



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA IDUSTRIAL

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL UTILIZANDO TELAS DE
ALGODÓN EN DESUSO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

AUTOR: Rolando Xavier Márquez Daza

Tutor: Ing. Ind. Ángel Eduardo González Vázquez, PhD

Guayaquil-Ecuador

2025

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Rolando Xavier Marquez Daza, con documento de identificación N° 0927561407 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: “Análisis del proceso de fabricación de papel utilizando telas de algodón en desuso”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Nombre: Rolando Xavier Marquez Daza

Cédula: 0927561407

Fecha: 15/1/2025

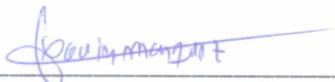
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN

Yo, **Rolando Xavier Marquez Daza** con documento de identificación N° **0927561407**,
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o
parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de enero del año 2025

Atentamente,



Rolando Xavier Marquez Daza
0927561407

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, **Rolando Xavier Marquez Daza** con documento de identificación N^o 0927561407, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: "**Análisis del proceso de fabricación de papel utilizando telas de algodón en desuso**", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero Industrial**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del año 2025

Atentamente,



Rolando Xavier Marquez Daza
0927561407

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACION

Yo, **Ing. Ángel Eduardo González Vázquez**, con documento de identificación NO 0911019529 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Análisis del proceso de fabricación de papel utilizando telas de algodón en desuso**, realizado por **Rolando Xavier Marquez Daza** con documento de identificación N ° 0927561407, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Angel Eduardo González Vázquez, PhD
0911019529

Análisis del proceso de fabricación de papel utilizando telas de algodón en desuso.

Analysing the process of making paper using discarded cotton.

Rolando Xavier Márquez Daza
Universidad Politécnica Salesiana
*rmarquezd@ups.edu.ec

Resumen

La fabricación de papel a partir de tela de algodón en desuso es una alternativa sostenible y ecológica a la producción tradicional de papel a base de pulpa de madera. Este proceso ofrece varias ventajas como la reducción del impacto ambiental, disminuyendo la tala de árboles, la contaminación del agua y el consumo de energía asociado con la producción de papel convencional, adicional se aprovecha de los residuos, convirtiendo textiles en desuso en un recurso valioso, evitando su acumulación en vertederos, esto demuestra el potencial de

la economía circular para crear productos sostenibles y de alta calidad a partir de materiales de desecho, la fabricación de papel a base de tela de algodón reciclado es un proceso innovador y respetuoso con el medio ambiente que ofrece una posible alternativa a los productos de papel tradicionales, este papel se destaca por su resistencia, durabilidad, textura única y menor impacto ambiental. Es decir, su aplicación es ideal cuando se requiere alta calidad y un toque artesanal, por su parte el papel convencional ofrece una mayor versatilidad y suele ser más económico, pero su impacto ambiental es mayor y su durabilidad es menor. Los costos asociados a este proceso pueden ser más elevados que el del papel convencional, debido a la necesidad de tratar las telas recicladas y separar las fibras, una limitante a este proceso es la cantidad de tela de algodón reciclada disponible que pueda restringir la producción a gran escala.

Palabras clave: impacto ambiental, desuso, sostenible, innovador, pulpa de madera, restricción.

Abstract

Making paper from disused cotton fabric is a sustainable and ecological alternative to traditional paper production based on wood pulp. This process offers several advantages such as reducing environmental impact, reducing tree felling, water pollution and energy consumption associated with the production of conventional paper, additionally taking advantage of waste, turning unused textiles into a valuable resource. , avoiding its accumulation in landfills, this demonstrates the potential of the circular economy to create sustainable and high-quality products from waste materials, the manufacture of paper based on recycled cotton fabric is an innovative and environmentally friendly process environment that offers a possible alternative to traditional paper products, this paper stands out for its strength, durability, unique texture and lower environmental impact. That is to say, its application is ideal when high quality and a handmade touch is required, while conventional paper offers greater versatility and is usually cheaper, but its environmental impact is greater and its durability is less. The costs associated with this process can be higher than that of conventional paper, due to the need to treat the recycled fabrics and separate the fibers, a limitation to this

process is the amount of recycled cotton fabric available that can restrict production to large scale.

Key words: environmental impact, disuse, sustainable, innovative, wood pulp, restriction..

1.Introducción

El papel, es un material aparentemente simple, ha tenido un impacto profundo en la civilización humana. Su invención, hace más de dos mil años en China (Gómez Llorente Adriana, 2022), marcó un punto de inflexión en la comunicación, la educación y el almacenamiento de información. A lo largo de los siglos, su fabricación se ha perfeccionado, su uso se ha extendido y su importancia ha crecido, convirtiéndolo en un elemento indispensable en nuestras vidas. Los orígenes del papel se remontan a la China de la dinastía Han, alrededor del año 105 d.C. Se atribuye su invención a Cai Lun (Alcalá, 2020), un eunuco de la corte imperial que experimentó con

diferentes materiales vegetales para crear una superficie para escribir más económica y duradera que los papiros y pergaminos utilizados en la época. Su técnica consistía en macerar fibras de corteza de morera, cáñamo y redes de pesca, creando delgadas hojas que luego se secaban y alisaban.

La invención de Cai Lun se mantuvo en secreto durante siglos, celosamente guardada por los chinos. Sin embargo, hacia el siglo VII, la técnica se difundió a través de la Ruta de la Seda, llegando a Corea, Japón y el mundo árabe. En cada región, la fabricación del papel se adaptó a los recursos locales, utilizando diferentes fibras vegetales como el arroz, el algodón y el lino.

La llegada del papel al mundo occidental se produjo en el siglo X, gracias a los árabes, quienes lo introdujeron en España. A partir de allí, su uso se extendió rápidamente por Europa, impulsado por la invención de la imprenta por Johannes Gutenberg en 1440 (Principi, 2024). La imprenta permitió la producción masiva de libros y documentos, lo que a su vez generó una mayor demanda de papel. A lo largo de los siglos, la fabricación del papel ha experimentado numerosos avances tecnológicos. Desde los métodos iniciales manuales hasta la producción industrializada en máquinas, el proceso se ha vuelto más eficiente y ha permitido la creación de una amplia variedad de tipos de papel, cada uno con características específicas para diferentes usos.

Hoy en día, el papel se utiliza en una multitud de aplicaciones, desde la escritura y la impresión hasta el embalaje y la higiene. Es un material versátil y

omnipresente que sigue desempeñando un papel crucial en la sociedad moderna.

El impacto ambiental de la industria papelera: un desafío para la sostenibilidad, la industria papelera, a pesar de ser un sector importante en la economía global (Azevedo Alfonso, 2020), genera un impacto ambiental significativo que no puede ser ignorado. Desde la tala de árboles hasta la contaminación del agua y el aire, la producción de papel tiene consecuencias negativas para el medio ambiente que requieren atención urgente. Uno de los principales impactos ambientales de la industria papelera es la deforestación. La tala de árboles para obtener las fibras vegetales necesarias para la fabricación de papel es una de las principales causas de la pérdida de bosques en todo el mundo. Esto tiene graves consecuencias para la biodiversidad, el clima y los ciclos del agua.

El proceso de fabricación de papel también genera una considerable cantidad de contaminación del agua (Mihelcic James, 2021). Los productos químicos utilizados en el blanqueamiento y procesamiento de la pulpa de papel pueden terminar en ríos y lagos, dañando los ecosistemas acuáticos y afectando la salud humana.

La industria papelera también contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (Canciano Fernandez, 2021), principalmente a través del consumo de energía y la descomposición de los desechos de papel en los vertederos. Estas emisiones contribuyen al calentamiento global y al cambio climático.

Es importante reconocer que la industria papelera también ha realizado esfuerzos para reducir su impacto ambiental. Se han implementado prácticas forestales más sostenibles, se han

desarrollado tecnologías de producción más eficientes y se ha incrementado el uso de papel reciclado.

Sin embargo, aún queda mucho por hacer. La industria papelera necesita adoptar una estrategia integral de sostenibilidad que incluya la reducción del consumo de agua y energía, la eliminación de productos químicos tóxicos de sus procesos, el aumento del uso de fibras recicladas y la promoción de prácticas forestales responsables.

Abordar el impacto ambiental de la industria papelera es una responsabilidad compartida que requiere la colaboración de diferentes actores. Los gobiernos deben establecer políticas ambientales más estrictas, las empresas paperas deben invertir en tecnologías sostenibles y los consumidores deben adoptar hábitos de consumo responsable, como reducir el uso de papel y elegir productos elaborados con materiales reciclados. Es fundamental que

todos trabajemos juntos para garantizar que la industria papelera opere de manera sostenible, protegiendo el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras.

El papel puede seguir siendo un material valioso en nuestra sociedad, pero su producción debe hacerse de manera responsable y respetuosa con el planeta.

La industria papelera en su operación ha sido muy criticada por su impacto ambiental en el uso excesivo de consumo de agua y energía, en respuesta a estas preocupaciones, ha generado un creciente interés en el desarrollo de alternativas sostenibles para la producción de papel. Una de las alternativas para la fabricación de papel, es el uso de telas de algodón en desuso, las cuales tienen las siguientes ventajas (Singh, 2019):

Reduce de la dependencia de la pulpa de la madera: Para la producción de pulpa de madera se requiere la tala de árboles, lo que colabora en la deforestación

y pérdida de biodiversidad, el uso de telas de algodón en desuso reduce la necesidad de madera virgen para la producción de papel.

Disminución de agua y energía, en la fabricación con telas en desuso de algodón, requiere menos agua y energía que la producción de papel a partir de la pulpa de madera, minimiza la generación de residuos sólidos, el uso de telas de algodón en desuso recicla tela que antes se desechaba en vertederos y que se demoraba muchos años para descomponerse.

El sector del papel y cartón en Ecuador, de acuerdo a la Superintendencia de Compañías, en el 2022 se registró 162 empresas relacionadas a la fabricación de papel y cartón. Según el banco Central del Ecuador (BCE), el Valor Agregado Bruto (VAB) del sector del papel y cartón, represento el 3.5% del PIB del sector de la manufactura y el 0.5% del PIB total, (Ekos,

2024), estos datos reflejan que la industria del papel en Ecuador es un actor importante en la economía nacional, generando empleos y contribuyendo al desarrollo de diversos sectores. A continuación, se detalla la importancia de la Industria Papelera:

Aporte económico: Esta industria genera miles de empleos directos e indirectos y contribuye al Producto Interno Bruto (PIB) del país.

Satisfacción de necesidades: Los productos derivados del papel, son esenciales para diversas actividades cotidianas, como la educación, la comunicación, el comercio, etc.

Encadenamiento productivo: La industria papelera está fuertemente ligada a otros sectores, como la industria forestal, la industria gráfica y el sector textil.

Características de la Industria Papelera Ecuatoriana:

Producción: La producción de papel en Ecuador se basa principalmente en la importación de pulpa de papel, ya que el país no cuenta con suficientes recursos forestales para abastecer la demanda interna.

Consumo: El consumo de papel en Ecuador ha crecido en los últimos años, impulsado por el aumento de la actividad económica y el uso de empaques en el sector alimenticio.

Empresas: La industria papelera ecuatoriana está conformada por un número relativamente pequeño de empresas, principalmente concentradas en las regiones de la Costa y la Sierra.

Desafíos Actuales de la Industria Papelera (Espinosa M, 2020):

Sostenibilidad ambiental: La industria papelera enfrenta desafíos para reducir su impacto ambiental, como la deforestación, el consumo de agua y energía, y la generación de residuos.

Competencia internacional: La industria papelera ecuatoriana debe competir con productos importados de países con costos de producción más bajos.

Innovación: La industria necesita innovar en sus procesos y productos para adaptarse a las nuevas tendencias del mercado y a las demandas de los consumidores.

Futuro de la Industria Papelera (Ambientum, 2024):

Se espera que la industria del papel en Ecuador continúe creciendo en los próximos años, impulsada por el aumento de la población, la urbanización y el desarrollo económico. Sin embargo, la industria deberá enfrentar los desafíos mencionados anteriormente para garantizar su sostenibilidad y competitividad.

En la era digital, donde la información fluye a través de bits y bytes, el papel podría parecer una reliquia del

pasado. Sin embargo, este material milenario, lejos de desaparecer, se encuentra en un proceso de transformación para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos del siglo XXI.

La industria papelera, consciente del impacto ambiental de su actividad, está adoptando prácticas más sostenibles. El uso de fibras recicladas, la reducción del consumo de agua y energía, y la implementación de procesos más eficientes son algunas de las medidas que se están tomando para minimizar la huella ecológica de la fabricación de papel.

Más allá de su uso tradicional en la escritura y la impresión, el papel está encontrando nuevas aplicaciones en áreas como la electrónica flexible, los empaques biodegradables y los materiales de construcción. La investigación y el desarrollo están dando lugar a papeles con propiedades innovadoras, como la conductividad eléctrica, la resistencia al

agua y la biodegradabilidad, abriendo un abanico de posibilidades para su uso en productos y tecnologías de vanguardia.

En un mundo cada vez más digitalizado, el papel se posiciona como un elemento que aporta calidez y tangibilidad a las experiencias. Las técnicas de impresión digital y la personalización a gran escala permiten crear productos papeleros únicos y adaptados a las necesidades específicas de cada usuario.

La dicotomía entre el papel y lo digital no tiene por qué ser excluyente. De hecho, ambos formatos pueden coexistir y complementarse. El papel puede servir como complemento a los medios digitales, ofreciendo una experiencia sensorial diferente y aportando valor a través de su tacto, textura y permanencia.

A pesar de los desafíos que presenta la era digital, el futuro del papel se vislumbra prometedor. La industria se encuentra en un proceso de reinención,

adaptándose a las nuevas necesidades y tendencias del mercado. La sostenibilidad, la innovación y la personalización serán claves para que el papel siga siendo un material relevante y valioso en la sociedad del siglo XXI.

El papel, en su camino hacia el futuro, no solo se trata de sobrevivir, sino de reinventarse, de encontrar nuevos usos y aplicaciones que le permitan seguir aportando valor a nuestra sociedad en constante evolución.

Las pruebas de calidad del papel son fundamentales para garantizar que este material cumpla con los estándares requeridos para su uso en diversos productos y aplicaciones, para evaluar las características y propiedades del papel a base de algodón se deben realizar pruebas tales como de tracción, combustión y capilaridad.

Ante lo expuesto, se formuló el siguiente problema de investigación:

¿Analizar la fabricación del papel a base de telas de algodón en desuso?

Consecuentemente, se estableció el siguiente objetivo: Determinar si el papel a base de telas de algodón en desuso, minimiza el impacto ambiental al reducir el desecho de textiles, tala de árboles y ver por medio de ensayos si la calidad de este papel puede competir con los productos convencionales.

2. Marco Teórico

El papel es un material laminar fino y flexible elaborado principalmente a partir de fibras vegetales, como la celulosa de la madera, algodón, lino o cáñamo. Su composición puede incluir además aditivos como cargas, tintes y colas que le otorgan diferentes propiedades. (Gonzales Robles, 2021). El papel es un material omnipresente en nuestras vidas, esconde un proceso de fabricación fascinante que ha evolucionado a lo largo de la historia. A

continuación, exploraremos las diferentes maneras de fabricar papel, desde los métodos tradicionales y artesanales hasta las técnicas industriales de gran escala.

Fabricación artesanal tradicional (Hernández Barriga, 2021) , la técnica ancestral de fabricación de papel, desarrollada en China hace más de dos mil años, sigue siendo practicada por artesanos en diversas partes del mundo. Este método manual y laborioso implica los siguientes pasos:

Recolección de materias primas, se utilizan fibras vegetales de diversas fuentes, como corteza de árbol, bambú, algodón o lino.

Preparación de la pulpa, las fibras se remojan, maceran y golpean para liberar las fibras celulósicas.

Formación de la hoja, la pulpa diluida en agua se vierte sobre un molde de madera o tela metálica, donde las fibras se entrelazan formando una hoja delgada.

Deshidratación y secado, el exceso de agua se elimina manualmente presionando la hoja entre telas absorbentes o secándola al sol.

Acabado, la hoja de papel se calandra para darle lisura y brillo.

Fabricación artesanal con materiales reciclados (Mena Corbacho Luis, 2022), una alternativa sostenible y creativa a la fabricación tradicional es la elaboración de papel a partir de materiales reciclados. Este método permite aprovechar residuos como papel, cartón, telas o incluso cáscaras de frutas y verduras, convirtiéndolos en un nuevo producto útil.

Los pasos básicos son similares a la técnica tradicional, pero con algunas variaciones:

Recolección de materiales reciclados, se recolectan y clasifican los materiales que se utilizarán como materia prima.

Preparación de la pulpa, los materiales se trituran, remojan y desfibran para obtener una pasta homogénea.

Formación de la hoja, la pulpa se vierte sobre un molde y se deshidrata manualmente.

Deshidratación y secado, el exceso de agua se elimina presionando la hoja o secándola al sol.

Acabado, la hoja de papel se calandra o se deja secar con su textura natural.

Fabricación industrial a gran escala (Neira Muñoz, 2013), la producción industrial de papel se caracteriza por su alta eficiencia y capacidad para generar grandes cantidades de material en poco tiempo. Este proceso involucra maquinaria especializada y complejos pasos:

Obtención de la materia prima, la madera es la principal fuente de fibra celulósica, pero también se utilizan fibras recicladas.

Despulpe, Los troncos se descortezan y se astillan, luego se cocinan con productos químicos para liberar las fibras celulósicas.

Blanqueamiento, la pulpa se blanquea con agentes químicos para obtener un color blanco brillante.

Formación de la hoja, la pulpa diluida en agua se vierte sobre una larga banda de tela en movimiento, donde las fibras se entrelazan formando una hoja continua.

Deshidratación y secado, el agua se elimina de la hoja mediante presión y secado con rodillos calientes.

Acabado, la hoja de papel se calandra, satinada o estucada para darle las propiedades deseadas.

Corte y empaquetado, el papel se corta en bobinas o pliegos según el uso final y se empaqueta para su distribución.

Las principales *materias primas* para la fabricación del papel son las fibras

vegetales, principalmente la celulosa proveniente de la madera. Otras fuentes de fibra incluyen el algodón, el lino, el cáñamo y fibras recicladas de papel y cartón (Benitez Julieta, 2020).

La celulosa de la madera, sin duda, es la materia prima más común para la fabricación de papel. Sin embargo, el mundo nos ofrece un abanico de alternativas sostenibles y creativas para elaborar este material tan versátil. exploremos algunas de las materias primas que se están utilizando o se podrían utilizar en el futuro para fabricar papel:

a. Fibras vegetales no madereras:

Algodón, sus fibras largas y resistentes proporcionan un papel de alta calidad, ideal para escritura, impresión y productos textiles.

Lino, similar al algodón, ofrece un papel fuerte y duradero, perfecto para

papeles finos, billetes y documentos importantes.

Cáñamo, una alternativa ecológica de rápido crecimiento, produce un papel resistente y absorbente, ideal para empaques, filtros y materiales de construcción.

Bambú, una fuente renovable y de rápido crecimiento, genera un papel suave y resistente, con propiedades antibacterianas y antifúngicas.

Bagazo, el residuo de la caña de azúcar, comúnmente desechado, puede transformarse en un papel ecológico para empaques, cartones y productos absorbentes.

b. Residuos agrícolas y textiles (Sirlene Costa, 2020), paja de trigo, arroz y cebada: Ricas en celulosa, estas pajas pueden convertirse en un papel biodegradable para empaques, materiales de construcción y productos absorbentes.

c. Residuos textiles, prendas de algodón, lino y otras fibras naturales pueden reciclarse y transformarse en papeles únicos para tarjetas de visita, cuadernos y artículos de papelería.

d. Residuos alimentarios, cáscaras de frutas y verduras: Cáscaras de plátano, naranja, manzana y otras frutas y verduras pueden contener fibras aptas para la fabricación de papeles biodegradables y compostables para empaques y productos absorbentes,

borras de café, este residuo rico en celulosa puede convertirse en un papel resistente y con aroma a café, ideal para empaques, filtros y productos artesanales.

e. Algas marinas, celulosa marina: Extraída de las algas, ofrece una alternativa sostenible y ecológica para la fabricación de papeles biodegradables y resistentes al agua, utilizados en empaques, materiales de construcción y productos absorbentes (Barros Herrera, 2021).

f. Otros materiales, piedra caliza molida y mezclada con resinas, la piedra caliza puede convertirse en un papel mineral resistente al agua y al fuego, ideal para aplicaciones en la construcción y la industria (Pozzi, 2020).

En el futuro, la investigación y el desarrollo están explorando continuamente nuevas materias primas para la fabricación de papel, buscando alternativas sostenibles, ecológicas y de bajo impacto ambiental. La utilización de residuos agrícolas, textiles y alimentarios, así como el desarrollo de papeles a partir de algas marinas y materiales reciclados, son muestra del potencial que existe para crear un futuro más sostenible en la industria papelera.

Proceso de fabricación (Silvana Vásconez, 2020), el proceso de fabricación del papel se divide en cuatro etapas principales:

a) Preparación de la pasta, las fibras vegetales se desmenuzan, limpian y blanquean para obtener una pasta homogénea.

b) Formación de la hoja, la pasta se diluye en agua y se vierte sobre un tamiz vibratorio, donde las fibras se entrelazan formando una hoja delgada.

c) Deshidratación y secado, el exceso de agua se elimina de la hoja mediante prensado y secado con rodillos o cilindros calientes.

d) Acabado, la hoja de papel se calandra para darle lisura y brillo, y luego se puede aplicar un recubrimiento para mejorar sus propiedades.

Tipos de papel, (Barros Herrera, 2021) existen diversos tipos de papel según su composición, gramaje, uso y características:

a) Papel de impresión y escritura, se utiliza para escribir, imprimir y fotocopiar.

b) Papel para embalaje, se utiliza para envolver y proteger productos.

c) Papel tisú, es un papel suave y absorbente utilizado para higiene personal y limpieza.

d) Cartón, es un material más grueso y resistente que el papel, utilizado para empaques y cajas.

e) Papeles especiales, incluyen papeles autoadhesivos, papeles impermeables, papeles ignífugos, entre otros.

Impacto ambiental de la fabricación del papel, la industria papelera tiene un impacto ambiental significativo, principalmente por la tala de árboles, el consumo de agua y energía, la generación de residuos y la contaminación del agua y el aire.

Impactos potenciales para considerar (Werf, 2018).

Procesos químicos, La transformación de las telas de algodón en pulpa para la fabricación de papel puede

implicar el uso de productos químicos, como colorantes y agentes de desengomado, que podrían generar contaminación ambiental si no se manejan adecuadamente.

Contaminación del agua, el proceso de desengomado y blanqueamiento de las telas de algodón podría generar efluentes contaminantes que, si no se tratan correctamente antes de ser vertidos al medio ambiente, podrían afectar la calidad del agua.

Emisiones de gases de efecto invernadero, el transporte de las telas de algodón en desuso y el proceso de fabricación de papel podrían generar emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global.

Estrategias para minimizar el impacto ambiental (Rossi, 2019).

Selección cuidadosa de las telas de algodón en desuso, es importante seleccionar telas de algodón que no

contengan tintes tóxicos o sustancias químicas nocivas que puedan contaminar el medio ambiente durante el proceso de fabricación.

Optimización del uso de productos químicos, se deben implementar prácticas que minimicen el uso de productos químicos y garanticen su manejo adecuado para evitar la contaminación ambiental.

Tratamiento de efluentes, los efluentes generados durante el proceso de fabricación de papel deben ser tratados adecuadamente antes de ser vertidos al medio ambiente para cumplir con los estándares de calidad del agua.

Reducción de emisiones, se deben implementar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero durante el transporte de las telas de algodón en desuso y el proceso de fabricación de papel.

Existen diversas alternativas para reducir el impacto ambiental de la fabricación del papel, como:

a. Uso de fibras recicladas, reducir la tala de árboles y disminuir la demanda de pulpa virgen.

b. Prácticas forestales sostenibles, manejar los bosques de manera responsable para asegurar su renovación.

c. Tecnologías de producción eficientes, reducir el consumo de agua y energía en los procesos de fabricación.

d. Reducción del consumo de papel, adoptar hábitos de consumo responsable, como la impresión a doble cara y el uso de medios digitales.

Beneficios ambientales del uso de telas de algodón en desuso (Lopez, 2020), la Reducción de la tala de árboles: La utilización de telas de algodón en desuso como materia prima para la fabricación de papel disminuye la necesidad de talar árboles, contribuyendo a la conservación

de los bosques y la biodiversidad. El aprovechamiento de residuos textiles: Las telas de algodón en desuso representan una cantidad significativa de residuos textiles que, de no ser tratados adecuadamente, terminan en vertederos o incinerados, generando contaminación ambiental. Su uso en la fabricación de papel permite darles un nuevo valor y reducir el impacto ambiental de su gestión. disminución del consumo de agua y energía, en comparación con la fabricación tradicional de papel a partir de pulpa de madera, el proceso de elaboración de papel con telas de algodón en desuso puede requerir menos agua y energía, reduciendo así la huella ambiental del proceso.

La fabricación de papel a base de telas de algodón en desuso presenta un potencial significativo para reducir el impacto ambiental de la industria papelera tradicional. Sin embargo, es importante considerar los posibles impactos

ambientales asociados a este proceso y desarrollar estrategias para minimizarlos. La implementación de prácticas sostenibles y la optimización de los procesos son claves para hacer de esta alternativa una opción verdaderamente ecológica.

Es importante destacar que la investigación en este campo aún se encuentra en desarrollo y se necesitan estudios más profundos para evaluar con mayor precisión el impacto ambiental general de la fabricación de papel a partir de telas de algodón en desuso.

3. Metodología

La investigación es de tipo cuantitativa, aplicada, experimental. Las variables independientes son las que manipulan o controlan el experimento, en este caso de estudio son: La materia prima, el proceso de fabricación y las variables de control. Las variables dependientes son las

que se mide para evaluar el efecto de las variables independientes, en este caso son las propiedades del papel, las variables y los indicadores se detallan en la siguiente figura 1.

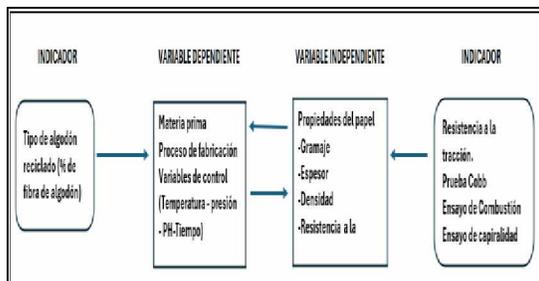


Figura 1. Esquema de la operacionalización de las variables

Se realizaron algunas pruebas al papel de algodón para ver sus cualidades y comportamiento, tales como:

Ensayo de tracción, para hacer esta prueba se utilizó un dinamómetro que mide la cantidad de fuerza soporta el papel antes de romperse, tal como lo indica la figura 2, el tamaño de la muestra es de un formato A4.



Fig 2. Prueba de tracción.

Ensayo de Cobb, con ayuda de una balanza gramera, se mide la capacidad de absorber y retener el líquido del papel a base de tela de algodón en desuso.

Ensayo de combustión, con ayuda de un fosforo se prendió fuego a un papel de algodón formato A4, lo que se busca en este ensayo es medir la cantidad de tiempo que tardaba en consumirse el papel, tal como se detalla en la figura 3.



Fig 3. Prueba de Combustión

Ensayo de capilaridad, se utiliza un recipiente con una altura determinada de agua, se introduce el papel de algodón durante 15 segundos y posteriormente se mide la distancia recorrida por el agua

dentro del papel, en la figura 4 se muestra la prueba.



Fig 4. Prueba de Capilaridad

4. Resultados y discusión

Se realizó pruebas a tres tipos de papel (cartulina, papel convencional, papel a base de algodón reciclado), para ver el comportamiento del papel de algodón vs papeles que son utilizado de manera cotidiana, el peso de los tres diferentes papeles en formato A4 [297mm X 210mm], se demuestra en la siguiente figura5, la cual en la medición que el papel cartulina tiene el mayor peso con 9.39 gramos.

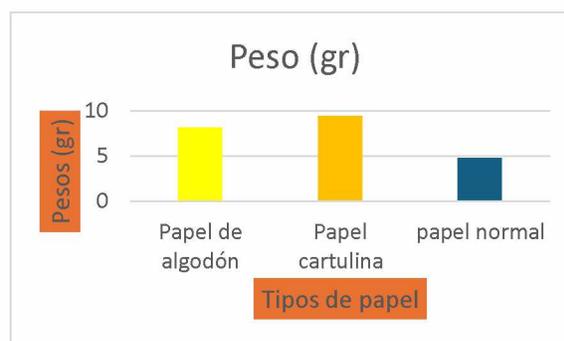


Fig. 5. Peso de diferentes papeles

La rugosidad en los tres tipos de papel se midió con un rugosímetro, los cuales nos dio los siguientes valores, que se presentan en la siguiente tabla1, la cual es un parámetro crucial en la industria papelera, ya que influye directamente en una amplia gama de aplicaciones y propiedades del producto final.

Tipo de papel	Rugosidad (μm)
Papel de algodón	3.088
Papel cartulina	3.178
papel normal	2.418

Tab1. Rugosidad del papel

Ensayo de tracción: En esta prueba se utilizó dos mordazas de madera, siendo el superior inmóvil y el inferior es el que se arrastrara junto al dinamómetro, hasta que la hoja de papel se rompa, este ensayo nos permite saber que tan fuerte son las matrices amorfas del papel de algodón.

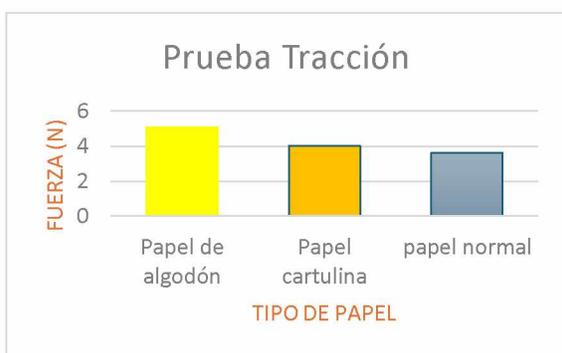


Fig. 6 Prueba de Tracción

En este ensayo salió que el papel de algodón es el más fuerte al desgarro, tal como lo indica la figura 6, con esta propiedad nos da que este papel puede servir para embalaje ó para otro tipo de aplicación donde se necesite que el papel sea más resistente.

Ensayo de Cobb: Una de las propiedades y características de las toallas de papel es la capacidad de absorción y retener líquido, en este ensayo se utilizó

muestras cuadradas de 65 mm, estas se las sumergieron durante 15 segundos y luego se dejó escurrir 30 segundos el agua, luego se mide el peso de la muestra, los valores obtenidos fueron los siguientes:

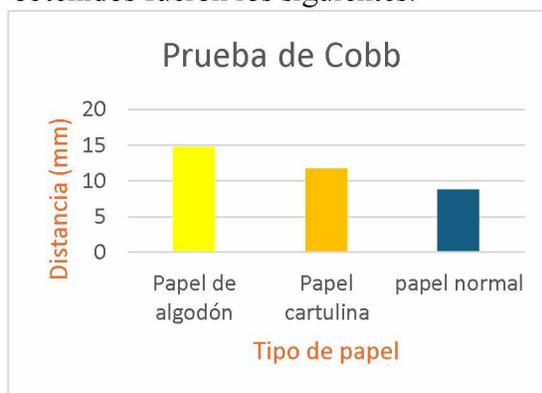


Fig. 7 Prueba de Cobb

En la gráfica, de la figura 7, muestra que el papel de algodón es el más absorbe de los tres tipos de papel, La prueba de Cobb es una prueba fundamental en la industria papelera que mide la capacidad de absorción de agua de un papel o cartón. En términos más simples, nos indica qué tan rápido y cuánto agua puede absorber un papel en un tiempo determinado.

Ensayo de combustión: En este ensayo mide la capacidad del papel para quemarse en su totalidad y el tiempo que

tarda. De esta manera se podrían diferentes aplicaciones como posible aislante o como combustible.

Según los datos obtenidos el papel normal se combustiona más rápida y el que se quema más lento es el papel algodón, tal como lo indica la gráfica de la figura 8.

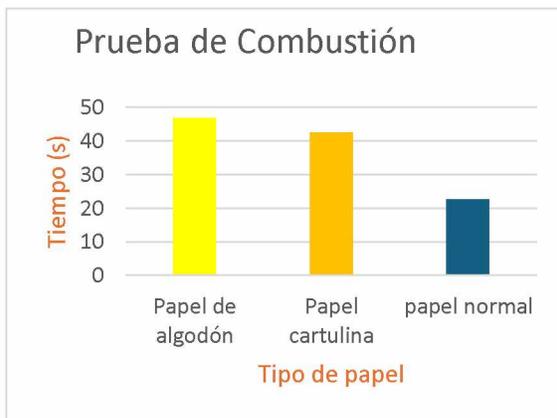


Fig. 8 Prueba de Combustión

Ensayo de capilaridad: En este ensayo con la ayuda de un recipiente de agua se introdujo tres muestras de diferente material de papel, las medidas de las muestras son de 20 x 60 mm, se lo realizo durante 15 segundos y luego se mide la distancia recorrida por el agua dentro del papel, con este dato se puede comparar que

tipo de papel absorbe cierta cantidad de agua, en un determinado tiempo.

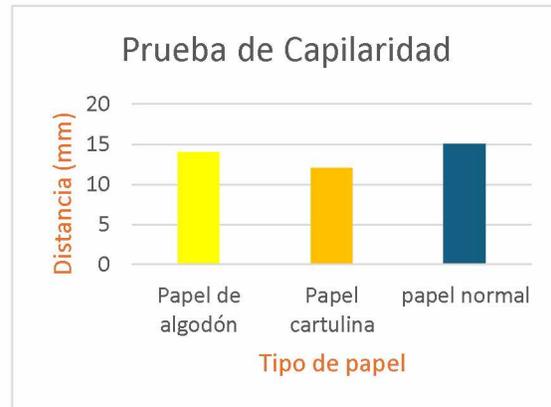


Fig. 9 Prueba de Capilaridad

En base a los resultados de las muestras, tal como lo indica la gráfica de la figura 9, el papel normal el agua es el que más recorrió en la superficie de las tres muestras, Esta propiedad es crucial para diversas aplicaciones, desde la impresión hasta la fabricación de productos de papel higiénico.

La fabricación de papel a base de algodón reciclado ofrece una alternativa sostenible y ecoeficiente a la producción tradicional de papel. Los resultados de las investigaciones muestran que este tipo de papel puede tener propiedades similares al

papel fabricado con fibras vírgenes, con un impacto ambiental significativamente menor. Además, la viabilidad económica de la producción de papel reciclado está mejorando gracias a los avances tecnológicos y a la creciente demanda de productos sostenibles.

Sin embargo, aún existen algunos desafíos que deben abordarse para promover la adopción generalizada de este tipo de producción. Como es la disponibilidad de materia prima, la disponibilidad de algodón reciclado es crucial para la viabilidad económica de la producción de papel reciclado, en el desarrollo tecnológico se necesitan tecnologías más eficientes y sostenibles para el procesamiento del algodón reciclado y la fabricación de papel. En la conciencia del consumidor es necesario aumentar la conciencia del consumidor sobre los beneficios ambientales y sociales

del papel reciclado para estimular la demanda de este tipo de producto.

5. Conclusiones

El papel fabricado con algodón reciclado puede presentar propiedades similares al papel fabricado con fibras vírgenes, en términos de gramaje, espesor, resistencia a la tracción, y suavidad, con respecto al impacto ambiental la fabricación de papel a base de algodón reciclado puede reducir significativamente el impacto ambiental en comparación con la producción de papel a partir de fibras vírgenes. Esto se debe a la disminución del consumo de energía, agua y madera, así como a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes., en lo que respecta a la viabilidad económica depende de varios factores, como el costo del algodón reciclado, la tecnología utilizada y la demanda del mercado.

La fabricación de papel a base de algodón reciclado tiene un gran potencial

para reducir el impacto ambiental de la industria papelera y promover la sostenibilidad. Con el desarrollo continuo de tecnologías, la mejora de la disponibilidad de materia prima y el aumento de la conciencia del consumidor, este tipo de producción puede convertirse en una alternativa viable y ampliamente utilizada en el futuro.

6. Recomendaciones

Buscar instituciones estatales o empresas privadas que deseen invertir en investigación para desarrollar tecnologías más eficientes y económicas para el procesamiento del algodón reciclado.

Incluir la temática del reciclaje y la producción de papel en los currículos escolares para fomentar una cultura de sostenibilidad desde temprana edad.

7. Bibliografía

Alcalá, A. (2020). Cien personas que cambiaron el mundo. Mujeres y

hombres más influyentes en la historia de la humanidad. Madrid.

Ambientum. (2024). El papel reciclado está cambiando la industria. <https://www.ambientum.com/como-contactar-con-ambientum>

Azevedo Alfonso, J. A. (2020). Reciclaje de lodos efluentes de la industria papelera para su uso en morteros: una perspectiva de sostenibilidad. Río de Janeiro, Brasil.

Barros Herrera, G. H. (Enero de 2021). Aprovechamiento agroindustrial del bagazo de caña de azúcar de la provincia de Pastaza para la obtención de papel ecológico. Puyo, Ecuador.

Benitez Julieta, P. M. (Junio de 2020). Calidad de papel artesanal a partir de fibras no convencionales de cinco especies colombianas. Cauca, Colombia. <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script>

=sci_arttext&pid=S1851-

75872019000100005

Canciano Fernandez, R. M. (Septiembre de 2021). Estimación de la huella de carbono en la industria Papelera. Cuba.

Ekos, R. (12 de Marzo de 2024). Especial papel y cartón. Ecuador.

Espinosa M, L. A. (2020). Desarrollo de papel ecológico a partir de textiles de algodón postconsumo. Mexico, Mexico.

Gómez Llorente Adriana, O. C. (22 de Enero de 2022). Panorama del papel como principal soporte documental. Bogota.

Gonzales Robles, J. (07 de enero de 2021). Industria del papel. <https://es.slideshare.net/slideshow/industria-del-papel-241047096/241047096>

Hernández Barriga, L. (2021). Propuesta de desarrollo turístico creativo a

partir de la elaboración del papel artesanal. Bogotá, Colombia: Universitaria Agustiniiana.

Lopez, A. (2020). Impacto ambiental de la producción de papel a partir de tela algodón en desuso.

Mena Corbacho Luis. (2022). Elaboración artesanal de papel y su uso en Bellas Artes. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Mihelcic James, Z. J. (2021). Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design. Florida.

Neira Muñoz, G. (2013). Industria del Papel. Chile. <https://es.scribd.com/doc/177177851/Industria-Del-Papel>

Pozzi, S. (14 de Noviembre de 2020). Papel Mineral: la alternativa ecológica que no requiere agua ni árboles. Argentina.

<https://www.carbono.news/recursos->

naturales/papel-mineral-la-alternativa-ecologica-que-no-requiere-agua-ni-arboles/

Principi, N. (2024). La evolución tecnológica de los atlas geográficos y la experiencia del 'Proyecto Atlas'. Lujan, Argentina.

Recicla y Más. (2022).

Rossi, M. (2019). Textiles sostenibles: ecodiseño, producción y consumos responsables.

Silvana Vásquez, L. (2020). Optimización del proceso de elaboración e papel Tissue en la fabrica de papel higienico del Valle Favalle CIA LTDA. Riobamba, Ecuador.

Singh, R. &. (2019). Evaluación de las propiedades del papel hecho a base de tela a partir de desechos de tela de algodón.

Sirlene Costa, T. E. (Julio de 2020). Residuos agro-industriales utilizados como materias-primas en estudios de desarrollo de fibras textiles. Buenos Aires, Argentina.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232016000300027

Werf, V. d. (2018). El futuro de la industria papaelera: alternativa sostenibles para un planeta más verde.