Vásconez (2018)

Peso: Es la cantidad de masa, en una superficie de un metro cuadrado

$$P_b = P * 10000/A$$

P<sub>b</sub> = Peso base (gr/m<sup>2</sup>)

P = Peso promedio

A = Área en cm<sup>2</sup>

Porosidad: Corresponde al grado de abertura con el que cuenta un papel y por el que circula el aire Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21).



*Figura 04: Aparato Gurley*

Fuente: Vásconez (2018)

Opacidad: Es el porcentaje de luz reflejada por una muestra de papel, en comparación de una pastilla de óxido de magnesio Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21).



*Figura 05: Aparato Elrepho*

Fuente: Vásconez (2018)

Resistencia a la explosión: Corresponde a un requerimiento de calidad para una hoja de papel, en el que la obtención de este valor, corresponde a la división entre el promedio de resistencia a la explosión y el peso en gramaje. Este ensayo corresponde a la aplicación de una carga sostenida en un



pedazo de papel de forma circular, con un diámetro del 30,50 mm Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21).

$$I. E. = r/Pb$$

I.E. = índice de explosión (kPa\*m<sup>2</sup>/gr)

r = Promedio de la resistencia a la explosión

Pb = Peso base (gr / m<sup>2</sup>)



*Figura 06:* Prueba de explosión

Fuente: Vásconez (2018)

Resistencia al rasgado: Corresponde a aquella fuerza que es necesaria aplicar, hasta que una hoja de papel, pueda rasgarse, hasta el rompimiento. Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21).

$$I. R. = r * 9,81/Pb$$

I.R. = índice de rasgado (N\*m<sup>2</sup>/kg)

r = Promedio de la resistencia a la explosión

Pb = Peso base (gr / m<sup>2</sup>)



Figura 07: Péndulo Elmendorf

Fuente: Vásconez (2018)

Resistencia a la tensión: Corresponde a aquella fuerza que conlleva a romper el papel, generando la partición de las hojas. Pignatelli y Tomaseti (2020, p. 21).

$$I. T. = \frac{N}{w} * Pb$$

$$R. T. \left( \frac{kN}{m} \right) = \frac{N}{\text{ancho de tira en mm}}$$

$$L. R. = \frac{N - 0,1019 * \text{long. tira (mm)}}{\text{peso tira (gr)}}$$

I.T. = índice de tensión

R.T. = Resistencia a la tensión

L.R. = Largo de ruptura

N = Valor leído en newton (carga de ruptura)

Pb = Peso base, en  $gr/m^2$



*Figura 08:* Prueba de Tensión en el equipo Kart Frank

Fuente: Vásconez (2018)

Resistencia al doblar: Consiste en determinar la cantidad de veces en las que se puede doblar una hoja de papel.



*Figura 09:* Equipo Shopper para dobles pliegues

Fuente: Vásconez (2018)

**Instrumento:** Análisis documental

Se han revisado distintos artículos y referencias bibliográficas, con la finalidad de poder conocer los procesos con el que se llevó a cabo los procesos de elaboración del papel.

**Instrumento:** Gráfico de diagrama de flujo

En el diagrama de flujo, se han podido exponer el propósito de la investigación, la determinación del nivel de detalle requerido y la definición

de los límites, en donde se podrá exponer de forma secuencial, la aplicación de las soluciones.

### **3.5. Procedimientos**

Los materiales que se necesitó para la elaboración de las hojas de papel son los siguientes:

- 01 k de bagazo de caña de azúcar
- 01 K de bagazo de beterraga
- 01 tina o recipiente en mayor medida al cedazo a utilizar
- 01 licuadora
- 01 colador
- 06 esponjas
- 01 cedazo que incluye malla (molde y marco), el tamaño varía de acuerdo al tamaño de papel que se desee elaborar
- 01 prensa
- 01 rodillo
- 02 telas del tamaño del papel elaborado
- Agua

Cabe destacar que la elaboración de papel a base de bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga ha sido realizado de manera artesanal, no se ha empleado laboratorio ni instrumentos de laboratorio.

Para continuar se tiene el procedimiento para el desarrollo de la investigación, el cual esta detallado a continuación: de forma inicial, se ha buscado adquirir la materia prima, para que pueda ser llevada la presente investigación, en este caso se compró el bagazo de caña de azúcar el cuál fue adquirido en la empresa azucarera industrial Agro Pucalá, en el caso del bagazo de la beterraga, al no tener acceso al bagazo en sí, se compró la beterraga.

Para la obtención de 1 kg de bagazo de beterraga, se compró la beterraga, propiamente dicha y posteriormente, se procedió a producir el bagazo de la misma, mediante la extractora de alimentos, en donde se ha podido extraer

el jugo de la beterraga y a consecuencia de ello, se obtuvo bagazo de la beterraga (Chaparro, 2018, p. 48).

Para iniciar con el proceso de elaboración de papel de bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga, se inició con el pesado del material, de acuerdo a la dosificación requerida para las 3 muestras a realizadas teniendo como resultado los siguientes pesos:

**Tabla 03:** *Pesos de bagazos utilizados para la elaboración de los papeles*

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Peso Total
Bagazo de caña de azúcar	166.675 G.	333.35 G.	500.025 G.	1000 G.
Bagazo de beterraga	500.025 G.	333.35 G.	166.675 G.	1000 G.
<b>PESO TOTAL</b>	<b>666.7 G</b>	<b>666.7 G</b>	<b>666.7 G.</b>	<b>2000 G.</b>

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber pesado las cantidades exactas de bagazos para cada muestra, se colocó a secar los bagazos a temperatura ambiente teniendo en cuenta que les dé el sol.

Después se procedió a tamizar ambos bagazos con la finalidad de obtener las partículas más finas, las cuales nos sirven para elaborar el papel.

Posterior a ello, se colocó en una licuadora 100 ml. de agua por cada muestra a licuar. Obteniendo como resultado las 03 pastas base con la cuales se trabajó.

La fase importante para la fabricación de la hoja de papel está fijada por la preparación de la pasta (Garnica, Arias, Martín, Sanz, 2007)

A continuación de este mezclado, se procedió a tomar el cedazo con marco dentro de la tina que contiene la mezcla de la pasta, se colocó el cedazo en una posición que permita la filtración del agua, y luego se procedió a retirar el marco del cedazo sin dañar el borde del papel, a continuación, cada pasta

obtenida en bastidores, se a extendieron con la finalidad de que se pueda dar forma al papel elaborado.

Luego de ello, el papel en pasta, fue colocado sobre un acrílico y sobre este, una tela, para eliminar la humedad, y de esta manera se va colocando, otro conjunto de hojas, sucesivamente.

En seguida de tener un conjunto de papeles ecológicos en estado fresco, se colocó dos prensas de madera en los extremos, con la finalidad de realizar el proceso de compresión, mediante el cual, se elimina el exceso de humedad de las mismas. Después de varios minutos, se procedió a colocar las hojas a secar por 24 horas. Estas hojas secas, finalmente fueron colocadas por segunda vez, sobre una prensa, para poder corregir las ondulaciones que se puedan presentar (Chaparro, 2018, p. 48).

### **3.6. Método de análisis de datos**

El análisis de los datos, se realizó mediante la estadística descriptiva, debido a que se ha buscado exponer los datos después de haber realizado la experimentación, con respecto a los papeles ecológicos. Esta exposición de datos, está expuesta en tablas de frecuencia y gráficos, en los cuales se ha buscado realizar una comparación de los mismos, en base a los porcentajes de adición de bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga, con respecto a la muestra de control.

### **3.7. Aspectos éticos**

La totalidad de los resultados corresponden a ciertas implicaciones éticas, en las cuales se ha basado el desarrollo total de la investigación. En un comienzo se ha recolectado información de otros autores, con la finalidad de brindar un fundamento teórico a la presente investigación. En base a ello, se respetaron los derechos de autor, incluyendo una cita en formato ISO 690, a la totalidad de información recuperada de otros investigadores o autores. Además de ello, los resultados recolectados son veraces, debido a que la totalidad de ellos, corresponden a una recolección y procesamiento de datos justa, en donde ningún valor ha sido inventado y por lo tanto ha llevado a que este pueda ser comprobado.

#### IV. RESULTADOS

**Objetivo específico N° 01:** Caracterizar química y morfológicamente el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*).

**Tabla 04:** Características químicas del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Compuesto químico Determinado (%)	%
Extraíbles en etanol-tolueno	19.77
Extraíbles en etanol	3.85
Holocelulosa	70.58
Alfa celulosa	22.16
Beta celulosa	75.86
Gamma celulosa	1.98
Lignina	11.75
Cenizas	6.64

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las características químicas, se ha encontrado a los extraíbles en etanol y tolueno, en donde se ha alcanzado una representatividad del 19.77% para este componente, para el caso de los extraíbles en etanol, se ha alcanzado una representatividad del 3.85%, para el caso de la holocelulosa, se ha alcanzado una valoración de 70.58%, para el caso del Alfa Celulosa, se ha alcanzado un valor del 22.16%, en cuanto al Beta celulosa, se ha contado con un 75.86% de representatividad. Todo lo contrario, ha sido originado, en el caso de la gamma celulosa, en donde se han alcanzado representatividades del 1.98%, de lignina de 11.75% y de cenizas del 6.64%.

**Tabla 05:** *Características químicas del bagazo de beterraga (Beta vulgaris)*

Compuesto químico Determinado (%)	%
Extraíbles en etanol-tolueno	9.26
Extraíbles en etanol	0.24
Holocelulosa	69.83
Alfa celulosa	20.00
Beta celulosa	78.10
Gamma celulosa	1.90
Lignina	11.89

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las características, se ha encontrado a los extraíbles en etanol y tolueno, en donde se ha alcanzado una representatividad del 9.26% para este componente, para el caso de los extraíbles en etanol, se ha alcanzado una representatividad del 0.24%, para el caso de la holocelulosa, se ha alcanzado una valoración de 69.83%, para el caso del Alfa Celulosa, se ha alcanzado un valor del 20.00%, en cuanto al Beta celulosa, se ha contado con un 78.10% de representatividad. Todo lo contrario, ha sido originado, en el caso de la gamma celulosa, en donde se han alcanzado representatividades del 1.90% y de lignina de 11.89%.

**Tabla 06:** *Propiedades biométricas del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum)*

Propiedad	Valor
Longitud promedio (mm)	2.981
Diámetro total ( $\mu$ )	8.976
Lumen ( $\mu$ )	4.549
Pared celular ( $\mu$ )	4.427

Fuente: Elaboración propia



Al analizar las propiedades biométricas del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es que se puede señalar que la longitud promedio de fibra, es de 2.981 mm, alcanzando un diámetro total promedio en micras, de 8.976; así como, el valor de lumen en micras de 4.549 y una medida de pared celular en micras de 4.427.

**Tabla 07:** *Propiedades biométricas del bagazo de la beterraga (Beta vulgaris)*

Propiedad	Valor
Longitud promedio (mm)	2.858
Diámetro total ( $\mu$ )	9.628
Lumen ( $\mu$ )	5.079
Pared celular ( $\mu$ )	4.393

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las propiedades biométricas del bagazo de la beterraga (*Beta vulgaris*) es que se puede señalar que la longitud promedio de fibra, es de 2.858 mm, alcanzando un diámetro total promedio en micras, de 9.628; así como, el valor de lumen en micras de 5.079 y una medida de pared celular en micras de 4.393.

**Tabla 08:** *Índice de calidad de pulpa para papel del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum)*

Indicadores de calidad	Indicador
Coefficiente de Rigidez	0.56
Relación de Runkel	1.30
Coefficiente de Flexibilidad	0.44
Relación de esbeltez	28.80

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el índice de calidad de la pulpa para papel, se ha podido evidenciar el hecho de contar con un coeficiente de rigidez de 0.56 puntos, en donde se puede llegar a comparar con la resistencia de la papa, la cual se halla en valoraciones de 0.49 puntos. Así mismo, para el coeficiente de relación de Runkel, en donde se han alcanzado valores de 1.30, señalando que valoraciones de entre 1 a 2, son característicos de una pulpa de calidad regular para producir papel. Ahondando en el coeficiente de flexibilidad, se han alcanzado coeficiente de flexibilidad de 0.44 y una relación de esbeltez hacia el doblado, de 28.80 puntos, en donde los valores normales, señalan la posibilidad de contar con valoraciones de 12 puntos.

**Tabla 09:** *Índice de calidad de pulpa para papel del bagazo de beterraga (Beta vulgaris)*

Indicadores de calidad	Indicador
Coeficiente de Rigidez	0.45
Relación de Runkel	0.86
Coeficiente de Flexibilidad	0.54
Relación de esbeltez	24.89

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el índice de calidad de la pulpa para papel, se ha podido evidenciar el hecho de contar con un coeficiente de rigidez de 0.45 puntos, en donde se puede llegar a comparar con la resistencia de la papa, la cual se halla en valoraciones de 0.49 puntos. Así mismo, para el coeficiente de relación de Runkel, en donde se han alcanzado valores de 0.86, señalando que valoraciones de entre 1 a 2, son característicos de una pulpa de calidad regular para producir papel. Ahondando en el coeficiente de flexibilidad, se han alcanzado coeficiente de flexibilidad de 0.54 y una relación de esbeltez hacia el doblado, de 24.89 puntos, en donde los valores normales, señalan la posibilidad de contar con valoraciones de 12 puntos.

**Objetivo específico N° 02:** Evaluar las características físicas y ópticas del papel ecológico elaborado de la mezcla de un 25%, 50% y 75% de bagazo de caña de

azúcar (*Saccharum officinarum*) y un 75%, 50% y 25% de bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*)

**Tabla 10:** *Características físicas – Espesor*

Muestra	Resultados (mm)
Muestra 1 (25% de bagazo de caña de azúcar + 75% de bagazo de beterraga)	0.105 mm de espesor
Muestra 2 (50% de bagazo de caña de azúcar + 50% de bagazo de beterraga)	0.118 mm de espesor
Muestra 3 (75% de bagazo de caña de azúcar + 25% de bagazo de beterraga)	0.134 mm de espesor

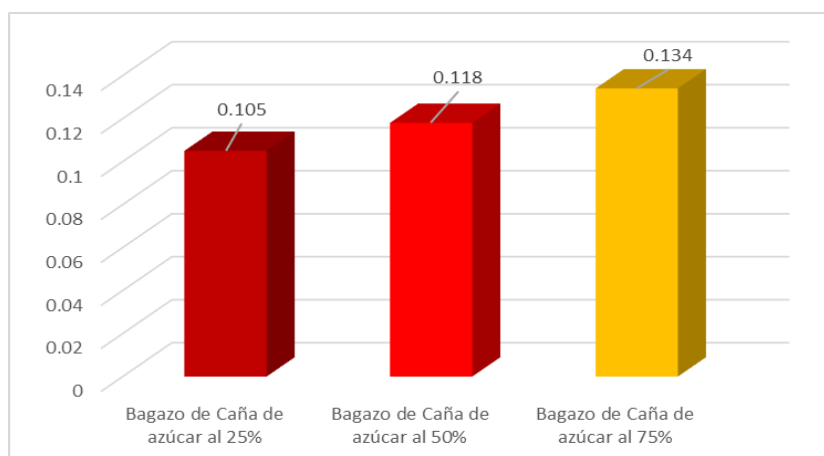
Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que, la muestra con 25% de bagazo de caña de azúcar y 75 % de bagazo de caña de beterraga, ha alcanzado una valoración final de espesor, del 0.105 mm, siendo seguida de la muestra con el 50% de bagazo de caña de azúcar y 50% de bagazo de beterraga, en donde se ha alcanzado un espesor de 0.118 mm. Además de ello, cabe señalar que, el espesor alcanzado en la muestra del 75% de bagazo de caña de azúcar y 25% de bagazo de beterraga, ha sido de 0.134 mm. Si es que se realiza una comparativa, en cuanto a los resultados y los espesores de diferentes calidades de papel, se tiene que tomar en cuenta, la siguiente tabla de referencia de diferentes calidades de papel, y los espesores respectivos de cada una.

**Tabla 11:** Tipos de papel, de acuerdo a su espesor

Calidad	Espesor (mm)
Condensadores estáticos	0.007 - 0.020
Condensadores electrolíticos	0.050 - 0.070
Papeles delgados	0.020 - 0.040
Papeles de impresión	0.050 - 0.100
Cartoncillo	0.200 - 1.700
Cartón	0.600 - 2.000

Fuente: Hernández (2008)



*Figura 10:* Características físicas – Espesor

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han llegado a demostrar que la calidad de los papeles que han sido elaborados, en cuanto a espesor, han correspondido a tener la calidad de cartoncillo y entre papel de impresión, en donde para todos los casos, se han alcanzado valores de entre 0.10 y 0.20 mm, siendo el de menor espesor, el de 0.105, alcanzado por el 25% de bagazo de caña de azúcar, y el de máximo espesor, ha sido el alcanzado por el 75% de bagazo de caña de azúcar, evidenciando un espesor de 0.134 mm.

Existe relación entre el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), en el espesor del papel elaborado.

**Tabla 12:** Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Espesor de papel ecológico”

		de	Bagazo de caña de azúcar	Espesor de papel ecológico
Bagazo de caña de azúcar	Correlación Pearson	de	1	0.998
	Sig. (bilateral)			,038
	N		3	3
Espesor de papel ecológico	Correlación Pearson	de	0.998	1
	Sig. (bilateral)		,038	
	N		3	3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que el nivel de significancia alcanzado ha sido menor a 0.050, señalando de esta forma, la comprobación de la hipótesis la cual ha sido la siguiente: Existe relación significativa entre el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), en el espesor de la elaboración de papel ecológico. Así mismo, el signo positivo que ha llegado a tener el valor correlacionado, ha llegado a demostrar que la relación ha sido directamente proporcional con un valor de 0.998. Mientras que, se puede señalar que, el nivel de correlación ha sido alta, al encontrarse por un valor superior a 0.700.

**Tabla 13:** *Características físicas – Peso*

Muestra	Resultados
Muestra 1 (25% de B. caña de azúcar + 75% de B. beterraga)	20 gr
Muestra 2 (50% de B. caña de azúcar + 50% de B. de beterraga)	17 gr
Muestra 3 (75% de B. de caña de azúcar + 25% de B. de beterraga)	14.60 gr

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las características físicas, principalmente en el peso, se ha podido determinar que la muestra con el 75% de bagazo de beterraga y 25% de bagazo de caña de azúcar, cuenta con un peso de 20 gramos por papel, el papel con 50% de bagazo de beterraga y 50% de bagazo de caña de azúcar, cuenta con un peso de 17 gramos por papel y el 25% de bagazo de beterraga y 75% de bagazo de caña de azúcar, cuenta con un peso de 14.60 gramos por cada papel.

**Tabla 14:** *Tipos de papel, de acuerdo a su espesor*

Nombres vulgares	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )
Papel	≤ 150
Cartulina	150 – 250
Cartoncillo	250 – 650
Cartón	> 650

Fuente: Hernández (2008)

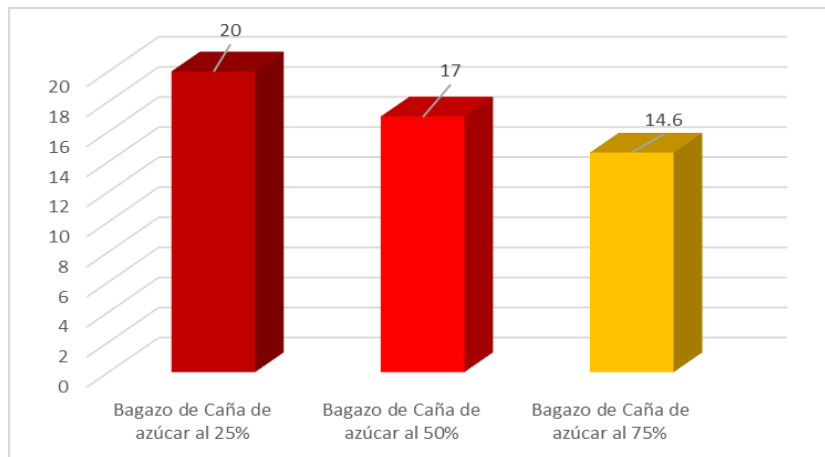


Figura 11: Características físicas – peso

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, existe una relación directamente proporcional, en cuanto a la incidencia del bagazo de beterraga y el bagazo de caña de azúcar, por sobre el peso de cada unidad de papel, alcanzando un máximo de 20 gramos. Además, si es que se toma como referencia la clasificación mencionada anteriormente, se puede señalar que el papel desarrollado, se encuentra dentro de la clasificación de los mismos, al alcanzar un peso menor a 150 gr.

**Tabla 15:** Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Peso de papel ecológico”

		Bagazo de caña de azúcar	Peso de papel ecológico
Bagazo de caña de azúcar	Correlación de Pearson	1	-0.998
	Sig. (bilateral)		,041
	N	3	3
Peso de papel ecológico	Correlación de Pearson	-0.998	1
	Sig. (bilateral)	,041	
	N	3	3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que el nivel de significancia alcanzado ha sido menor a 0.050, señalando de esta forma, la comprobación de la hipótesis: existe relación significativa entre el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), en el peso de la elaboración de papel ecológico. Así mismo, el signo negativo que ha llegado a tener el valor correlacionado, ha llegado a demostrar que la relación ha sido inversamente proporcional con un valor de -0.998. Mientras que, se puede señalar que, el nivel de correlación ha sido alta, al encontrarse por un valor superior a 0.700.

**Tabla 16:** *Características físicas – Porosidad*

Muestra	Resultados (seg/100 cm <sup>3</sup> )
Muestra 1 (25% de bagazo de caña de azúcar + 75% de bagazo de beterraga)	35.00
Muestra 2 (50% de bagazo de caña de azúcar + 50% de bagazo de beterraga)	102.48
Muestra 3 (75% de bagazo de caña de azúcar + 25% de bagazo de beterraga)	164.18

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han evidenciado que se tiene a un papel con una porosidad relativa, debido a que se ha alcanzado un valor de 35 segundos de tiempo, para que el agua pueda llegar a cubrir la totalidad del papel y pasar por el mismo, en donde la muestra ha sido con el 25% del bagazo de caña de azúcar y 75% de bagazo de beterraga. Para el caso, del 50% de bagazo de caña de azúcar y 50% bagazo de beterraga, se ha alcanzado un tiempo de 102.48 segundos para cubrir y pasar la totalidad del papel. Mientras que, se ha alcanzado un valor de 164.18 segundos, con el 75% de bagazo de caña de azúcar y 25% bagazo de beterraga.



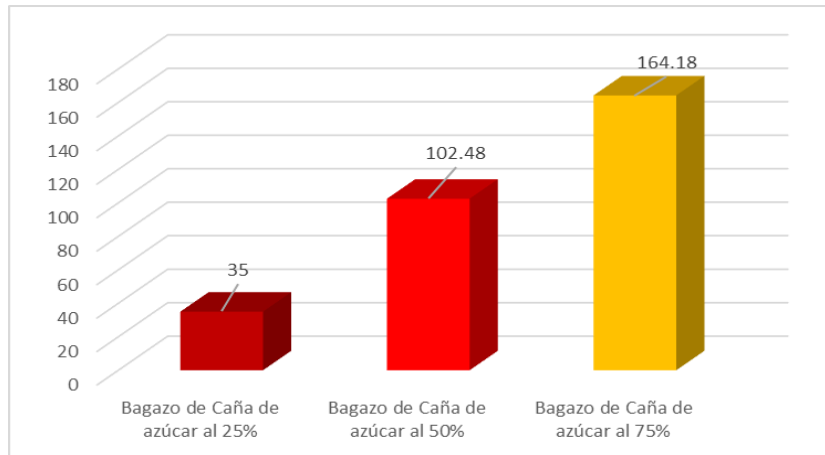


Figura 12: Características físicas – Porosidad

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, se puede evidenciar cierta relación directamente proporcional, entre el porcentaje del bagazo de caña de azúcar y la porosidad del papel, en donde se puede demostrar el hecho de contar con una mayor impermeabilidad, si es que se analiza una mayor cantidad de porcentaje de bagazo de caña de azúcar. Ante ello, se puede evidenciar que, a mayor valoración de tiempo, es que el papel fabricado, puede llegar a ser empleado como envoltura de alimentos.

**Tabla 17:** Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Porosidad de papel ecológico”

		Bagazo de caña de azúcar	Porosidad de papel ecológico
Bagazo de caña de azúcar	Correlación de Pearson	1	1.000
	Sig. (bilateral)		,016
	N	3	3
Porosidad de papel ecológico	Correlación de Pearson	1.000	1
	Sig. (bilateral)	,016	
	N	3	3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que el nivel de significancia alcanzado ha sido menor a 0.050, señalando de esta forma, la comprobación de la hipótesis: Existe relación significativa entre el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), en la porosidad de la elaboración de papel ecológico. Así mismo, el signo positivo que ha llegado a tener el valor correlacionado, ha llegado a demostrar que la relación ha sido directamente proporcional con un valor de 1.000. Mientras que, se puede señalar que, el nivel de correlación ha sido alta, al encontrarse por un valor superior a 0.700.

**Tabla 18:** *Características ópticas – Blancura*

Muestra	Resultados %
Muestra 1 (25% de bagazo de caña de azúcar + 75% de bagazo de beterraga)	20
Muestra 2 (50% de bagazo de caña de azúcar + 50% de bagazo de beterraga)	15
Muestra 3 (75% de bagazo de caña de azúcar + 25% de bagazo de beterraga)	10

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que, el grado de blancura alcanzado por el papel generado en el 25% de bagazo de caña de azúcar, ha sido del 20%, el grado de blancura generado por el 50% de bagazo de caña de azúcar, ha sido del 15% y el alcanzado por el 75% de bagazo caña de azúcar, fue del 10% de blancura.

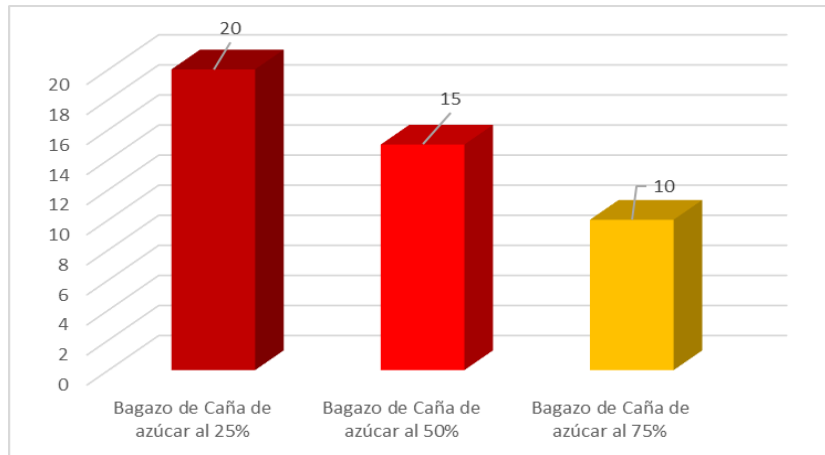


Figura 13: Características físicas – Blancura

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento que fue realizado para poder determinar el grado de blancura de un papel, fue el de contar con diferentes medidas de blancura, de otras calidades de papeles, en donde se ha tomado un valor de 10 medidas, cada una correspondiendo al 10% de blancura. De esta forma, es que se ha alcanzado a señalar que el papel ecológico más blanco, fue el bagazo de caña de azúcar al 25%. Mientras que, el papel ecológico con el menor grado de blancura, fue del 10% de incidencia, con el 75% de bagazo de caña de azúcar.

**Tabla 19:** *Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Blancura de papel ecológico”*

		Bagazo de caña de azúcar	Blancura de papel ecológico
Bagazo de caña de azúcar	Correlación de Pearson	1	-1.000
	Sig. (bilateral)		,000
	N	3	3
Blancura de papel ecológico	Correlación de Pearson	-1.000	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	3	3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que el nivel de significancia alcanzado ha sido menor a 0.050, señalando de esta forma, la comprobación de la hipótesis: Existe relación significativa entre el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), en la blancura de la elaboración de papel ecológico. Así mismo, el signo negativo que ha llegado a tener el valor correlacionado, ha llegado a demostrar que la relación ha sido inversamente proporcional con un valor de -1.000. Mientras que, se puede señalar que, el nivel de correlación ha sido alta, al encontrarse por un valor superior a 0.700.

**Tabla 20:** *Características ópticas – Opacidad*

Muestra	Resultados
Muestra 1 (25% de bagazo de caña de azúcar + 75% de bagazo de beterraga)	80
Muestra 2 (50% de bagazo de caña de azúcar + 50% de bagazo de beterraga)	85
Muestra 3 (75% de bagazo de caña de azúcar + 25% de bagazo de beterraga)	90

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que, el grado de opacidad alcanzado por el papel generado en el 25% de caña de azúcar, ha sido del 80%, el grado de blancura generado por el 50% de caña de azúcar, ha sido del 85% y el alcanzado por el 75% de caña de azúcar, fue del 90% de opacidad.

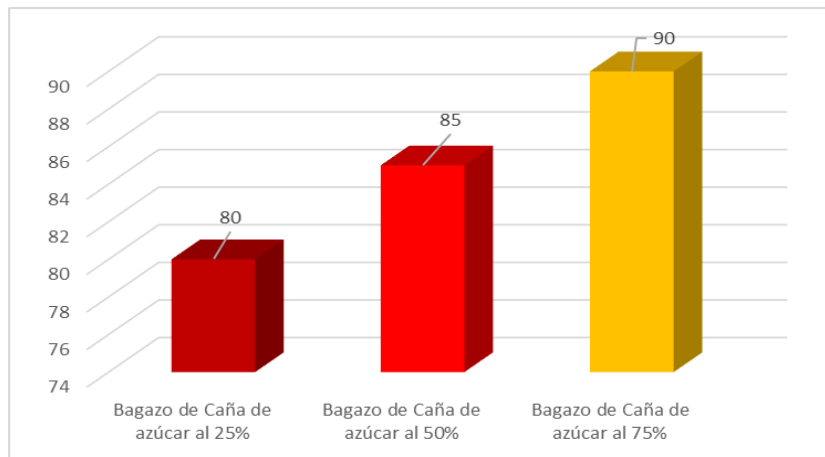


Figura 14: Características físicas – opacidad

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento que fue realizado para poder determinar el grado de opacidad de un papel, fue el de contar con diferentes medidas de opacidad, de otras calidades de papeles, en donde se ha tomado un valor de 10 medidas, cada una correspondiendo al 10% de opacidad. De esta forma, es que se ha alcanzado a señalar que el papel ecológico más opaco, fue el bagazo de caña de azúcar al 75%. Mientras que, el papel ecológico con el menor grado de opacidad, fue del 10% de incidencia, con el 25% de bagazo de caña de azúcar.

**Tabla 21:** Relación de Pearson “Bagazo de caña de azúcar” y “Opacidad de papel ecológico”

		de	Bagazo de caña de azúcar	de	Opacidad de papel ecológico
Bagazo de caña de azúcar	Correlación Pearson	de	1		1.000
	Sig. (bilateral)				,000
	N		3		3
Opacidad de papel ecológico	Correlación Pearson	de	1.000		1
	Sig. (bilateral)		,000		
	N		3		3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han demostrado que el nivel de significancia alcanzado ha sido menor a 0.050, señalando de esta forma que existe relación significativa entre el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de *beterraga* (*Beta vulgaris*), en la opacidad de la elaboración de papel ecológico. Así mismo, el signo negativo que ha llegado a tener el valor correlacionado, ha llegado a demostrar que la relación ha sido directamente proporcional con un valor de 1.000. Mientras que, se puede señalar que, el nivel de correlación ha sido alta, al encontrarse por un valor superior a 0.700.

**Objetivo específico N° 03:** Seleccionar el porcentaje de adición que mejores características físicas, y ópticas, han generado en el papel ecológico.

**Tabla 22:** *Porcentaje de adición más óptimo*

Propiedad	Valor	% de reemplazo de Bagazo de caña de azúcar
Espesor	0.105 mm	25%
Peso	14.60 gr	75%
Porosidad	164.18 seg/100 cm <sup>3</sup>	75%
Blancura	20%	25%
Opacidad	80%	25%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido demostrar, el porcentaje de reemplazo que mejores características ha obtenido, fue el que alcanza el 25% de bagazo de caña de azúcar, en donde se han alcanzado las siguientes características: 0.105 mm de espesor, 20% de blancura y 80% de opacidad. Mientras que, al evaluar el peso y la porosidad, se han alcanzado valores de 14.60 gr y 164.18 seg/100 cm<sup>3</sup>, para el caso del porcentaje de reemplazo de 75% de bagazo de caña de azúcar.

## V. DISCUSIÓN

Al evaluar el objetivo específico de “Caracterizar química y morfológicamente el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*)”, se ha alcanzado el hecho de haber contado con las siguientes características químicas de mayor representatividad: 75.86% de beta celulosa y del 70.58% de la holocelulosa, para el bagazo de caña de azúcar.

Así mismo, la longitud alcanzada, fue de 2.981 mm, con diámetro de 8.976 micras, con un lumen de 4.549 micras y una pared celular de 4.427 micras, para las propiedades biométricas.

Además, al evaluar el índice de calidad de pulpa, se han podido exponer las siguientes características: 0.56 para el coeficiente de rigidez, 1.30 para la relación de Runkel, 0.44 para el coeficiente de flexibilidad y 28.80 para la relación de esbeltez. Heredia (2016, p. 34), demostró que la producción de papel al ser analizado generó una menor cantidad de contaminantes, debido a que en la etapa de producción se vio involucrado un sin número de residuos que generan altos gastos de producción y una merma considerable.

En base a ello, se concluyó que el sistema de recuperación de fibra celulósica, ha conllevado a la obtención de ahorros en la línea de procesos, de más de 150 mil, dólares. Así mismo, se ha podido alcanzar el hecho de que los porcentajes más representativos para el bagazo de beterraga, en cuanto a las características químicas, han sido los siguientes: 78.10% de beta celulosa y del 69.83% de la holocelulosa.

Para la longitud alcanzada en el papel ecológico, fue de 2.858 mm, con diámetro de 9.628 micras, con un lumen de 5.079 micras y una pared celular de 4.393 micras, para las propiedades biométricas. Además, al evaluar el índice de calidad de pulpa, se han podido exponer las siguientes características: 0.45 para el coeficiente de rigidez, 0.86 para la relación de Runkel, 0.54 para el coeficiente de flexibilidad y 24.89 para la relación de esbeltez.

Cabe señalar que, el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es aquel subproducto que es extraído de los desechos de la fabricación del azúcar, tomando como material de fabricación para esta, a la caña de azúcar en sí misma. Una de

las funciones para las que puede ser utilizado este sub producto, es para la alimentación de calderas, las cuales son empleadas, en la línea de proceso dentro de la fabricación del azúcar (Farfán y Pastor, 2018, p. 2).

Además, al “evaluar las características físicas y ópticas del papel ecológico fabricado de la mezcla de un 25%, 50% y 75% de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y un 75%, 50% y 25% de bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*)”, se ha podido establecer que, existe una relación directamente proporcional y significativa, entre el espesor del papel ecológico y el bagazo de caña de azúcar; mientras que, se alcanzó una relación indirectamente proporcional y significativa, entre el peso del papel ecológico y el bagazo de caña de azúcar. Mallaupoma, et al. (2018, p. 97).

En base a ello, se concluyó que la generación de papeles con bajos niveles de contaminación, demostraron ser eficientes en cuestiones económicas para las empresas que recurren en su uso, alcanzando ahorros de más del 25.44%. Por ello es de gran importancia asumir compromiso ambiental por todas las personas, incentivando el aprovechamiento de los recursos naturales para preservar la vida misma, fomentar la responsabilidad social, y desarrollo económico sustentable. (Rozo, Gonzales y Villamizar, 2016). Además, se ha alcanzado una relación directamente proporcional y significativa entre el bagazo de caña de azúcar y la porosidad de papel ecológico; mientras que, se ha alcanzado una correlación significativa e inversamente proporcional, entre el bagazo de caña de azúcar y la blancura del papel ecológico, siguiendo el mismo comportamiento, con la opacidad.

Además, la caracterización morfológica, señala que todos los vegetales tienden a gozar de ciertas características particulares, dentro de los cuales, se tiene que conocer el tipo de elementos que conforman a los mismos. Esto puede ser alcanzado, mediante la identificación de elementos que llegaran a conformar a la caña de azúcar y la beterraga (Koefender, Colle, Manfio, Horn, Schoffel, Oliveira y Camera, 2018, p. 14).

El papel ecológico es considerado como un elemento de producción que toma en cuenta la sostenibilidad del medio ambiente y el respeto por el mismo. Este suele ser muy diferente al papel reciclado, debido a que se consideran elementos



adicionales que conllevan a la mitigación de demás contaminantes del medio que los rodea, tales como desechos de otros procesos, etc. (Domínguez, Hernández y Medina, 2017, p. 90).

Cuando se hace referencia a las características físicas de los materiales, se habla acerca de la capacidad que tienen estos, con respecto a elementos de forma y composición, que le brinda mejoras, en cuestión de elementos externos que los puedan llegar a afectar. Tal es el caso del espesor, el peso del papel ecológico y la porosidad del mismo (Gonzáles, Daza, Caballero y Martínez, 2016, p. 18).

Cuando se habla acerca del espesor, se señala que es medida la distancia que tiene una hoja de papel, con respecto a la perpendicular de la base del mismo. Las unidades con las que se mide, es en milímetros (mm). Esta es conocida como la distancia Z. Normalmente suele ser empleado el instrumento Kart Frank, en donde se suelen aplicar pinzas con la técnica conocida como Tappi T 411 (López, Robles, Velasco, Ruiz, Enríquez y Rodríguez, 2014, p. 7).

Mientras que, al “seleccionar el porcentaje de adición que mejores características físicas, y ópticas, han generado en el papel ecológico”, es que el porcentaje de reemplazo que mejores características ha obtenido, fue el que alcanza el 25% de reemplazo de bagazo de caña de azúcar, en donde se han alcanzado las siguientes características: 0.105 mm de espesor, 20% de blancura y 80% de opacidad.

Mientras que, al evaluar el peso y la porosidad, se han alcanzado valores de 14.60 gr y 164.18 seg/100 cm<sup>3</sup>, para el caso del porcentaje de reemplazo de 75% de bagazo de caña de azúcar. Herrera (2019, p. 15), ha señalado que los procedimientos de desarrollo y elaboración de papel ecológico, corresponde a ser una necesidad preponderante, para poder reducir el grado de contaminación que corresponde, el mantener el uso desmesurado de este producto. Así mismo, se llega a concordar con el autor, al poder identificar las posibilidades de uso y las características ópticas y físicas de los elementos fabricados.

Además de lo dicho, se tienen a las características ópticas de blancura y opacidad, las cuales brindan información que sirve para la capacidad que puede tener una persona, de poder escribir sobre el papel y conllevar a que lo escrito sea legible y entendible por el resto de personas. Es por este motivo que, la blancura es

considerada como la diferencia que se tiene, con respecto al porcentaje de luz, que se refleja sobre la muestra de papel, en relación a un elemento patrón, que sirve como comparativa (Sanmartín, Zhigue y Alaña, 2017, p. 37).

Así mismo, se señala que la blancura puede ser establecida como la capacidad de reflexión que tiene la superficie del papel, con el objetivo de que no haya sido atravesado de forma preferente, por los rayos lumínicos. Mientras que, al tomar como referencia a la opacidad, se tiene que es considerada como aquella propiedad que tiene un papel, con respecto a la incapacidad del mismo, de poder ofrecer al lector o escritor, la facilidad para poder detectar las figuras (Cantú, 2015, p. 40).

Es de la misma forma, en la que se tiene a las características mecánicas, las cuales corresponden a las capacidades del papel, con respecto a resistencia y duración. Estas no sólo suelen ser brindadas por la composición del mismo, sino que pueden ser mejoradas, con la adición de elementos, tales como: el bagazo de la caña de azúcar y el bagazo de la beterraga.

Al igual que los autores, González, Daza, Caballero y Martínez, 2016, p.503, cabe destacar que para la elaboración del papel es importante conocer las propiedades físicas y químicas de la materia prima que se va a utilizar, ya que de ello va a depender la calidad de papel que se va a obtener.

Las especies vegetales como el plátano o también llamado banano, la yuca o pita, el bagazo de caña de azúcar resultan ser las más indicadas para la elaboración de pasta y la formación de hojas (Guzmán et al., 2005).

Además, se ha podido establecer como limitante, el hecho de solo haber evaluado las propiedades ópticas y físicas, del papel ecológico, en cuanto a la incorporación de bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga, sin proceder con la generación de pulpa de este mismo. Mientras que, se puede recomendar el hecho de determinar las propiedades mecánicas de los elementos de papel fabricados, con la finalidad de poder establecer cierto grado de fiabilidad, en cuanto a las propiedades completas halladas.

## VI. CONCLUSIONES

1. En relación al objetivo de elaborar papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), Chiclayo, se llegó a la conclusión que, el porcentaje de 25% de bagazo de caña de azúcar y el 75% de bagazo de beterraga, han presentado un mejor comportamiento físico y óptico, en las unidades de papel fabricados, siendo las más representativas: 0.105 mm de espesor, 20% de blancura y 80% de opacidad.

2. En conclusión respecto a las características químicas y morfológicas del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), se ha podido demostrar que, el bagazo de caña de azúcar, ha contado con las siguientes propiedades químicas: 75.86% de beta celulosa y del 70.58% de la holocelulosa; así como, con las siguientes propiedades morfológicas: la longitud alcanzada, fue de 2.981 mm, con diámetro de 8.976 micras, con un lumen de 4.549 micras y una pared celular de 4.427 micras. Así como, el bagazo de beterraga, ha contado con las siguientes propiedades químicas: 78.10% de beta celulosa y del 69.83% de la holocelulosa; así como, con las siguientes propiedades morfológicas: la longitud alcanzada, fue de 2.858 mm, con diámetro de 9.628 micras, con un lumen de 5.079 micras y una pared celular de 4.393 micras.

3. Los resultados señalaron, que en relación a las características físicas y ópticas del papel ecológico fabricado de la mezcla de un 25%, 50% y 75% de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y un 75%, 50% y 25% de bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), se encontró una relación directamente proporcional y significativa, entre el espesor, la porosidad y la blancura, respecto al porcentaje de caña de azúcar. Mientras que, la asociación ha sido inversamente proporcional y significativa, entre el peso y la opacidad, en donde el porcentaje de reemplazo óptimo, fue el 25% de reemplazo del bagazo de caña de azúcar.

4. En cuanto, al seleccionar el porcentaje de adición que mejores características físicas, y ópticas, han generado en el papel ecológico, el porcentaje de reemplazo que mejores características ha obtenido, fue el que presento el 25% de reemplazo de bagazo de caña de azúcar, en donde se han demostrados las siguientes características: 0.105 mm de espesor, 20% de blancura y 80% de

opacidad. Mientras que, al evaluar el peso y la porosidad, los valores obtenidos fueron de 14.60 gr y 164.18 seg/100 cm<sup>3</sup>, para el caso del porcentaje de reemplazo de 75% de bagazo de caña de azúcar.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que se siga investigando acerca de la evaluación de las propiedades mecánicas de los elementos de papel elaborado, con la finalidad de poder establecer el grado de influencia que tienen los bagazos de caña de azúcar y de beterraga, en relación a estas propiedades.
2. Se recomienda tomar en cuenta la cantidad de bagazo de caña de azúcar utilizado en la presente investigación, con la finalidad de obtener un producto que tenga el espesor y la porosidad ideal para ser un producto de buena calidad.
3. Se recomienda tomar en cuenta la cantidad del bagazo de beterraga utilizada en la presente investigación, con la finalidad de tener un producto con propiedades visuales u ópticas, tales como la blancura y la opacidad representativas.
4. Se recomienda continuar con las investigaciones para lograr determinar los porcentajes de bagazo de caña de azúcar y bagazo de beterraga óptimos para obtener un papel bond de buenas características físicas y químicas.

## REFERENCIAS

Apaza, J. (2014). LA CONCIENCIA ECOLÓGICA EN EL CONSUMO DE PRODUCTOS EN LA CIUDAD DE PUNO - PERÚ. *Comuni@cción* [online]. 2014, vol.5, n.2 pp.05-12. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2219-71682014000200001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682014000200001)

Area, M.; Mastrantonio, G. y Velez, H. (2016). Gestión ambiental en la fabricación de papel reciclado. *Revista de reciclado celulósico*, 1 (1), 1 – 16. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/262932872\\_Gestion\\_ambiental\\_en\\_la\\_fabricacion\\_de\\_papel\\_reciclado](https://www.researchgate.net/publication/262932872_Gestion_ambiental_en_la_fabricacion_de_papel_reciclado)

Arnaldoa, A. (2018). Desarrollo de la “remolacha azucarera” y de la “remolacha forrajera” *Beta vulgaris L. (Amaranthaceae)* sembradas directamente en zonas altoandinas del norte del Perú. *Revista Arnaldoa*, 25 (3), 1 – 14. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n3/a11v25n3.pdf>

Benitez, J.; Popo, M.; Vallejos, M. y Area, M. (2019). Calidad de papel artesanal a partir de fibras no convencionales de cinco especies colombianas. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/333455269\\_Calidad\\_de\\_papel\\_artesanal\\_a\\_partir\\_de\\_fibras\\_no\\_convencionales\\_de\\_cinco\\_especies\\_colombianas\\_Manufacture\\_of\\_handmade\\_paper\\_from\\_non-conventional\\_fibers\\_of\\_five\\_colombian\\_species](https://www.researchgate.net/publication/333455269_Calidad_de_papel_artesanal_a_partir_de_fibras_no_convencionales_de_cinco_especies_colombianas_Manufacture_of_handmade_paper_from_non-conventional_fibers_of_five_colombian_species)

Cantú, P. (2015). Environmental Education and School as an Educational Space to Promote Sustainability. *Revista electronica Educare*, 18 (3), 39 – 52. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ree/v18n3/a03v18n3.pdf>

Chacon, M.; Pacheco, A.; Cendejas, M. y Ortega, F. (2016). Tendencia del crecimiento en la cultura del reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2 (5), 63 – 72. Recuperado de [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recu](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recu)

[rsos Naturales/vol2num5/Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales V2 N5 7.pdf](#)

Chaparro, R. (2018). Some Insights into the Theory and Practice of Heritage Ecology: Grasping the Bio-physical and Socio-historical Dynamism of the Cultural Landscape of Hangzhou. *Revista Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66 (1), 133 – 158. Recuperado de <https://dag.revista.uab.es/article/view/v66-n1-chaparro/533-pdf-en>

Cohen, N. y Gómez, G. (2019). *Metodología de la investigación, ¿Para qué?*. Buenos Aires. Argentina. Editorial Teseo. Recuperado de [http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia\\_para\\_que.pdf](http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf)

CONCYTEC (2018). *Memoria Institucional 2018* (Informe Técnico). CONCYTEC: Lima. Recuperado de [https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/memoria\\_institucional\\_2018.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/memoria_institucional_2018.pdf)

Contreras, C., Corman, E., Mallaupoma, C., Ramírez, L. y Ramírez, Z. (2018), en su investigación titulada *Fabricación y comercialización de empaque de papel biodegradable* (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola: Lima. Recuperado de [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8923/1/2018\\_Contreras-Choque.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8923/1/2018_Contreras-Choque.pdf)

Cristina, M. (2015). El reciclado en la fabricación de papel y cartón. *Revista de Medio Ambiente*, 1 (1), 18 – 25. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/322916778\\_El\\_reciclado\\_en\\_la\\_fabricacion\\_de\\_papel\\_y\\_carton\\_La\\_Revista\\_del\\_Corrugado](https://www.researchgate.net/publication/322916778_El_reciclado_en_la_fabricacion_de_papel_y_carton_La_Revista_del_Corrugado)

Delgado, C. y Uribe, D. (2017). *Determinación de la concentración de soda cáustica, tiempo de cocción y tamaño de partícula, en la obtención de pulpa para la fabricación de papel a partir de las hojas de caña de azúcar* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Lambayeque. Recuperado

de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1298/BC-TES-TMP-131.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Domínguez, M.; Hernández, R. y Medina, R. (2017). Innovation and Sustainability in the México paper industry. *Revista Global de Negocios*, 5 (5), 87 – 97. Recuperado de [https://www.theibfr.com/download/rgn/2017-rgn/rgn\\_v5n5\\_2017/RGN-V5N5-2017-8.pdf](https://www.theibfr.com/download/rgn/2017-rgn/rgn_v5n5_2017/RGN-V5N5-2017-8.pdf)

Espinoza, R. (2016). *Rendimiento y aptitud papelera de alnus acuminata h.b.k. mediante el proceso químico con antraquinona y semiquímico a la soda, raquina – junin* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú: Huancayo. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3467/Espinoza%20Canto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Farfán, M. y Pastor, H. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. *Universidad César Vallejo*, 7 (3), 1 – 3. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5217/521758012002/html/index.html>

Fernández, M.; García, V. y Parma, A. (2019). Environmental analysis of university students' mode of transportation and paper consumption. *Revista de la Universidad de Buenos Aires*, 24 (2), 125 – 145.

Garnica, J.; Arias, M.; Martín, J. y Sanz, A. (2007). Fabricación manual de papel con fibras vegetales. *Revista Digital "Práctica Docente"*. N° 7. Recuperado de <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/107/00120093001110.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, K.; Daza, D.; Caballero, P.; y Martínez, C. (2016). Evaluation of the physical and chemical properties of organic solid waste for use in the preparation of paper. *Revista Luna Azul*, 1 (43), 1 – 20. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321745921021.pdf>



Guzmán, A., Bulffe, R., Antúnez, N., Espinosa, S., Konoczuk, N., Marinaro, C., Pellizzer, M., Quintana, O., Schultz, E., Villaverde, V., Wall, C., Delgado, M., Lohmann, M. and Berman, M., 2005. *Elaboración de papel ecológico a partir de fibras vegetales para uso artístico*. [online]. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/40673>

Heredia, N. (2016). *Diseño de un sistema recuperador de fibra celulósica a partir de corrientes residuales provenientes de una planta recicladora de papel* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional: Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16899/1/CD-7478.pdf>

Herrera, A. (2019). *Elaboración del papel orgánico a base de pseudotallo de banano, cantón santo rosa, provincia de el oro, ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil: Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/44826/1/TESIS%20FINAL%20FINAL%20CD.pdf>

Koefender, J.; Golle, D.; Manfio, C.; Horn, R.; Schoffel, A.; Oliveira, J. y Camera, J. (2018). Morphological and agronomic characterization of cassava accesses in northwest region of Rio Grande Do Sul, Brasil. *Revista Holos*, 06 (34), 1 – 15. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/329580188\\_CHARACTERIZACION\\_MORFOLOGICA\\_Y\\_AGRONOMICA\\_DE\\_ACCESOS\\_EN\\_YUCA\\_EN\\_LA\\_REGION\\_NOROESTE\\_DEL\\_RIO\\_GRANDE\\_DO\\_SUL\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/329580188_CHARACTERIZACION_MORFOLOGICA_Y_AGRONOMICA_DE_ACCESOS_EN_YUCA_EN_LA_REGION_NOROESTE_DEL_RIO_GRANDE_DO_SUL_BRASIL)

Leal, A.; Leal, A. y Ariza, A. (2016). El papel de la innovación verde en el equilibrio rentabilidad–sostenibilidad. *Revista Innovación social ambiental*, 1 (71), 99 – 233.

Lima, F.; Rodrigues, M.; Lidório, H.; Farias, J. y Martins, L. (2019). Chemical composition of rose, sunflower and calendula flower petals for human food use, *Revista Cienc Tecnol Agropecuaria*, 20 (1), 149 – 158. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n1/0122-8706-ccta-20-01-00149.pdf>

López, X.; Robles, C.; Velasco, V.; Ruiz, J.; Enríquez, J.; y Rodríguez, G. (2014). Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *Universidad Autónoma del Estado de México*, 22 (2), 1 – 8.

Martínez, E.; Sol, F.; Rivas, L.; y Toledo, G. (2015). Office and school furniture manufacture from paper waste. *Revista Investigación Desarrollo*, 5 (2), 99 – 106. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/299497500\\_Fabricacion\\_de\\_muebles\\_a\\_partir\\_de\\_desechos\\_de\\_papel](https://www.researchgate.net/publication/299497500_Fabricacion_de_muebles_a_partir_de_desechos_de_papel)

Meza, K.; Lépiz, R.; López, J. y Morales, M. (2015). Morphological and phenological characterization of wild bean (*Phaseolus*) species. *Revista Fitotec*, 38 (1), 1 – 16. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802015000100004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000100004)

Minaya Luna, C., Galarreta Oliveros, G., Símpalo López, W., Bonifacio Maza, N., & Miñan Olivos, G. (2018). Elaboración de papel biodegradable a partir de hojas de maíz blanco (*Zea mays L.*), 47-56. Recuperado de <https://revista.uct.edu.pe/index.php/YACHAQ/article/view/46>

Pignatelli, P. y Tomaseti, E. (2019). An empirical Approach to the analysis of consumer perceptions on packaging. *Revista INNOVAR*, 30 (75), 19 – 30. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v30n75/0121-5051-inno-30-75-19.pdf>

Rivas, E. (2020). In the search for adaptation and resistance: biological innovations in wheat crop in Mexico, 1909-194. *Revista del Tecnológico de Monterrey*, 70 (1), 1 – 56. Recuperado de <https://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/view/4078/4295>

Rivera, J.; Lopedá, S.; y Oviedo, N. (2018). Evaluación financiera de la industria de fabricación de papel, cartón y derivados en Colombia 2010-2015. *Revista Entramado*, 14 (1), 32 – 50.

Rodríguez, M. (2019). Challenges for the consumption of fruits and vegetables. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19 (2), 1 – 8. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v19n2/a12v19n2.pdf>

Rozo Gélvez, S. M., González Laguado, A. Y., & Villamizar Loaiza, J. A. (2016). Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña. *Revista Nova*, 2(1), 50–55. Recuperado de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/620>

Salazar, K.; Mariuxi, L.; Coba, R. y Brito, H. (2019). Obtención de Betacianinas de la Remolacha (*Beta Vulgaris*). *Revista Ciencia Digital*, 3 (4), 228 – 238. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/335945588\\_Obtencion\\_de\\_Betacianinas\\_de\\_la\\_Remolacha\\_Beta\\_vulgaris](https://www.researchgate.net/publication/335945588_Obtencion_de_Betacianinas_de_la_Remolacha_Beta_vulgaris)

Salomón, R.; Ortiz, N. y Villa, C. (2017). Composición nutricional y funcional del dátil (*Phoenix Dactylifera L.*) variedad Medjool. *Revista Nueva Época*, 1 (92), 14 – 20. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/320892285\\_Composicion\\_Nutricional\\_y\\_Funcional\\_del\\_Datil\\_Phoenix\\_Dactylifera\\_L\\_Variiedad\\_Medjool](https://www.researchgate.net/publication/320892285_Composicion_Nutricional_y_Funcional_del_Datil_Phoenix_Dactylifera_L_Variiedad_Medjool)

San Martín, G.; Zhigue, R.; y Alaña, T. (2017). Recycling: A niche innovation and entrepreneurship with environmental focus. *Universidad y Sociedad*, 9 (1), 36 – 40. Recuperado <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>

Soto, I.; Soto, O. y Ramalho, M. (2018). Physical and Mechanical Properties of Concrete Using Residual Powder from Organic Waste as Partial Cement Replacement. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33 (3), 1 – 12. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/en\\_0718-5073-ric-33-03-229.pdf](https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/en_0718-5073-ric-33-03-229.pdf)

Tovar, D.; Medina, M.; García, M. y Guerra, J. (2019). *Uniola paniculata* (Poaceae, Chloridoideae, Unioliinae), new record for the flora of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Revista Acta Botánica Mexicana*, 1 (1), 1 – 7.

Vargas, J.; Salazar, E.; Barrientos, L.; Pérez, A.; Rentería, M.; Rodríguez, A.; Navarro, F.; Rutiaga, J. (2015). Pasta blanqueada y azúcares fermentables a

partir de médula de bagazo de caña. *Madera y bosques*, 21 (2), 117 – 130.

Recuperado

de <https://pdfs.semanticscholar.org/ebe9/32c7096647605eec589293157e1a60d9285e.pdf>

Vásconez, S. (2018). *Optimización del proceso de elaboración de papel tissue en la fábrica de papel higiénico del valle favalle cia. Ltda* (Tesis de pregrado).

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: Riobamba. Recuperado de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8659/1/96T00461.PDF>

## ANEXOS

### Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

Propiedades	Mezclas								
	M1			M2			M3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Espesor (mm)									
Peso (gr)									
Porosidad (seg/100 cm <sup>3</sup> )									
Blancura (%)									
Opacidad (%)									
Índice de explosión (kPa*m <sup>2</sup> /gr)									
Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)									
Resistencia a la tensión (kN/m)									
Resistencia al dobles (N° de dobleces)									

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 2: Espesores de papel

Calidad	Espesor (mm)
Condensadores estáticos	0.007 - 0.020
Condensadores electrolíticos	0.050 - 0.070
Papeles delgados	0.020 - 0.040
Papeles de impresión	0.050 - 0.100
Cartoncillo	0.200 - 1.700
Cartón	0.600 - 2.000

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3: *Tipos de papel de acuerdo a su gramaje*

Nombres vulgares	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )
Papel	≤ 150
Cartulina	150 – 250
Cartoncillo	250 – 650
Cartón	> 650

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 4: Tipos de porosidad

Porosidad	%
Nivel bajo	0 – 30
Nivel medio	31 – 70
Nivel alto	71 – 100

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 5: Memoria fotográfica

Cedazo con malla utilizado:



Beterraga:



Bagazo de beterraga:



Bagazo de caña de azúcar:



Mezcla de bagazos:



Mezcla de bagazos en la licuadora:





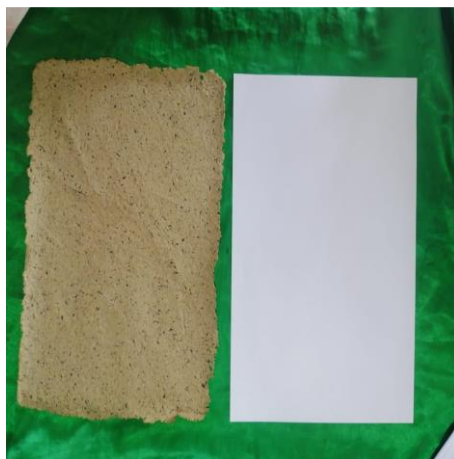
Formación de la hoja de papel en acrílico:



Muestra N°1:



Muestra N° 2:

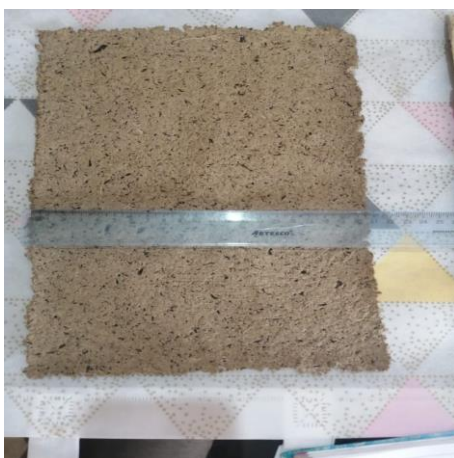


Muestra N°3:

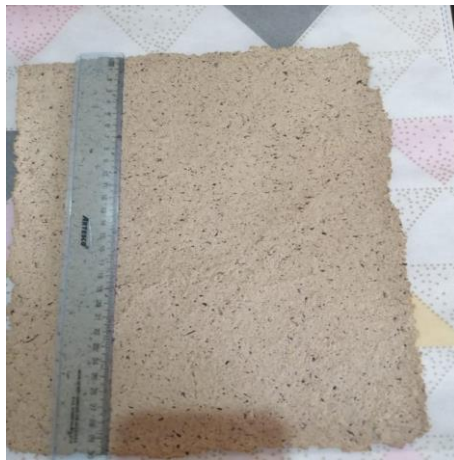
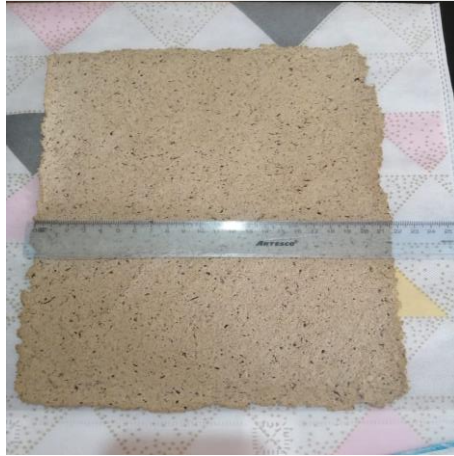


Toma de medidas por el investigador del primer grupo de papeles

Muestra N° 1:

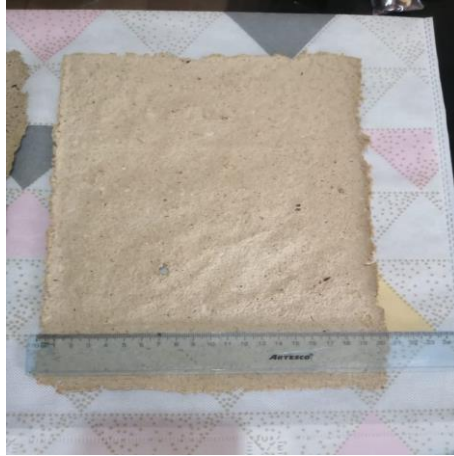


Muestra N°2:



Muestra N° 3:





Toma de medidas por el investigador al segundo grupo de unidades





Proceso de elaboración de papel









**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "ELABORACIÓN DE PAPEL ECOLÓGICO USANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR(SACCHARUM OFFICINARUM) Y BAGAZO DE BETERRAGA (BETA VULGARIS), CHICLAYO.", cuyos autores son HERRERA VASQUEZ TANIA LETICIA, HOYOS HERRERA ENZO SHOSVANY, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 02 de Agosto del 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PONCE AYALA JOSE ELIAS <b>DNI:</b> 16491942 <b>ORCID</b> 0000-0002-0190-3143	Firmado digitalmente por: PAYALAJE el 02-08-2021 12:56:38

Código documento Trilce: TRI - 0164289