

**FABRICACIÓN DE PAPEL COMO APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS  
PROVENIENTES DEL CAFÉ (PULPA Y CELULOSA) EN EL MUNICIPIO DE  
VILLARRICA -TOLIMA**

**CAMILA DIAZ BELTRAN**

**Proyecto de Grado para optar al título de:  
INGENIERA QUÍMICA**

**Director**

**IVONNE ANGULO DE CASTRO**

**Ingeniera Ambiental y Sanitaria**

**M.SC. Diseño y Gestión de Procesos**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**BOGOTÁ D.C**

**2022**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Firma del director de la especialización

---

Firma del calificador

Bogotá D.C Noviembre del 2022

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro.

**Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA**

Consejero Institucional

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Investigaciones.

**Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN**

Vicerrector Administrativo y Financiero.

**Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO**

Secretario General.

**Dr. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ**

Decano Facultad de Ingenierías.

**Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO**

Director Programa de Ingeniería Química.

**Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de grado está dedicado en primer lugar a Dios que ha sido mi motor, mi guía, mi fortaleza y mi ayuda para el cumplimiento de cada reto en la carrera y poder así culminar con tan anhelado sueño.*

*A mis padres por haberme apoyado en cada decisión, por haberme forjado como una persona luchadora y responsable, cada logro cumplido durante el proceso se debe a su sacrificio y amor.*

*A mis amigos Jeisson, Sebastián y Juan Felipe que han sido de gran apoyo en la realización de cada trabajo mediante el aporte de sus conocimientos y sus buenos consejos.*

*Con cariño y amor.*

*Camila.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradecimiento infinito primeramente a Dios por darme fuerza y estar conmigo hasta en los momentos más difíciles, ser la luz como guía en el camino siendo siempre fiel, a mis padres por darme un apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento, a mis hermanos por acompañarme en cada traspasada, por abrazarme en los momentos más difíciles y apoyarme. Gracias por su amor y por creer en mí.*

*A todos los profesores que tuvieron paciencia y amor en la entrega de trabajos, gracias por el conocimiento brindado y por aportar a mi conocimiento y a mi crecimiento y formación profesional como ingeniera química.*

*A mis amigos Jeisson, Sebastián y Juan Felipe que a lo largo del camino siempre estuvieron firmes a mi lado y hoy puedo decir con gran alegría y admiración que aportaron a mi crecimiento personal y profesional.*

*Con gran admiración y respeto.*

*Camila*

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág</b>
RESUMEN	10
INTRODUCCION	11
OBJETIVOS	12
1. MARCO REFERENCIAL	14
1.1 Materia prima (Biomasa)	14
1.1.1 <i>Biomasa en Colombia</i>	15
1.1.2 <i>Fuente de generación de biomasa residual</i>	15
1.2 Café	15
1.2.1 <i>Café en Colombia</i>	16
1.2.2 <i>Evaluación de la fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia</i>	17
1.2.3 <i>Cenicafé 1</i>	18
1.2.4 <i>Residuos del café</i>	19
1.2.5 <i>Pulpa de café</i>	20
1.3 Celulosa	21
1.3.1 <i>Alfa-Celulosa</i>	22
1.3.2 <i>Extracción de la celulosa</i>	22
1.4 Proceso de fabricación para la obtención de papel	23
1.4.1 <i>Tipos de papel fabricados</i>	24
1.5 Análisis Financiero	25
1.5.1 <i>Indicador costo-beneficio</i>	26
2. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CAFÉ Y FABRICACIÓN DEL PAPEL	27
2.1 Recolección de información del proceso de cultivo de café en la finca Leticia	27
2.1.1 <i>pH</i>	28
2.2 Proceso de producción de papel	28
2.2.1 <i>Extracción de la celulosa</i>	28
2.2.2 <i>Determinación de la celulosa presente en la pasta</i>	29
2.2.3 <i>Proceso de fabricación de papel</i>	30
3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CAFÉ Y FABRICACIÓN DE PAPEL	31

3.1	Descripción del proceso de cultivo de café en la finca Leticia	31
3.2	Fabricación de papel	36
3.2.1	<i>Caracterización de la pulpa de Café</i>	36
3.2.2	<i>Hidrólisis alcalina o básica</i>	38
3.2.3	<i>Alfa-celulosa presente en la pasta</i>	39
3.2.4	<i>Fabricación de papel</i>	40
4.	ANÁLISIS FINANCIERO COSTO- BENEFICIO DEL PAPEL FABRICADO.	46
4.1	Descripción de maquinaria y equipos.	46
4.1.1	<i>Maquina Fourdrinier</i>	46
4.2	Costos	47
5.	CONCLUSIONES	56
	BIBLIOGRAFIA	56
	ANEXOS	66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág</b>
<b>Figura 1.</b> Clasificación de pH para la disponibilidad de elementos por la planta de café.	17
<b>Figura 2.</b> Planta de cenicafé 1 cultivada en la finca Leticia en el municipio de Villarrica Tolima	19
<b>Figura 3.</b> Diagrama de proceso de obtención de la materia prima	31
<b>Figura 4.</b> Tolva de la Finca Leticia	33
<b>Figura 5.</b> Contenedores de grano y pulpa de café de la Finca Leticia	34
<b>Figura 6.</b> Diagrama de proceso con balance de masa del beneficio húmedo	35
<b>Figura 7.</b> Hidrolisis Básica de pulpa de café	39
<b>Figura 8.</b> Diagrama de proceso con balance de masa de la fabricación de papel	41
<b>Figura 9.</b> Mezcla de la pasta de pulpa	42
<b>Figura 10.</b> Secado la pasta de pulpa	43
<b>Figura 11.</b> Papel a base de pulpa de café.	44
<b>Figura 12.</b> Papel a base de pulpa de café con diferentes trazos de pintura y marcador.	45
<b>Figura 13.</b> Máquina de Fourdrinier	46

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág</b>
<b>Tabla 1.</b> Composición química de la biomasa del café	21
<b>Tabla 2.</b> Porcentaje de celulosa presente en 3 muestras de cascarilla de café.	40
<b>Tabla 3.</b> Costos de inversión de equipos	48
<b>Tabla 4.</b> Precio unitario por insumo para la fabricación de papel	49
<b>Tabla 5.</b> Total, costos de materia prima para 1 hoja de papel de 1/8	49
<b>Tabla 6.</b> Depreciación lineal	50
<b>Tabla 7.</b> Costos de producción y operación (en millones).	51
<b>Tabla 8.</b> Precio de venta, unidades venidas anualmente e ingresos (en millones)	52
<b>Tabla 9.</b> Costos estimados de nómina por año.	52
<b>Tabla 10.</b> Flujo de efectivo proyectado para 5 años	53
<b>Tabla 11.</b> Activos, pasivos, patrimonio y utilidad neta	54

## RESUMEN

En el presente trabajo de grado se presenta la propuesta de la fabricación de papel a partir de los residuos orgánicos (celulosa de la pulpa) en la producción del café en la finca Leticia ubicada en el Municipio de Villarrica donde se describe el proceso de cultivo y obtención del café, la obtención de la pulpa de café como materia prima principal, las etapas para la producción de papel y un análisis costo- beneficio.

Inicialmente se describe el procedimiento para tener total conocimiento del proceso productivo del cultivo de café en la finca Leticia en Villarrica Tolima y debido a esto como se obtiene la pulpa de café, esta como materia prima principal del proyecto, adicionalmente se presenta la metodología para la fabricación del papel con la pulpa de café. Luego se presentan los resultados una vez se realiza las metodologías propuestas que conllevan a la conclusión de que se logra un papel de arte o cartón paja por su grosor y textura.

Por último, se muestra el análisis financiero del proyecto, primero se realizó el costo-beneficio y se estimó que el valor de producción del papel es de \$422 pesos colombianos por hoja con un margen bruto o de ganancia del 40% donde el costo de comercio es de \$700 pesos colombianos por hoja, luego se realizó un análisis más exhaustivo del proyecto para conocer la rentabilidad de este con los índices ROA Y ROE determinando que es posible desarrollar una hoja de papel a base de pulpa de café del municipio de Villarrica Tolima siendo un proceso viable y económicamente sostenible.

**PALABRA CLAVE:** Papel, Pulpa de café, Villarrica Tolima, Celulosa.

## INTRODUCCIÓN

El papel es un producto industrial muy importante en distintos procesos de la vida, desde la escuela con la utilización de cuadernos y carpetas que permiten estudiar, hasta la gran variedad de libros y revistas que ayudan a nutrir culturalmente, aunque la era digital busca suplantar ello, los distintos procesos que se realizan en lo cotidiano se emplea el papel como sustento principal, contando con firmas manuscritas como forma de identificar a las partes implicadas, por lo que se evaluó el proceso que entrega un mejor rendimiento en cuanto a la fabricación de papel donde la principal materia prima será la pulpa de café.

El presente trabajo de titulación se orienta a la implementación de un método alternativo para la obtención de papel a partir de los residuos agrícolas sin la necesidad de usar árboles para dicho proceso, el residuo usado en el proyecto es la pulpa de café que es alrededor del 43,58% del peso del fruto fresco [1], esta es proveniente de la planta cenicafé 1 una nueva variedad propuesta por el fondo nacional de cafeteros en el 2016 para el departamento del Tolima debido a que esta con excelentes atributos como la resistencia a la roya y al CDB además de tener una alta productividad teniendo en cuenta las buenas prácticas agrícolas en la finca[2]. En Colombia se recolecta aproximadamente por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que exporta, alrededor [1].

La pulpa del café suele utilizarse principalmente como abono agrícola, sin embargo, este abono está llegando a las fuentes hídricas cercanas contaminándolas, por lo cual este puede ser usado como exportación de materia prima para la creación de infusiones y en la fabricación de papel considerando la pulpa de café como buena fuente de celulosa (contiene un 63% de celulosa) [3].

En este documento se presenta inicialmente la descripción del proceso productivo del café, seguido de este la metodología y desarrollo del proceso de fabricación de papel a base de pulpa de café, determinando factores influyentes en cada una de las etapas del proceso adicionando un control de calidad de este con las normas TAPPI y finalmente un análisis financiero con el objetivo de conocer el alcance o la rentabilidad del proyecto a una mayor escala.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el aprovechamiento de los residuos orgánicos (pulpa y celulosa) en la producción del café en la finca Leticia ubicada en el Municipio de Villarrica.

### **Objetivos específicos**

- Describir el proceso productivo del café cenicafe1 del campo de la Finca Leticia en el municipio de Villarrica
- Efectuar procedimientos de aprovechamiento de residuos usando la pulpa y la celulosa como la producción de papel.
- Realizar un análisis financiero del proyecto en función de la metodología del indicador beneficio costo.

## 1. MARCO REFERENCIAL

Con el único objetivo de presentar claridad y se pueda comprender en su totalidad el proyecto, en este capítulo se presentará los términos y métodos que se utilizaran en la producción de papel.

### 1.1 Materia prima (Biomasa)

La biomasa es la materia biodegradable de los productos, residuos y desechos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, estas se consideran renovable debido a que forman parte del ciclo de la vida siendo las plantas las que inician este ciclo con las fotosíntesis [4].

Según el IDEAM la biomasa es una de las materias orgánicas esenciales para mantener el equilibrio ecológico pues esta permite conservar la biodiversidad y el suelo. Esta biomasa posee distintas características físicas, químicas y energéticas como lo son:

- **Composición Química Y Física.** Estos determinan el tipo de material energético o combustible que se puede generar, los elementos químicos esenciales en la biomasa son el carbono (C), hidrogeno (H), nitrógeno (N), azufre (S), cloro (Cl) y oxígeno (O) [5].
- **Contenido de Humedad.** Es la cantidad presente de agua en la biomasa por kilogramo de material seco. Si se requiere de un uso energético para dicha biomasa se debe tener un porcentaje de humedad menos al 30% de lo contrario se debe realizar algún proceso físico para eliminar dicha agua como evaporación [5].
- **Poder Calorífico.** Este está relacionado con el contenido de humedad, es decir, que entre más humedad contenga la biomasa menor es el poder calorífico de la misma.
- **Porcentaje de ceniza.** Este indica el porcentaje de material solido disponible en la biomasa, este indica la eficiencia en el proceso de combustión y en algunos casos estas cenizas pueden ser usadas; como ejemplo de este es las cenizas de la cascarilla de arroz usada como aditivo en el cemento [5].
- **Densidad Aparente.** Se define como el peso por unidad de volumen del material, el combustible con alta densidad aparente es más chico y más pesado por lo tanto necesita equipos pequeños y dura más tiempo en la combustión. Los materiales con baja densidad aparente requieren de espacios más grandes para su almacenamiento y son más difíciles para transportar, resultando en un costo más alto [5].

La biomasa residual incluye los residuos industriales y municipales de origen biológico un ejemplo de esto son los residuos de las cosechas, los residuos de las podas de zonas verdes, los efluentes ganaderos y los residuos orgánicos de plazas de mercado [6].

### ***1.1.1 Biomasa en Colombia***

Los residuos de origen forestal y agrícola son muy bien aprovechados, aspecto que favorece a la biomasa en Colombia.

Los últimos estudios apuntan que las producciones de bagazo de caña (estimada en 1,5 millones de toneladas anuales), la cascarilla de arroz (con 457.000 toneladas al año) y el fruto de palma de aceite presentan grandes posibilidades en el desarrollo de la biomasa en Colombia. De hecho, las mejores zonas para la generación de este tipo de energía son: la Región de Santander, la Costa Atlántica y los Llanos Orientales [7].

La producción de biomasa en Colombia contribuye al desarrollo rural y a que se reduzcan las desigualdades entre regiones, ayudando a formar un tejido industrial y generando mano de obra en el entorno rural [7].

### ***1.1.2 Fuente de generación de biomasa residual***

En algunos casos en la sociedad se necesita de una transformación química y física de biomasa residual para la producción de bienes y servicios; existen 2 fuentes de biomasa residual, la agrícola y las sociales de la comunidad. En el caso de la cadena agrícola existe los residuos agrícolas industriales (RAI) que en este caso son los residuos de interés para este proyecto y los residuos agrícolas de cosechas(RAC) [6].

## **1.2 Café**

El café es una de las materias primas más importantes a nivel mundial, se extraen del fruto de la planta Coffea que tiene unas 90 especies, aproximadamente; pero las más importantes son la arábica y la robusta, que ocupan cerca de dos tercios de la producción global de café [8].

La planta Coffea o cafeto es un arbusto o árbol muy pequeño que normalmente requiere de mucha humedad para dar fruto, además de ser cultivado en terrenos altos y no es resistente a las heladas, es de vital importancia el buen cuidado del suelo [9].

### ***1.2.1 Café en Colombia***

La zona cafetera en Colombia se encuentra localizada en el complejo orográfico entre los 1000 y 2000 m de altitud, con temperaturas de entre 17 y 23°C, que consta de una extensión de 914.000 hectáreas. Del área sembrada, el 75% se encuentra localizado en los departamentos de Caldas, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Quindío y Risaralda (zona central cafetera), los cuales proporcionan aproximadamente el 85% de la producción cafetera nacional [10].

Las industrias cafeteras en el país de Colombia se comportan como pequeños productores que generan grandes ingresos como gremio cafetero, el 64% de los caficultores colombianos son minifundistas, con menos de media hectárea de café. Aunque este grupo provee 15% de la producción, genera parte significativa de la mano de obra requerida en las unidades productivas grandes. El 31% de los productores corresponde a unidades cafeteras con un promedio de 2,2 hectáreas, que responden por 40% de la producción. Y los cafeteros empresariales son el 5%, con fincas que fluctúan entre 7 y 35 hectáreas y producen el 45% del total de la cosecha [11].

En este proyecto se hablará del café cultivado en el departamento del Tolima específicamente del municipio de Villarrica, según el comité de cafeteros del Tolima, el café del Tolima se cultiva en pequeñas parcelas por comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes, en 38 municipios, los cuales albergan más de 61.849 familias que cultivan 107.027 hectáreas de café arábico de las variedades Castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Tabí [12].

Desde el 30 de enero de 2017, el café del Tolima cuenta con ‘Denominación de Origen’, definiéndolo como un café con acidez y cuerpo medio – alto, limpia, suave, con balance y sabores diversos en el espectro de los dulces, combinados con sensaciones cítricas y frutales [12].

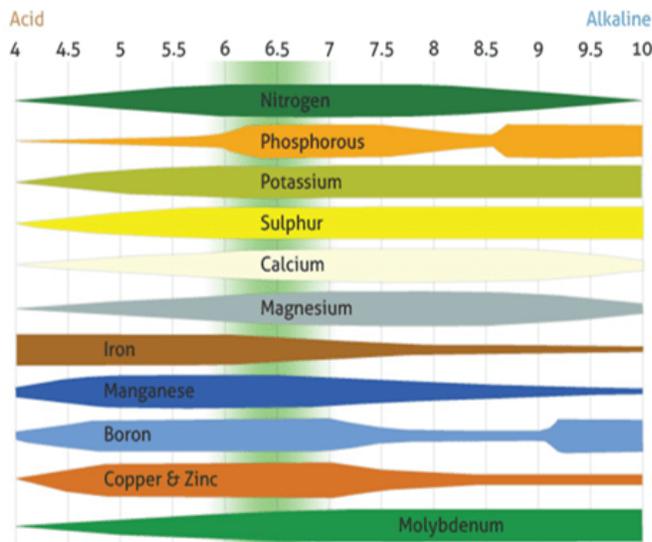
En el municipio de Villarrica Tolima los meses recomendados para la cosecha del café son los meses de inicio del periodo de lluvias o periodos húmedos de la región, estos periodos son de febrero a mayo y de septiembre a diciembre iniciando la germinación en febrero para plantar el almacigo en abril y comenzar la siembra en el campo en el mes de octubre; cabe resaltar que dicho proceso es el de mejor cosecha pero también se puede obtener cosecha en un según periodo del año iniciando la germinación en julio para plantar el almacigo en septiembre y comenzar la siembra en el campo en el mes de marzo [13]

### 1.2.2 Evaluación de la fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia

La evaluación de la fertilidad del suelo es un método usado en la agricultura moderna debido a él gran crecimiento en la demanda de una producción de café de calidad y a su vez en la manera de tener mayor estabilidad económica y ambiental. Esta evaluación se realiza con el objetivo de conocer los requerimientos nutricionales esenciales en el suelo que se van perdiendo con el tiempo debido a la actividad intensiva de cultivos y así tener una excelente cosecha cada vez que se siembre. Según la Federación Nacional de Cafeteros desde el 2008 este tipo de evaluación denominado fertilidad del suelo incluye la determinación del pH, materia orgánica, fosforo, potasio, calcio, magnesio, aluminio, azufre y textura al tacto [14], para la evaluación del proyecto se realiza la medición del pH y una vez se obtiene el resultado se compara con la figura 1 para conocer que nutrimentos se tiene, de acuerdo a los resultados si el pH no está dentro del rango adecuado para el cultivo del café se agregara cal o enmienda al suelo para corregir dicho pH y agregar los nutrimentos que le hagan falta.

**Figura 1.**

*Clasificación de pH para la disponibilidad de elementos por la planta de café.*



*Nota.* La figura 1 representa la cantidad de nutrimentos presentes en el suelo según el pH. Tomado de: G. Catalán Salas. (2016) "El pH del suelo en la agricultura- Agropal". Agropal. [http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/#:~:text=En%20general,%20el%20pH%20óptimo,\(Figuras%201%20y%202\).](http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/#:~:text=En%20general,%20el%20pH%20óptimo,(Figuras%201%20y%202).) (accedido el 20 de mayo de 2022).

1.2.2.a PH. El pH es una medida de acidez o alcalinidad y es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen. El pH del suelo se puede ver afectado por 3 puntos importantes; el primero es la agricultura, cuando hay actividad intensiva de este, la segunda cuando hay lluvias ácidas debido a la contaminación esta afecta o altera el ciclo del agua y como consecuencia se afecta el pH del suelo y el tercero es el uso de fertilizantes [15].

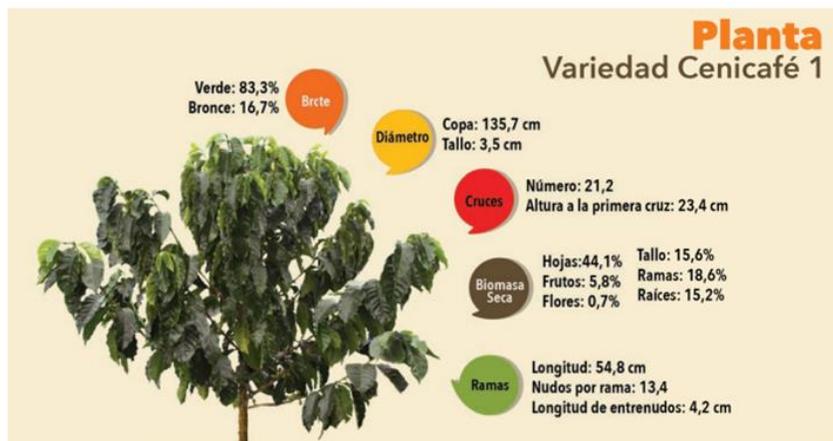
### ***1.2.3 Cenicafé 1***

Según el programa de investigación científica del Fondo Nacional del café, el cenicafé 1 es una nueva variedad de café de porte bajo, altamente productiva, resistente a la roya y al CBD (Coffee Berry Disease: enfermedad de las cerezas de café causada por hongos), con mayor calidad física del grano [2].

Esta variedad es la última variedad creada por la Federación Nacional de Cafeteros, como se describe anteriormente dicha variedad es de alto requerimiento en el departamento del Tolima, y esta variedad de café fue la que se usó para el desarrollo del proyecto de trabajo de Grado. Como se puede observar en la imagen 2, se muestra las diferentes características de la planta Cenicafé 1, esta se destaca por presentar arboles abiertos con mayor longitud en sus ramas, contiene en porcentaje de biomasa seca un 44,1% en hojas, 5,8% en frutos, 15,6% en tallo, 18,6% en ramas y 15,9% entre ramas y flores; además de obtener frutos en peso fresco promedio de 1,85 gramos [2].

## Figura 2.

*Planta de cenicafé 1 cultivada en la finca Leticia en el municipio de Villarrica Tolima.*



**Nota.** La figura 2 representa la planta de 18 meses cultivada en el municipio del Tolima. Tomada de: *Avances Técnicos del Cenicafé*. Fondo Nacional del Café.2016.

### 1.2.4 Residuos del café

Los residuos provenientes de la planta de café se dividen en 2; los residuos agrícolas de cosecha del café como lo son los tallos y los residuos agroindustriales como lo son la pulpa y el cisco o cascarilla [12].

La agroindustria del café solo utiliza el 9,5% del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90,5% es vertido en las fuentes de agua disminuyendo las posibilidades de vida del ecosistema y generando contaminación de suelo. Se calcula que aproximadamente son vertidos a campo abierto dos millones de toneladas de pulpa y 420.000 toneladas de mucilagos que bien podrían incrementar la cadena de valor en los sistemas productivos y no seguir contaminando el medio ambiente [3].

La pulpa es el primer producto que se genera en el procesamiento del fruto con una base húmeda de por lo menos 43,58, debido a que los granos secos constituyen solo una tercera parte del peso de los frutos, se ha hecho uso del subproducto como abono orgánico en un mínimo porcentaje. En unas cuantas regiones se ha encontrado un mercado limitado como un suplemento alimenticio para el ganado. Sin embargo, en la mayoría de los casos solo se usa una parte mínima en comparación con todos los residuos generados los cuales son los mayores contaminantes de

fuentes hídricas y suelos (este si no se tiene un proceso previo para ser aprovechado en los suelos) [6].

### ***1.2.5 Pulpa de café***

La pulpa de Café está constituida por el epicarpio y mesocarpio del fruto del café y representa el 40% de su peso total [16]. En Colombia se produce anualmente 2'000.000 de toneladas de pulpa de café según estudios realizados por la Federación Nacional de Cafeteros y esta aumenta durante los 4 años de producción de la planta de café [17].

La pulpa de café, aunque se considera un desecho es sumamente valioso como abono para los almácigos y plantaciones de café, esta es una gran fuente de materia orgánica que por fermentación en condicione apropiadas de humedad, temperatura y aire se convierten en humus dando como resultado una capa rica en componentes químicos y bioquímicos para el suelo [17].

La pulpa de café fresca contiene 84%de agua, 0,31%de nitrógeno, 0,002% de fosforo y 0,62% de potasio además de esto contiene trazas de calcio, magnesio, manganeso, azufre, hierro y boro [17], como se puede observar en la tabla 1 la pulpa de café está formada por una gran variedad de sustancias entre las que encontramos materia orgánica, entre un 88% a 89%, cenizas entre un 11% a 12%, un 63% de celulosa, un 2,3% de hemicelulosa, un 1,5% de cafeína y 3,50% de taninos, todos estos valores representados en base seca [3].

Además de ello es un subproducto ácido, ya que tiene un nivel de pH que está por debajo de 5 (pH de 4,21 en base Húmeda), lo que puede ocasionar problemas de toxicidad en los suelos donde se deposita para compostaje [18]. Ya que los desechos y subproductos del café producidos durante el procesamiento del grano de café constituyen una fuente de contaminación grave y plantean serios problemas ambientales en los países productores de café además de que puede causar infecciones, el manejo de la pulpa se está convirtiendo en un problema ambiental emergente en todo el mundo debido a su putrefacción [18].

**Tabla 1.***Composición química de la biomasa del café.*

Parámetros (%)	Pulpa	Cascarilla	Piel plateada	Café utilizado
Celulosa	63.0 ± 2.5	43.0 ± 8.0	17.8 ± 6.0	8.6 ± 1.8
Hemicelulosa	2.3 ± 1.0	7.0 ± 3.0	13.1 ± 9.0	36.7 ± 5.0
Proteína	11.5 ± 2.0	8.0 ± 5.0	18.6 ± 4.0	13.6 ± 3.8
Grasa	2.0 ± 2.6	0.5 ± 5.0	2.2 ± 1.9	N.D.
Fibra total	60.5 ± 2.9	24.5 ± 5.9	62.4 ± 2.5	N.D.
Fenoles totales	1.5 ± 1.5	0.8 ± 5.0	1.0 ± 2.0	1.5 ± 1.0
Azúcares totales	14.4 ± 0.9	58.0 ± 20.0	6.65 ± 10.0	8.5 ± 1.2
Sustancias prácticas	6.5 ± 1.0	1.6 ± 1.2	0.02 ± 0.1	0.01 ± 0.005
Lignina	17.5 ± 2.2	9.0 ± 1.6	1.0 ± 2.0	0.05 ± 0.005
Taninos	3.0 ± 5.0	5.0 ± 2.0	0.002 ± 0.1	0.02 ± 1.0
Ácido clorogénico	2.4 ± 1.0	2.5 ± 0.6	3.0 ± 0.5	2.3 ± 1.0
Cafeína	1.5 ± 1.0	1.0 ± 0.5	0.03 ± 0.6	0.02 ± 0.1

*Nota.* La tabla 1 muestra la composición química de la biomasa de café en porcentaje teniendo en cuenta en este proyecto la pulpa de café. Tomado de: Residuos y Subproductos del Café: Descubre qué hacen con estos, [En línea]. Disponible: <https://uncafecitoquemevoy.com/descubre-que-hacen-con-los-residuos-y-subproductos-del-cafe/>.

### 1.3 Celulosa

La celulosa es la sustancia principal de fabricación de papel una sustancia que se encuentra casi siempre como fibra en las plantas y específicamente en la pulpa de café, es un polisacárido compuesto exclusivamente de moléculas de glucosa; es pues un homopolisacárido (compuesto por un solo tipo de monosacárido); es rígido, insoluble en agua, y contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de  $\beta$ -glucosa [19].

Tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas muy resistentes e insolubles al agua [19]. De esta manera, se originan fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales, dándoles así la rigidez necesaria, la estructura de la pared celular en la fibra, así como su arreglo físico responden sobre los efectos de unión que se producen entre las fibras y que ayudan a la consolidación del papel. Según la tradición la celulosa se clasifica en Alfa-celulosa: celulosa propiamente; Beta-Celulosa: celulosa degradada (acortada) y algo de hemicelulosa; Gamma-Celulosa: principalmente hemicelulosa;

Lignina; Cenizas: principalmente compuestos de silicio; y Extraíbles: que consisten en ácidos resinosos y ácidos grasos [20].

### ***1.3.1 Alfa-Celulosa***

El Alfa celulosa es un índice que muestra la fracción de celulosa no degradada, de alto peso molecular, en una pasta química blanqueada. Constituye la fracción de la pasta resistente (insoluble) a una disolución de hidróxido de sodio a 17,5% y 9,45% bajo condiciones especificadas [20].

### ***1.3.2 Extracción de la celulosa***

La extracción de celulosa es el proceso más importante que se debe realizar a la materia prima para proseguir a la fabricación del papel, la pulpa de café contiene hemicelulosa, lignina, entre otros componentes químicos como azúcares, proteínas, grasas entre otras, que se deben separar de la celulosa y para ello se tienen varios métodos que implican diferentes procesos mecánicos y/o químicos.

Estos métodos se pueden agrupar en dos vías principales. El primer método es el mecánico; este consiste en seleccionar la materia orgánica que sea apta para el proceso de pulpado, luego se procede a eliminar la tierra presente en dicha materia orgánica o en el caso de la madera o residuos de la madera como troncos torcidos o partidos se procede a descortezar, luego se pasa al proceso de cortado donde se debe dejar toda la materia orgánica en pequeños trozos lo suficientemente manejables para poder seguir a la siguiente etapa que es la molienda donde se muele la materia orgánica y se comienza a mezclar con agua hasta formar la pasta de celulosa que pasar por diferentes filtros para eliminar exceso de agua y formar una pasta más flexible y ligera [21].

El segundo y más importante es el método de Kraft, este método es uno de los más usados cubriendo un 72% de la producción mundial de celulosa, este consiste básicamente en separar las fibras de celulosa mediante un proceso químico llamada hidrolisis alcalina o básica que genera la disolución de la lignina [21].

Más específicamente el proceso consiste en mezclar la materia orgánica con una disolución acuosa de sosa o soda cáustica (esta disolución se le denomina licor blanco o lejía blanca), esta mezcla se introduce en un digestor a una temperatura entre 130°C a 170°C [22], esta temperatura varía de acuerdo a la materia orgánica que se va usar en este caso sería para madera, en el

proyecto se usó la pulpa de café por lo que se usa un rango de temperatura de 100 °c a 110°c con una disolución de soda cáustica con concentración entre el 5 al 15% [23], el tiempo de calentamiento en el digestor oscila entre 1 a 3 horas esto dependiendo de la materia prima.

Una vez transcurre el tiempo se puede observar que se forma una pasta compuesta por fibras de celulosa y lejía negra; la lejía negra es una mezcla entre la lejía blanca y la lignina disuelta, esta se separa y se lava la pasta de fibras de celulosa para obtener una pasta libre de lignina, resto de soda cáustica y suciedad presente [22].

En el proyecto se usa la hidrólisis alcalina para extraer dicha celulosa de la pulpa de café.

#### **1.4 Proceso de fabricación para la obtención de papel**

A lo largo del tiempo se ha venido usando madera como materia prima principal para la obtención de celulosa y así fabricar papel de alta calidad, pero en los últimos años se ha venido cambiando esa materia prima debido al fuerte impacto medioambiental que se genera, debido a esto se presentan diferentes alternativas para la obtención de celulosa como el bagazo de caña de azúcar (siendo el más utilizado actualmente), la cascarilla de café, la pulpa de café entre otras.

Una vez se ha escogido la materia prima principal se extrae la celulosa para crear una pasta y se inicia con el proceso de fabricación, no hay un método exclusivo para la fabricación de papel sin embargo, aunque no hay una manera estándar de fabricar papel, siempre se sigue unos pasos que son generales para cualquier tipo de fabricación [24], los pasos son los siguientes:

- Tratamiento mecánico preliminar de la fibra. Dependiendo de cuál fibra sea y su condición, esta puede requerir cortado, limpiado, lavado y desollado.
- Tratamiento químico de la fibra. La materia prima es sujeta a sustancias para romper las fibras de celulosa desde afuera hasta su formación natural en la materia prima.
- Lavado. Las fibras son lavadas para eliminar el remanente de sustancias.
- Pulpeo mecánico y batido. Ya sea manualmente o por equipo de molido, las fibras son golpeadas hasta que son rotas en fibras separadas, y preferiblemente desolladas, en este punto las fibras llegan a ser pulpa. El punto donde las fibras se vuelven cada vez más refinadas debido al constante golpeteo de las fibras se le conoce como batido.
- Adición de sustancias para algunas clases de papel. Estas son adicionadas en el batido para proporcionar las características que se desean, por ejemplo, para proveer de tamaño (para

fabricar papel menos poroso y así mejorar la disponibilidad de alojar tinta sobre la superficie del papel); para proveer más opacidad (por adición de rellenedor de arcilla).

- Formación de la hoja. La solución de pulpa es colocada sobre un tamiz, forzando a las fibras a aglomerarse sobre la malla, mientras el exceso de agua es drenado, con lo cual se obtendrá una nueva hoja de papel remanente sobre el tamiz.
- Secado. La hoja húmeda es secada sobre el tamiz, esto se consigue presionando externamente la hoja, tan fuerte como sea posible.
- Cubierta. La hoja es tratada para dar a su superficie la cualidad deseada.
- Terminado. La hoja seca puede ser pulida manualmente o presionada a través de rollos (llamados calandrias) para lograr la suavidad deseada de la superficie.
- Devastado. El papel es finalmente cortado en el tamaño de hojas deseadas

#### ***1.4.1 Tipos de papel fabricados***

El papel es una lámina producida a partir de fibras de celulosa de origen vegetal que hoy en día ya existen decenas de fabricantes y distribuidores que fabrican miles de tipos de papeles con diversas características orientadas a su posterior uso bajo el sello de diversas marcas [25], a continuación se presenta los tipos de papel más relevantes en el mercado según su acabado:

- a) Papel offset: También llamado papel de impresión o de oficina, dicho papel es usado típicamente en oficinas, para escrituras, impresiones de proyectos, etc; es el papel más usado en la cotidianidad, se puede fabricar con pasta química o mecánica y los gramajes oscilan entre 50 g/m<sup>2</sup> hasta 250 g/m<sup>2</sup> [26].
- b) Papel estucado: Es un papel de mejor calidad que el offset a la hora de imprimir. El estuco suele ser una capa compuesta de caolín o carbonato de calcio, y se aplica en la última etapa del proceso de fabricación del papel, mediante la estucadora. Es el que habitualmente se utiliza para imprimir revistas, libros, catálogos, folletos, carteles, etc. [26].
- c) Papel bond: También llamado papel carta, es un papel muy blanco, fabricado al 100% con fibras de eucalipto blanqueadas y cuenta con propiedades destacadas: una gran resistencia, superficie y composición. Aunque podemos encontrarlo de colores, generalmente es blanco [26].

- d) Papel prensa: Utilizado para la impresión de diarios, está fabricado mayoritariamente a base de papel recuperado o pasta mecánica. Puede ser blanco o ligeramente coloreado y su gramaje habitual oscila entre 40 y 52 g/m<sup>2</sup>, aunque puede llegar a 65 g/m<sup>2</sup> [26].
- e) Papel kraft: Papel de elevada resistencia fabricado básicamente a partir de pasta química kraft (al sulfato). Puede ser crudo o blanqueado. El término kraft proviene de la palabra alemana para resistencia ya que las principales propiedades que presenta este papel son la resistencia a la tracción, al alargamiento y a la rotura. El papel kraft crudo se usa para envolturas y embalajes y el kraft blanqueado, para contabilidad, registros, actas, documentos oficiales, etc. [26].
- f) Carton gris: Se utiliza principalmente para cartonaje y encuadernación. Es el cartón duro interior de las tapas de los libros y cuadernos. Se fabrica a partir de papel recuperado (calidades ordinarias) [26].
- g) Carton pluma: Es un material formado por un tablero de espuma de poliestireno recubierto con papel en cada lado, típicamente papel estucado o papel kraft marrón. El cartón pluma es un material muy ligero y fácil de cortar que se usa para montar impresiones, a modo soporte para enmarcar imágenes o para hacer modelos a escala [26].
- h) Papel tisú o higienico: El papel para usos higiénico-sanitarios es el que ha experimentado un mayor auge debido a los nuevos productos que han aparecido en el mercado papeles tisú, servilletas, manteles, papel higiénico, papel de cocina, etc [26].
- i) Papel permanente: Un papel que puede resistir grandes cambios físicos y químicos durante un largo periodo de tiempo (varios cientos de años). Este papel es generalmente libre de ácido, con una reserva alcalina y una resistencia inicial razonablemente elevada [26].

## **1.5 Análisis Financiero**

El análisis financiero consiste en una serie de técnicas y procedimientos (como estudios de ratios financieros, indicadores y otros) que permiten analizar la información contable de la empresa o de un proyecto para obtener una visión objetiva acerca de su situación actual y cómo se espera que esta evolucione en el futuro [27].

El análisis financiero se realiza a través de la observación de los datos contables de la empresa o proyecto (principalmente estados financieros de un determinado período), ratios, índices y otros

indicadores junto con información adicional principalmente relacionada con contexto económico y competitivo en el que se desenvuelve la organización [27].

Cuando se quiere implementar un proyecto se debe realizar este análisis financiero para conocer su viabilidad y un indicador muy usado para hacer este análisis financiero es el de costo beneficio [27].

### ***1.5.1 Indicador costo-beneficio***

El análisis de costo-beneficio también conocido como análisis de beneficio-costo con la teoría de la decisión es una herramienta que te servirá para elegir con qué acciones vale la pena avanzar [28]. Ofrece una perspectiva cuantitativa del problema para tomar decisiones basadas en evidencia y no en opiniones subjetivas o prejuicios, también la técnica del costo-beneficio se relaciona de manera directa de él. Dicha relación de elementos, expresados en términos monetarios, conlleva la posterior valoración y evaluación. El análisis de costo-beneficio funciona mejor cuando tienes que decidir si seguir un curso de acción específico. También resulta muy útil cuando la decisión tiene costos y beneficios económicos claros.

Pretende determinar la conveniencia de un proyecto a partir de los costos y beneficios que se derivan de él [28].

Para hallar este costo-beneficio se debe hallar todos los costos y beneficios presentes en el proyecto, estos son:

- **Costos directos:** Son los costos asociados con la producción del servicio, producto o proyecto. Por lo general, son los materiales, equipamientos o el personal que necesitas para avanzar con la línea de acción prevista [28].
- **Costos indirectos:** Son los costos fijos que no están directamente asociados con la producción. Por lo común, son los costos generales que se necesitan para poner al negocio en funcionamiento: el alquiler, los servicios o los gastos de transporte [28].
- **Beneficios directos:** Son los beneficios que puedes medir con un valor monetario, como la rentabilidad que obtendrás de un proyecto [28].
- **Beneficios indirectos:** Son los beneficios que puedes percibir, pero que no puedes medir en valor monetario [28].

## **2. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CAFÉ Y FABRICACIÓN DEL PAPEL**

En este capítulo se tiene como objetivo describir los métodos que se utilizaron para la fabricación de papel desde la recolección de materia prima en el municipio de Villarrica Tolima hasta llegar al producto final.

### **2.1 Recolección de información del proceso de cultivo de café en la finca Leticia**

Durante la visita de campo en el municipio de Villarrica Tolima para la recolección de materia prima necesaria para el proyecto se realizó una inspección del proceso de producción de café y así se conoció cuánto se podría recolectar de materia prima. La finca que se visitó se llama Leticia, en esta se realizan varias cosechas como: cebolla, tomate, plátano y café que es la de interés en la investigación, el tipo de café que se usa en este municipio es la variedad cenicafé 1 de la especie arábica debido a que esta especie se obtiene por beneficio húmedo.

Para poder llevar a cabo esa inspección y obtener resultados se realizó con anterioridad una revisión teórica de las buenas prácticas agrícolas en los cultivos de café, esas buenas prácticas se componen de una evaluación de la fertilidad del suelo que como se mencionó anteriormente se usarán para conocer con exactitud la cantidad de cada nutriente en particular y tener conocimiento de la acidez del suelo y también una evaluación del proceso del cultivo del café; teniendo en cuenta la información recolectada se estructuró una serie de preguntas que se realizaron por medio de una entrevista al supervisor del cultivo, orientadas a conocer cuál es el procedimiento que se lleva a cabo en el cultivo de café en la finca Leticia ubicada en el municipio de Villarrica - Tolima, que procedimientos se usan para conocer la calidad del suelo, cuánto tiempo lleva esta evaluación, cuales son los pasos a seguir después de dicha evaluación, como se recolecta la materia prima que es el producto de interés entre otras preguntas. Para el cultivo de café es de gran importancia realizar estos análisis para la toma de decisiones con respecto al suelo, si se encuentra algún error o si se debe proceder con la siembra del grano de una vez. En la evaluación de la fertilidad del suelo se evaluó el pH y por medio de la imagen 2 se analizó que nutrientes le hacen falta al suelo de acuerdo al resultado obtenido en el pH.

### **2.1.1 pH**

Según la Federación Nacional de Cafeteros desde el 2008 plantearon una serie de pasos para la recolección de datos para el análisis de la fertilidad del suelo [14], esos pasos son los siguientes:

- Se toma entre 5 y 6 submuestras por hectárea y luego se mezclan para formar una muestra de 1 kg, estas muestras se deben recolectar 2 o 3 meses después de la última fertilización.
- Para recolectar la muestra se debe usar un Barreno con punta de acero inoxidable para evitar la oxidación y contaminar las muestras.
- Las muestras se recolectan con una profundidad de aproximadamente 20 cm del suelo.
- Para medir el pH de las muestras se realiza una disolución entre la muestra con agua desionizada en proporción 1:25 y se agita durante 10 minutos, luego se mide con un pH-metro y se procede a hacer la lectura de pH.

Una vez se recolectó todos los datos se procedió a realizar un diagrama Entrada-Proceso-Salida y así conocer el proceso completo de producción de la finca Leticia.

## **2.2 Proceso de producción de papel**

Antes de iniciar con la descripción del proceso de fabricación es necesaria la previa caracterización de la materia prima; esta caracterización se realiza con un cuadro comparativo de la composición de la pulpa de café, luego de esto se realiza la extracción de la celulosa necesaria para el proceso de fabricación del papel y así tener conocimiento de que componentes se extraen de dicha pulpa.

### **2.2.1 Extracción de la celulosa**

Para la extracción de la celulosa se tomó como referencia la Hidrólisis Alcalina, método utilizado previamente para la fabricación de papel amate por medio de la pupa de café (*coffea arabica*) en la universidad Autónoma de México [23].

El método consiste en mezclar la pulpa de café como fuente rica en celulosa con hidróxido de sodio a una concentración del 5 al 15% en peso a una temperatura de aproximadamente 100°C a presión atmosférica con una relación (1:10) (pulpa de café: hidróxido de sodio en solución) por un periodo de tiempo entre 120 minutos a 240 minutos, por último se realizó a esas especificaciones con el fin de no afectar las propiedades y la pureza de la materia prima.

Para la obtención de concentración de hidróxido de sodio de grado industrial se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% P/P = \frac{\text{masa del soluto (g)}}{\text{masa de solución (g)}} * 100;$$
$$\% P/P = \frac{20.25g}{(20.25g + 114.75g)} * 100 = 15\%$$

*Ecu. 1*

### **2.2.2 Determinación de la celulosa presente en la pasta**

Una vez obtenida la pasta de celulosa se procedió a moler una muestra de 10 gramos y así poder determinar la cantidad de celulosa en el papel a fabricar; para ello se tomó dicha muestra y se preparó según las normas TAPPI T 207 om-81 y TAPPI T 264 cm-97 así:

- Las muestras molidas se someten, en primer lugar, a un proceso de extracción de componentes solubles en agua a 95 °c mezclando la muestra con 100 ml de agua destilada y dejando a reflujo durante 3 horas.
- Se filtra el residuo y se seca en estufa a 105 °C.
- Las muestras se someten a un proceso de extracción durante 4 horas con una mezcla recién preparada de etanol-benceno (1:2 v/v).
- Se lava con etanol aplicando vacío
- Se realiza otra extracción con etanol al 95 % durante 4 horas o hasta que la solución resulte incolora.
- Se lava 5 veces con agua destilada por periodos de 1 hora y se deja secar al aire libre

Luego se empleó el método modificado de Kurschner y Hoffer (Technical Association for the Pulp and Paper Industries,1978) [29], para determinar la cantidad de celulosa en la muestra preparada; esta norma consiste en:

- Adicionar a 1g de la pulpa anhidra libre de extractos una mezcla formada por etanol y ácido nítrico concentrado en relación 4:1 y luego se llevó a reflujo en baño maría durante 30 minutos, se filtró repitiendo este proceso dos veces
- Al residuo se le realizó un lavado con agua destilada caliente por una hora.
- Posteriormente se sometió a un lavado con una solución saturada de acetato de sodio, seguido de agua destilada caliente.

- El residuo se secó a una temperatura de 105°C, se enfrió en un desecador y se pesó.
- El porcentaje de celulosa se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de celulosa} = \frac{P_{or}}{P_o} * 100 \quad Ecu. 2$$

Donde:

Por = peso seco del residuo(g)

Po = peso anhidro de la muestra (g)

### **2.2.3 *Proceso de fabricación de papel***

Una vez se obtiene la celulosa se procede a realizar la fabricación del papel, este proceso consiste en:

- **Lavado:** El proceso comienza una vez se obtiene la pasta de celulosa por medio del hidrólisis se realiza un lavado para eliminar rastros de soda cáustica, rastros de fibras polvo u otras suciedades. Antes de lavar con agua se le puede agregar peróxido de hidrogeno para eliminar parte de la lignina no eliminada, aunque este proceso blanqueara la pasta de celulosa.
- **Tamizado:** Luego la pasta se pone sobre un tamiz para quitar exceso de agua y otras sustancias.
- **Agitación:** Luego la pasta se agita en un mezclador con hélice para individualizar las fibras. En este proceso también se bate la fibra para que atrape agua y se frota para sé que deshilache.
- **Secado:** La hoja húmeda es secada nuevamente sobre el tamiz plano varias veces esto se consigue presionando externamente la hoja, tan fuerte como sea posible y luego como paso final es secada en un horno para eliminar restos de líquido presentes en la hoja. Luego la hoja es tratada para dar a su superficie la cualidad deseada.
- **Alisado de papel:** Luego la hoja es pasada por unos rodillos. Después, el papel se prensa entre dos rodillos recubiertos de fieltro para extraer aún más agua y posteriormente pasa por otra serie de rodillos que se encargan de darle la textura adecuada.
- **Terminado:** La hoja seca se pule manualmente para lograr la suavidad deseada de la superficie. Y por último el papel es finalmente cortado en el tamaño de hojas deseadas.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CAFÉ Y FABRICACIÓN DE PAPEL

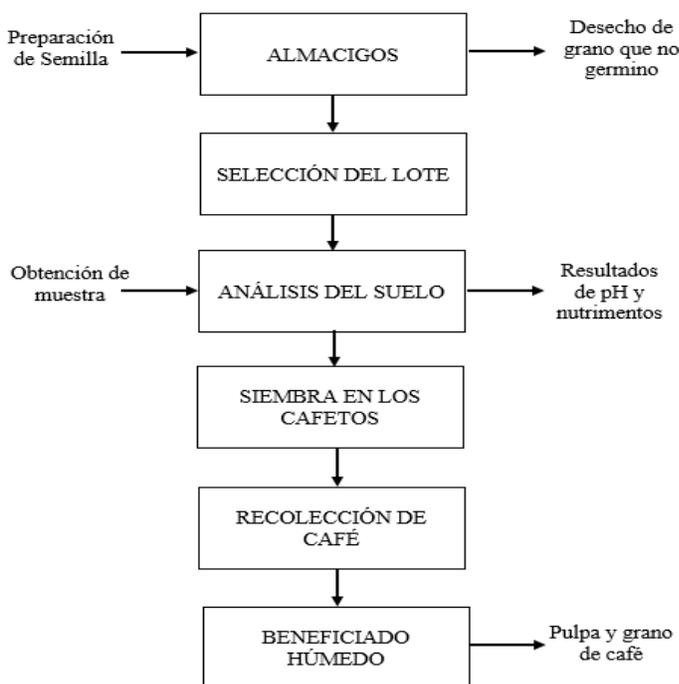
Este capítulo tiene como objetivo registrar los resultados obtenidos de la metodología anteriormente descrita del cultivo de café en la finca Leticia en el municipio de Villarrica Tolima y la fabricación de papel.

#### 3.1 Descripción del proceso de cultivo de café en la finca Leticia

Se determinó mediante un diagrama Entrada-Proceso-Salida el proceso completo de cultivo del café:

**Figura 3.**

*Diagrama de proceso de obtención de la materia prima*



*Nota.* La figura 3 representa la secuencia de etapas del proceso completo para la obtención de la materia prima en la Finca Leticia del municipio de Villarrica Tolima. Tomado de: Diagrama de flujo del café- Cadenas de producción en el estado de veracruz [En línea]. Disponible: <https://www.studocu.com/co/document/servicio-nacional-de-aprendizaje/tecnologo-en-gestion-logistica/436699778-diagrama-de-flujo-del-cafe/28927571>.

El proceso productivo comienza con la preparación de la semilla previamente seleccionada, esta se remoja para que se hinche un poco y comience a germinar; una vez germinada la semilla, se prepara y se abona en unas bolsas pequeñas de tierra llamadas almácigos, se debe esperar entre 3 a 6 meses para que crezca la planta; durante este tiempo se realiza la selección del lote donde se va a trasplantar la mejor planta del almacigo y allí se realizará un análisis del suelo para conocer el pH y a su vez la cantidad de nutrimentos que le hacen falta al suelo y así poder mejorar la calidad del suelo, para la finca Leticia solo se realiza la recolección de datos de pH en el análisis del suelo, luego de recolectar las 6 submuestras se formaron en total 3 muestras de 1 kg y a estas se les midió el pH con un potenciómetro dando como resultado promedio de las 3 muestras 4.1 (suelo ácido). Una vez obtenido este resultado se procedió a revisar la Figura 1 y se encontró que, con el pH obtenido, el suelo de la finca tenía pequeñas trazas de nitrógeno, molibdeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio, grandes cantidades de hierro, manganeso, boro, cobre y zinc [30].

En el proceso productivo de café, el pH óptimo para una mayor productividad y mayor calidad del café está entre 5 y 5.5 [31]; y así mismo con este rango de pH mayor cantidad de nitrógeno, molibdeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio [30], para lo cual la Finca Leticia tomó la decisión de usar enmiendas para corregir dicho pH y así obtener los nutrimentos faltantes.

La enmienda usada por la finca es un abono agrícola llamado gallinaza, dicha enmienda tiene mayor poder para corregir la acidez del suelo [32], la gallinaza es un excelente fertilizante con buen aporte de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes, además de que aumenta la fertilidad y calidad del suelo [33]; aunque en la finca se usa también pulpa de café descompuesta mezclada con cascarilla de café para corregir la acidez del suelo, esta normalmente tiene un pH por encima de 7, es decir, un pH básico, razón por la cual su aplicación sería aumentar el pH del suelo [34], este procedimiento se realiza después de cada análisis del suelo que se realiza debido a que el promedio del pH del suelo es de 4.1.

Luego de 3 meses se escogen las mejores plantas para ser sembradas en las hectáreas de tierra que fueron seleccionadas, los meses recomendados para la cosecha del café son los meses de inicio del periodo de lluvias o periodos húmedos de la región, en el municipio de Villarrica Tolima los periodos de cosecha son de febrero a mayo y de septiembre a diciembre [35]. Los primeros frutos se obtienen a los 18 meses y durante los próximos 4 años [36], es decir, para la finca Leticia durante este tiempo se recolecta aproximadamente 17.1 toneladas de café por hectárea y

aumenta esa productividad durante los 4 años recolectando así de 500.000 kg a 700.000 kg de café anuales.

Una vez recolectado el café se procede a separar la pulpa de café por medio de un proceso llamado beneficio húmedo, dicho proceso es usado con el fin de transformar el fruto en semilla [17]; este proceso inicia con el depositario de las cerezas recolectadas en una tolva como se puede apreciar en la figura 4 seguido de una maquina despulpadora que despulpa aproximadamente 1000 kg , allí se hace un despulpado o se separa con cuidado la pulpa de café de la cereza de café que corresponde al 40% del grano de café y 1% de mucilago [37].

**Figura 4.**

*Tolva de la Finca Leticia*



*Nota.* Fotografía tomada de la finca Leticia en el municipio de Villarrica Tolima que representa la tolva para separar la pulpa del grano de café.

Una vez ya separada la pulpa del grano de café se clasifica el grano de café de la pulpa en 2 contenedores diferentes (figura 5); para el grano de café se realiza un desmucilaginado manual o por fermentación donde sale el 16% del mucilago restante presente en el grano de café, una vez se termina este paso obtenemos el café pergamino húmedo, este se lleva a un proceso de secado donde el grano de café contiene un aproximado de 20% en agua que se debe secar; dicho secado se realiza manualmente en las horas del día en las jornadas de sol, al finalizar dicho paso se despergamina o se separa la cascarilla del café que representa el 4.5% del grano de café obteniendo como producto final el café [38], por último se realiza una selección del mejor grano

y este es vendido como materia prima a principales empresas del municipio de Villarrica Tolima productoras de Café, la pulpa junto con la cascarilla es usada como abono o fertilizante para el suelo o son desechadas juntando varias montañas de dicho residuo en el suelo (figura 6).

**Figura 5.**

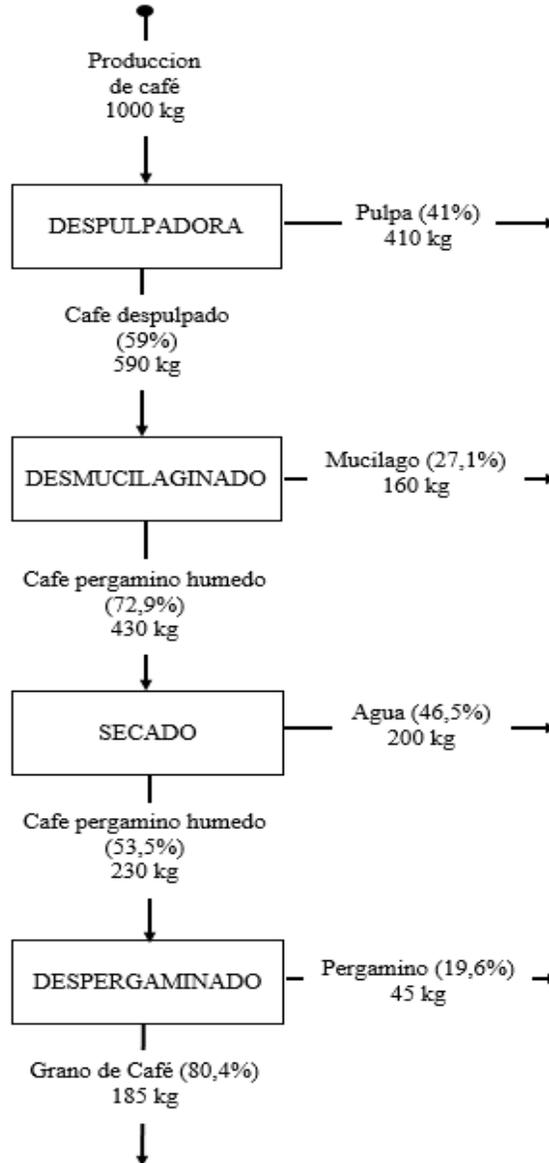
*Contenedores de grano y pulpa de café de la Finca Leticia.*



**Nota.** Fotografía tomada en la finca Leticia del municipio de Villarrica Tolima que representa los contenedores de pulpa de café y grano de café con cascarilla.

**Figura 6.**

*Diagrama de proceso con balance de masa del beneficio húmedo*



*Nota.* La figura 6 representa la secuencia de etapas del proceso del beneficio húmedo para la obtención de pulpa y café en la Finca Leticia del municipio de Villarrica Tolima. Tomado de: Modelación del procesamiento agroindustrial del café desde la fruta hasta el café oro [En línea]. Disponible:<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/8741/1/44345.pdf>.

## **3.2 Fabricación de papel**

Para el proceso de producción de papel se comenzó con la recolección de la pulpa de café como materia prima principal en la finca Leticia; en total se recolectó 6 kilogramos de pulpa de café seca que se empacó y se transportó desde la finca Leticia de Villarrica Tolima hasta la empresa LABORATORIOS BRILLER S.A.S ubicada en Bogotá donde se realizaron todos los procedimientos de experimentación para la obtención de alfa-celulosa y fabricación del papel.

### ***3.2.1 Caracterización de la pulpa de Café***

La caracterización de la pulpa de café es importante debido a que se debe tener conocimiento de todos los compuestos que posee esta y así mismo saber que sucede con dichas composiciones una vez se extrae la celulosa presente en la pulpa, por esto se realizó una revisión bibliográfica sobre la composición química y se encontró que algunos de los compuestos presentes son: azúcares reductores y no reductores, taninos, sustancias pécticas, cafeína, ácido clorogénico, ácido cafeico, materias orgánicas, fenoles totales, fibras, proteína cruda, hemicelulosa, celulosa, lignina, entre otros.

A continuación, se presenta la Tabla 2 que tiene como propósito recopilar los datos reportados por diferentes autores y para esta se seleccionaron los compuestos presentados con mayor frecuencia en las publicaciones.

**Tabla 2.***Composición química de la pulpa de café dada por diferentes autores.*

<b>Autores</b>	<b>Sustancias Pectinas (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Fibra (%)</b>	<b>Taninos (%)</b>	<b>Cafeína (%)</b>	<b>Celulosa (%)</b>	<b>Hemicelulosa (%)</b>	<b>Lignina (%)</b>
<b>A. Noriega, R. Silva, M. García, 2009 [53]</b>		21,35	29,42	0,23				
<b>P. Murthy y M. Madhava, 2011 [40]</b>	63,0 ± 2,5	11,5 ± 2,0		3,0 ± 5,0	1,5 ± 1,0	63,0 ± 2,5	2,3 ± 1,0	17,5 ± 2,2
<b>G. Corro, L. Paniagua, U. Pal, F. Bañuelos y M. Rosas, 2013 [41]</b>	6,5	11,5		1,8 - 8,56	1,3	63	2,3	17
<b>T. Widjaja, T. Iswantoa, A. Altwaya, M. Shovitrib y S. Rachmania, 2017 [42]</b>	2,16	0,81		3,11	0,91	58,36	21,8	5,05
<b>N. Fierro, A. Contreras, O. Gonzales, E. Rosas, V. Morales, 2018 [43]</b>		10,63	36,07		2,262			
<b>R. Hendroko et al., 2018 [44]</b>		11				25,84	4,37	12,46
<b>R. Rodríguez, J. Laencina y J. García, 2020 [45]</b>	20,5	9,4			1,4	35,6	9,2	

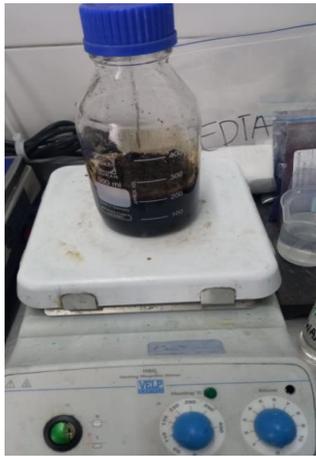
*Nota.* La tabla 2 representa el porcentaje de diferentes parámetros de la composición química de la pulpa de café reportados por 7 publicaciones.

### **3.2.2 Hidrólisis alcalina o básica**

Para la extracción de la celulosa de la pulpa se realizó una hidrólisis básica con soda cáustica de grado industrial, se efectuó la relación (1:10) tomando 40 gramos de la pulpa con 400 gramos de soda cáustica en solución siendo su concentración 15%, es decir, de los 200 gramos de solución 60 gramos fueron soda cáustica y 340 gramos de agua. Esta solución se mezcló con los 40 gramos de la pulpa de café en una botella de vidrio de reactivo (figura 7) y se dejó calentando en una placa de calentamiento a 100°C durante 3 horas aproximadamente, este tiempo fue escogido porque es el tiempo en el que se obtienen mejores resultados de extracción de celulosa [23], esta botella tiene una tapa con sello hermético para evitar la variabilidad de las condiciones como la temperatura y el volumen, cabe resaltar que en dicha hidrólisis alcalina la soda cáustica es un agente activo de la reacción que descompone el material biológico como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos, además la hidrólisis ayuda a las bacterias y enzimas a proceder con facilidad eliminando y separando la lignina de la celulosa mediante el rompimiento de su estructura [46]. De la hidrólisis alcalina se desprende un residuo llamado lejía negra que contiene mezcla de sólidos como lignina, cafeína, entre otros para este se propone un tratamiento en donde como primer paso se debe precipitar dichos sólidos presentes con una disolución de alcohol- calcio, en este proceso se recupera la mayor parte de la lignina y luego se pasa al siguiente paso que es la filtración de dicho precipitado, este se oxida en un medio alcalino para finalmente obtener compuestos fenólicos de interés industrial [62].

### Figura 7.

#### *Hidrolisis Básica de pulpa de café*



**Nota.** Fotografía tomada en la empresa LABORATORIOS BRILLER S.A. que representa la hidrólisis básica realizada a la pulpa de café.

### 3.2.3 Alfa-celulosa presente en la pasta

Una vez que se realizó el método modificado de Kurschner y Hoffer (Technical Association for the Pulp and Paper Industries, 1978) [29] para determinar la cantidad de celulosa en la pasta, se calculó el porcentaje celulosa de 3 pruebas realizadas:

- I. Prueba #1: Se pesó el residuo dando como resultado 0.4386g para lo cual dio 43.86% de celulosa presente en la pulpa de café.

$$\% \text{ de celulosa} = \frac{0.4386 \text{ g}}{1 \text{ g}} * 100 \quad \text{Ecu. 3}$$

- II. Prueba #2: Se pesó el residuo dando como resultado 0.4223g para lo cual dio 42.23% de celulosa presente en la pulpa de café.

$$\% \text{ de celulosa} = \frac{0.4223 \text{ g}}{1 \text{ g}} * 100 \quad \text{Ecu. 4}$$

- III. Prueba #3: Se pesó el residuo dando como resultado 0.4265g para lo cual dio 42.65% de celulosa presente en la pulpa de café.

$$\% \text{ de celulosa} = \frac{0.4265 \text{ g}}{1 \text{ g}} * 100 \quad \text{Ecu. 5}$$

Los resultados presentados en la tabla 2 corresponden a la caracterización de la materia prima en celulosa, sin tener en cuenta el tamaño de partícula.

**Tabla 3.**

*Porcentaje de celulosa presente en 3 muestras de pulpa de café.*

<b>MUESTRA</b>	<b>%CELULOSA</b>
<b>1</b>	43.86
<b>2</b>	42.23
<b>3</b>	42.65
<b>PROMEDIO</b>	42.91±0.9

*Nota.* La tabla 2 representa el porcentaje de celulosa hallado para 3 muestras de pulpa de café.

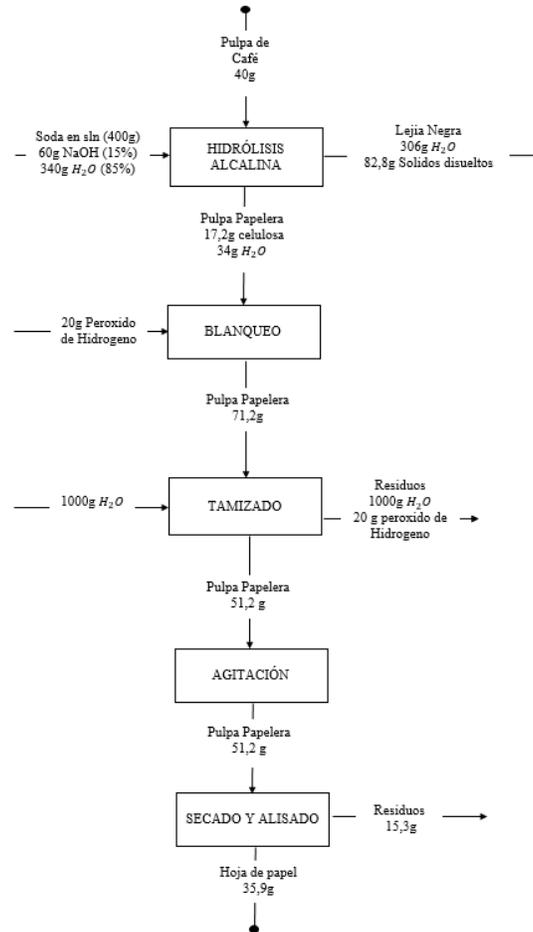
Los valores obtenidos para cada una de las muestras son similares a los reportados en las normas TAPPI para fabricación de papel en cuanto a contenido de celulosa 38-51%, encontrando que sus valores son representativos para la extracción de celulosa [29].

### **3.2.4 Fabricación de papel**

Para la fabricación de papel se realizaron durante 2 meses un total de 30 ensayos de prueba con el fin de conocer la cantidad exacta de insumos que se debían agregar, a que temperaturas y en que tiempos; cabe resaltar que la materia prima usada en el proceso fue la pulpa de café de la finca Leticia del municipio de Villarrica Tolima, los insumos agregados fueron peróxido de hidrogeno para el blanqueo de la pasta papelera y el aditivo fue un encolado para aumentar la resistencia del papel, a continuación se observa en la figura 8 el proceso de fabricación de papel y el balance de masa de este para una muestra de 40 gramos de pulpa de café.

**Figura 8.**

*Diagrama de proceso con balance de masa de la fabricación de papel*



**Nota.** La figura 8 representa la secuencia de etapas del proceso de fabricación de papel a base de la pulpa de café en la Finca Leticia del municipio de Villarrica Tolima.

Luego de obtener la pasta de celulosa en el hidrolisis, se comenzó con el proceso de fabricación lavando con agua dicha pasta 3 veces para eliminar completamente rastros de soda cáustica y otras suciedades, luego durante los ensayos realizados en los 2 meses se le agrego peróxido de hidrogeno en un rango de 10g hasta 50g y durante estos ensayos se registró que el mejor blanqueo de la pasta era agregando 20 gramos de peróxido de hidrogeno durante un rango de tiempo de 1 a 5 horas; dando como mejor resultado 3 horas para eliminar la lignina no eliminada

y aclarar la pasta a café oscuro ya que esta se encuentra de color negro y se lavó nuevamente con agua, cabe mencionar que a más de 20 gramos de peróxido la pasta se volvía mas blanca y perdía firmeza y resistencia.

Una vez se obtuvo la pasta de color café claro se pasó por el tamiz #80 para quitar la mayor cantidad de agua, este número de tamiz se escogió porque era el único que se encontraba en el laboratorio de la empresa LABORATORIOS BRILLER S.A.S y se agregó esa pasta a un mezclador con hélice en seguida se dejó batiendo hasta que se vio la pasta más aguada, esto se debe a que las fibras de la pasta se están separando, este proceso se realizó 10 veces para poder cuantificar el mejor tiempo de batido, el mejor resultado fue de 30 minutos.

**Figura 9.**

*Mezcla de la pasta de pulpa*



*Nota.* Fotografía tomada en la empresa Laboratorios Briller S.A. que representa la mezcla de la pasta.

Posteriormente se da paso a la etapa de secado y alisado del papel, estas 2 etapas se ejecutaron al mismo tiempo para obtener un mejor resultado en el papel, primero se extendió la pasta en una placa de metal y con un rodillo junto con fieltro se comenzó a dar forma a la pasta para que se aplanara y quedara delgada mientras tanto se daba calor con una pistola de calor para ir secando la pasta hasta conseguir un secado parcial.

### **Figura 10.**

*Secado la pasta de pulpa*



*Nota.* Fotografía tomada en la empresa

Laboratorios Briller S.A. que representa el secado de la pasta.

Por último, se dejó la hoja de papel en un horno, el proceso de secado en el horno se realizó aproximadamente 15 veces dejando el papel secar en un rango de temperatura de 50°C a 110°C proporcionando como mejor resultado de secado para llegar a un 45% de humedad del papel de 70°C, esta humedad es importante para la características físicas del papel como resistencia, flexibilidad y estabilidad [47]. Esta temperatura se dejó en un rango de 1 a 5 horas suministrando como mejor resultado 2 horas para que se terminara de secar a tiempos mayores de 2 horas disminuía el % de agua y así mismo se partía la hoja de papel o se quemaba.

Para dar un acabado final se agregó un encolado que es un aditivo que se utiliza en la fabricación de papel para mejorar las características de absorción y desgaste del papel [48], el encolado que se usó fue el alcohol polivinílico.

### **Figura 11.**

*Papel a base de pulpa de café.*



**Nota.** Fotografía que representa la hoja de papel fabricada a base de pulpa de café.

Para concluir este capítulo, se realizó un control de calidad, el procedimiento contempla parámetros de calidad, que son los definidos en las Especificaciones Técnicas de Materiales Recuperados (ETMR) de los convenios para la gestión de residuos de envases ligeros y de papel y cartón [26], el procedimiento establece tres niveles de control consecutivos: control visual, mediciones y análisis externos, para este caso se realizó únicamente el análisis visual o análisis organolépticos o valoración sensorial al papel fabricado para poder compararlo con distintos papeles de la industria y así conocer si puede ser un producto de calidad [49], dando como resultado una textura suave, con un grosor similar al papel de arte o cartón paja, además de esto se realizaron diferentes trazos con resaltador, colores, pintura y marcadores y su resultado fue satisfactorio como se puede observar en la figura 10 por esto se realizó un análisis financiero con el objetivo de fabricar papel con características similares a el papel kraft, para la fabricación de este se requiere de mínimo 67 gramos de pulpa para fabricar una hoja de papel de 60 gramos, como se mencionó anteriormente en el municipio de Villarrica Tolima se tienen 2 cosechas al año y para poder fabricar durante todo el año de la cosecha que se recoja en estos dos meses se conservara la pulpa de café en unos contenedores por medio del ensilaje, este es un proceso de fermentación anaerobia que reduce las sustancias antinutricionales de la pulpa como la cafeína, los taninos, ácido clorogénico y así evita el crecimiento de microorganismos patógenos y conserva las propiedades nutricionales y de valor como la celulosa [50].

**Figura 12.**

*Papel a base de pulpa de café con diferentes trazos de pintura y marcador.*



**Nota.** Fotografía que representa papel de arte con diversos trazos.

## 4. ANALISIS FINANCIERO COSTO- BENEFICIO DEL PAPEL FABRICADO

### 4.1 Descripción de maquinaria y equipos

La maquinaria que se usa en la fabricación de papel es la maquina Fourdrinier, está compuesta por el extremo húmedo, la sección de prensado (prensa de múltiples rodillos), sección de secado, sección de lustrado, sección de alisado y por ultimo sección de enrollado [51].

#### 4.1.1 Maquina Fourdrinier

Fabricada con acero inoxidable 700 con una capacidad de 5 a 150 Ton/D, dicha maquina produce papel de impresión y papel de oficina A3/A4 o papel de arte y papel estucado (esto depende de la programación dada en el computador de acuerdo al papel deseado), papel con un máximo de ancho de 6800mm y mínimo 1760mm y una velocidad máxima de 800m/min con un motor de CA y convertidor de frecuencia y puede tener un diseño de una sola capa o doble capa [51] como se puede observar en la figura 11.

**Figura 13.**

*Máquina de Fourdrinier*



**Figura 14 continuación.**



*Nota.* La figura 13 representa la máquina de producción de papel artístico, mate, cartón kraft, cartón paja y papel térmico. Tomado de: Dekelon Paper Making Machinery Co. [en línea]: [https://www.d-papermachine.com/paper\\_machine\\_production\\_line/243.html](https://www.d-papermachine.com/paper_machine_production_line/243.html)

## **4.2 Costos**

En primer lugar, se calculó el costo de inversión en equipos, está formada por 1 mesa, 1 silla [53], 1 computador para los monitoreos incluida en la máquina de fourdrinier y para la parte de oficina con un costo de valor comercial (ver anexo 4) y la máquina de Fourdrinier que está compuesta por un depósito de cabecera, un rodillo de entrada, un rodillo de arrastre y un rodillo de salida, un fieltro y cuatro secadores de fieltro, un calentador de secado, un aplicador de apresto, rodillos de la calandria y un carrete de bobinado además de un computador que monitorea la velocidad y la capacidad de la maquina con un costo del proveedor ubicado en Bangladesh en Asia del sur con sede Sudamérica[52], como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 4.**

*Costos de inversión de equipos*

<b>Concepto</b>	<b>Precio unitario</b>
<b>Mueble de Oficina</b>	\$369.900
<b>Computador</b>	\$1.030.000
<b>Máquina de Fourdrinier</b>	\$891.000.000
<b>Total</b>	\$892.399.900

*Nota.* Esta tabla muestra los valores de cada uno de los equipos necesarios para llevar a cabo la fabricación de papel con celulosa de pulpa de café.

Luego se determinó los costos que se obtiene como resultado de la fabricación del papel a base de la pulpa para hallar el costo- beneficio de dicha fabricación y así mismo un beshmarking comparando los resultados del costo beneficio del papel a base de pulpa de café con el papel fabricado por empresas actuales.

Como primer paso se hallaron los costos de los insumos y los costos de planta y equipos, el costo de la pulpa de café se realiza según la cantidad recolectada en la Finca Leticia; el supervisor de la finca indica que la cosecha se realiza 2 veces al año donde se obtiene aproximadamente 700.000 kg de café al año, es decir, que se recolecta 280.000 kg de pulpa de café al año, al ser una materia prima llamada desecho en la finca Leticia y ser utilizada para un proceso alterno además de ser la finca familiar no tiene ningún costo.

Para la soda cáustica se usó 90 gramos de soda cáustica para fabricar una hoja de papel, la soda cáustica usada se obtuvo de un bulto de 25 Kilogramos que tiene un valor de \$142.500 pesos, para el peróxido de hidrogeno se usó 30 gramos de peróxido para fabricar una hoja de papel, el peróxido de hidrogeno usado se obtuvo de un cuñete de 36 Kilogramos que tiene un valor de \$144.000 pesos.

**Tabla 5.***Precio unitario por insumo para la fabricación de papel*

<b>Materia Prima</b>	<b>Precio(COP)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Distribuidor</b>
<b>Hidróxido de Sodio</b>	\$513	90 gramos	DISAN COLOMBIA S.A.
<b>Peróxido de Hidrogeno</b>	\$120	30gramos	SESAN S.A.S
<b>Pulpa de Café</b>	\$0	67 gramos	Finca Leticia

*Nota.* La tabla 4 representa el precio y el proveedor de las materias primas usadas para la producción de papel

**Tabla 6.**

*Total, costos de materia prima para 1 hoja de papel de 60 g*

<b>Materia Prima</b>	<b>Precio(COP)</b>
<b>Hidróxido de Sodio</b>	\$513
<b>Peróxido de Hidrogeno</b>	\$120
<b>Pulpa de Café</b>	\$0
<b>Total costos</b>	\$633

*Nota.* La tabla 5 representa el precio de una hoja de papel fabricada con Pulpa.

En la tabla 2 se puede observar el precio unitario de cada materia prima utilizada en el proceso de fabricación de papel para un total de \$633 como se muestra en la tabla 3. Estos costos como se mencionó anteriormente fueron hallados de acuerdo a la compra de grandes cantidades de materia prima, esto se debe a que la empresa LABORATORIOS BRILLER S.A. realiza una compra mínima de soda cáustica de 100 Kg repartidos en 4 bultos de 25Kg que tienen un valor total de \$570.000 (anexo 1) usada para la fabricación diaria de blanqueadores, jabones entre otros productos y una compra mínima de 2.016 Kg de peróxido de hidrogeno repartidos en cuñetes de 36 Kg que tienen un valor de \$9.676.800 (anexo 2) usada para la fabricación diaria de blanqueador ropa color, el precio de estos productos varían en función del dólar o la tasa representativa del mercado.

Como dicha investigación se trata de una propuesta que busca competir en la industria papelera, se estima que esta contribuirá al 0.0209% de la producción de papel en Colombia, que para el 2018 fue de 1.2 millones de toneladas anuales [54], es decir, se estima una producción de 251.300 kilogramos de papel anuales para los cuales el costo de las materias primas de dicha producción anual es de \$2.651.215.000.

Para los equipos se consideraron los costos de la depreciación, estos costos son calculados con la vida útil de la maquina promedio de 30 años [55] y utilizando el método de la depreciación lineal como se observa en la tabla 6.

**Tabla 7.**

*Depreciación lineal*

<b>Depreciación lineal</b>	
<b>Costo base</b>	\$892.399.900
<b>Vida útil (años)</b>	30
<b>Depreciación/año</b>	\$29.746.663

*Nota.* Activos fijos y depreciación lineal.

Luego de hallar la depreciación lineal se tuvieron en cuenta los costos del empaque para 50 hojas de 60 gramos de papel en \$139 [56], el empaque se da cada 50 hojas según los precios de venta a los mayoristas [57], los costos de transporte y publicidad se estiman en un 2.5% sobre los ingresos y además los costos de consumo energético se estiman en \$129.195.000 anuales para una producción de papel a 7.5KW/h que es la energía que consume la maquina por hora [55], estos costos se hallaron por año durante 5 años como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 8.***Costos de producción y operación (en millones).*

<b>Costos de producción y operación</b>					
<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Materia Prima</b>	\$ 2.651	\$ 2.757	\$ 2.867	\$ 2.982	\$ 3.101
<b>Consumo energético</b>	\$ 129	\$ 134	\$ 140	\$ 145	\$ 151
<b>Publicidad</b>	\$ 95.812	\$ 99.645	\$ 103.630	\$ 107.776	\$ 112.087
<b>Transporte</b>	\$ 95.812	\$ 99.645	\$ 103.630	\$ 107.776	\$ 112.087
<b>Envase</b>	\$ 15.220	\$ 15.829	\$ 16.462	\$ 17.120	\$ 17.805
<b>Total, costos de producción</b>	\$ 209.624	\$ 218.010	\$ 226.729	\$ 235.799	\$ 245.231

*Nota.* La tabla 7 representa los costos de producción y operación del papel a base de pulpa de café.

Teniendo los costos hallados se realizó el análisis costo – beneficio del papel donde el precio del papel por hoja será de \$1000, entonces el costo - beneficio será el siguiente:

- Ingreso por unidad: \$1000 pesos
- Costos directos: \$633pesos
- Utilidad Bruta: \$367 pesos
- Margen Bruto: el margen bruto es del 36.7%

Teniendo en cuenta los gastos de producción, operación, administrativos y de materias primas el costo de producción unitario por papel es de \$ 633. Se estimó el precio de venta por hoja de papel buscando un margen de ganancia del 37%, asignando al primer año un valor de \$ 1000 pesos colombianos y un total de 41.883.333,33 hojas de papel anuales, se asignó un incremento porcentual a los siguientes años del 4% teniendo en cuenta la variación histórica de los precios [34], como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 9.**

*Precio de venta, unidades venidas anualmente e ingresos (en millones).*

<b>Ingresos</b>					
<b>Año</b>	1	2	3	4	5
<b>Precio de venta</b>	\$ 1.000	\$ 1.040	\$ 1.082	\$ 1.125	\$ 1.170
<b>Unidades vendidas anualmente</b>	\$ 41.883.333	\$ 43.558.667	\$ 45.301.013	\$ 47.113.054	\$ 48.997.576
<b>Total ingresos</b>	\$ 41.883.333.333	\$ 45.301.013.333	\$ 48.997.576.021	\$ 52.995.778.225	\$ 57.320.233.728

*Nota.* La tabla 8 representa los ingresos de cada año según las unidades vendidas anualmente.

Después se estableció que los gastos administrativos están compuestos por el pago de la nómina y arriendo de una bodega de 1800m<sup>2</sup> que cuentan \$50.000.000 mensuales con un incremento porcentual no mayor al 2% [58], teniendo 4 cargos operativos (2 operarios, 1 supervisor, 1 administrador) dando un estimado para los costos de estos gastos administrativos como se muestra a continuación en la tabla 9.

**Tabla 10.**

*Costos estimados de nómina por año.*

<b>Gastos administrativos</b>					
<b>Año</b>	1	2	3	4	5
<b>Arriendo</b>	\$ 600.000.000	\$ 612.000.000	\$ 624.240.000	\$ 636.724.800	\$ 649.459.296
<b>Nómina</b>	\$ 79.200.000	\$ 83.160.000	\$ 87.318.000	\$ 91.683.900	\$ 96.268.095
<b>Total, gastos administrativos</b>	\$ 695.160.000	\$ 711.558.000	\$ 728.408.700	\$ 745.727.391	\$ 795.160.000

*Nota.* Se calcularon los costos de nómina y arriendo que se tienen proyectados.

Se utilizó un impuesto a la renta del 35% establecido en Colombia para 2022 [59] para las características de la empresa y se calculó el flujo de efectivo para cada año como se aprecia en la tabla 10.

**Tabla 11.***Flujo de efectivo proyectado para 5 años.*

Concepto	0	1	2	3	4	5
(+) Ingresos	\$ 41.883.333.33 3	\$ 45.301.013.33 3	\$ 48.997.576.02 1	\$ 52.995.778.22 5	\$ 57.320.233.72 8	
(-) Costos de produccion	\$ 209.624.000	\$ 218.010.000	\$ 226.729.000	\$ 235.799.000	\$ 245.231.000	
(-) Gastos de Administracion	\$ 695.160.000	\$ 711.558.000	\$ 728.408.700	\$ 745.727.391	\$ 695.160.000	
(-) Depreciacion de A. fijos y amort.A diferidos	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	
Utilidad antes de impuestos	\$ 1.297.069.093. 337	\$ 1.508.396.455. 337	\$ 1.740.476.155. 037	\$ 1.994.867.120. 762	\$ 2.279.702.611. 658	
Impuestos(35%)	\$ 453.974.182.6 68	\$ 527.938.759.3 68	\$ 609.166.654.2 63	\$ 698.203.492.2 67	\$ 797.895.914.0 80	
Utilidad despues de impuestos	\$ 843.094.910.6 69	\$ 980.457.695.9 69	\$ 1.131.309.500. 774	\$ 1.296.663.628. 495	\$ 1.481.806.697. 578	
(/) Depreciacion de A. fijos y amort.A diferidos	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	\$ 29.746.663	
Activos Fijos	\$ 892.399.9 00					
Flujo neto de efectivo	-\$ 892.399.9 00	\$ 843.124.657.3 32	\$ 980.487.442.6 32	\$ 1.131.339.247. 437	\$ 1.296.693.375. 158	\$ 1.481.836.444. 241

**Nota.** La tabla 10 representa el flujo de efectivo que permitió ver el comportamiento dentro de 5 años.

Luego de calcular el flujo neto de efectivo, se calculó el valor presente neto(VPN) con el objetivo de conocer si el proyecto realizado es rentable como se muestra en la ecuación 6; para esto se utilizó la tasa mínima de rentabilidad requerida (TMRR) como el costo de oportunidad puesto que de esta manera el proyecto se evaluará de manera congruente con las finanzas, para el 2022 la tasa de rentabilidad está en el 9% en Colombia [60].

$$VPN = -\$ 892.399.900 + \frac{\$ 843.124.657.332}{(1 + 0.9)^1} + \frac{\$ 980.487.442.632}{(1 + 0.9)^2} + \frac{\$ 1.131.339.247.437}{(1 + 0.9)^3} + \frac{\$ 1.296.693.375.15}{(1 + 0.9)^4} + \frac{\$ 1.481.836.444.241}{(1 + 0.9)^5}$$

*Ecu. 6*

$$VPN = \$ 1.038.748.452.752,48$$

De lo anterior se concluyó que, el proyecto es viable porque el VPN es mayor a cero (\$ 1.038.748.452.752,48).

Luego se verifico la rentabilidad sobre las inversiones y la capacidad de la empresa para generar beneficios para sus accionistas teniendo como base de medición de los indicadores ROE (Rentabilidad financiera) y ROA (Rentabilidad sobre los activos) como se aprecia en la ecuación 7 y 8 teniendo en cuenta los activos, pasivos, patrimonio y utilidad neta presentado en la tabla 11.

**Tabla 12.**

*Activos, pasivos, patrimonio y utilidad neta.*

<b>ACTIVOS</b>	<b>PASIVOS</b>	<b>UTILIDAD NETA</b>
\$ 369.900	0	\$ 843.094.910.669
\$ 1.030.000	<b>PATRIMONIO</b>	
\$ 891.000.000	\$ 892.399.900	

*Nota.* La tabla 11 representa los activos, pasivos, patrimonio y utilidad neta para hallar los índices ROE y ROA

- ROE

$$ROE = \frac{UTILIDAD NETA}{CAPITAL TOTAL}$$

$$ROE = \frac{\$ 843.094.910.669}{\$ 892.399.900}$$

$$ROE = 94475,01\%$$

- ROA

$$ROA = \frac{UTILIDAD NETA}{ACTIVOS TOTAL}$$

$$ROA = \frac{\$ 843.094.910.669}{\$ 892.399.900}$$

$$ROA = 94475,01\%$$

Para concluir el análisis financiero se evidencio una rentabilidad alta que es superior a la tasa mínima de rentabilidad requerida lo que hace a este proyecto atractivo para los inversionistas y/o accionistas al retornar su capital invertido en el menor tiempo posible

## 5. CONCLUSIONES

Se determinó un proceso de producción de cultivo de café en la Finca Leticia en el municipio de Villarrica Tolima, teniendo en cuenta todos los parámetros de calidad como la fertilidad del suelo para la selección de un buen lote con la medición del pH y recolección de información de los nutrientes de este suelo, en busca de recolectar información de un buen grano de café y así tener la posibilidad de obtener una excelente materia prima para el proyecto.

Para la fabricación de papel a base de pulpa de café del municipio de Villarrica Tolima se revisó la metodología de producción de papel en la industria y con base a este y a las características y etapas de la misma, se diseñó una metodología nueva de fabricación agregando como materia prima principal la pulpa de café de la finca Leticia, con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la tala de árboles para dicha fabricación, además se consideró no agregar blanqueadores fuertes como el ácido peracético que contaminan las fuentes hídricas y a cambio se usó un 10% de peróxido de hidrogeno para la eliminación completa de lignina en la pasta.

El resultado final esperado es una hoja de papel con un grosor de 1mm siendo cercano al papel kraft, tiene una textura suave, de fácil manejo para realizar trazos con marcadores, esferos y resaltadores, también es resistente a la humedad de la pintura y se mantiene el color de este, todo esto debido a el 43% de celulosa presente en la pulpa de café dándole resistencia a el papel fabricado.

Según el flujo de efectivo para los primeros 5 años del análisis financiero realizado y teniendo en cuenta una producción máxima de la máquina de fourdrinier en 600 toneladas de papel diarias junto con un escenario optimista en ventas se espera recuperar la inversión inicial en equipos en el segundo año generando ganancias de \$182.271.970.000 pesos colombianos, asimismo se evidencia un resultado positivo en el segundo año de producción.

Por último, se estableció que la propuesta de fabricación de papel a base de pulpa de café será rentable, según el análisis financiero de costo- beneficio se espera un margen bruto de 40% aproximado lo que conlleva a que durante los primeros 5 años se evidencien ganancias tangibles y así retornar el capital invertido en el menor tiempo posible.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Cenicafe, "Avances técnicos cenicafe". digital repository of the national coffee research centre - cenicafe: home. colombia, 2021. [pdf]. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/351/1/avt0393.pdf> (accedido el 4 de octubre de 2022).
- [2] C. Patricia Flórez, C. Ernesto Maldonado, H. Cortina, M. P. Moncada, E. C. Montoya, L. N. Ibarra, C. A. Unigarro, J. R. Rendón, H. Duque, "Cenicafé 1 Nueva variedad de porte bajo, altamente productiva, resistente a la roya y al CBD, con mayor calidad física del grano", Manizales, Caldas, Colombia, julio, 2016. [PDF]. Disponible: <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0469.pdf> (accedido el 17 de mayo 2022).
- [3] Un cafecito que me voy (2021). "Residuos y Subproductos del Café: Descubre qué hacen con estos". Un Cafecito que me voy. <https://uncafecitoquemevoy.com/descubre-que-hacen-con-los-residuos-y-subproductos-del-cafe/> (accedido el 22 de abril de 2022).
- [4] Appa Renovables. 2022. "¿Qué es la biomasa?" - Appa Renovables . [en línea] Disponible en: <<https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>> (accedido el 30 de marzo de 2022).
- [5] L. Guerrero. "Tipos y características energéticas de la biomasa". 2019. aboutespanol. <https://www.aboutespanol.com/caracteristicas-de-la-biomasa-3417679> (accedido el 4 de octubre de 2022).
- [6] Escalante Hernández, H., Orduz Prada, J. y Zapata Lesmes, H., 2010. "Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia". Bucaramanga (Colombia): Universidad Industrial de Santander Upme Ideam Colciencias. (Accedido el 30 de marzo de 2022).
- [7] Twenergy. 2019. La biomasa en Colombia y sus aplicaciones energéticas. [en línea] Disponible en: <<https://twenergy.com/energia/biomasa/biomasa-en-colombia/>> (Accedido el 30 de marzo de 2022).
- [8] B. Vega de El Sol de México 2020. "Granos de café y sus características". El Sol de Hermosillo, | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Sonora y el Mundo. <https://www.elsoldehermosillo.com.mx/incoming/granos-de-cafe-y-sus-caracteristicas-tipos-de-cafe-5802884.html> (Accedido el 30 de marzo de 2022).

- [9] J. Arcila Pulgarin, “*Crecimiento y desarrollo de la planta de café*” Cenicafe, [PDF] Disponible: <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf> (Accedido el 03 de octubre de,2022)
- [10] A. Jaramillo R, “*Características climáticas de la zona cafetera*”, [PDF]. Disponible:<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/717/2/2%20Caracter%20C3%ADsticas%20clim%20C3%A1ticas%20zona%20cafetera.pdf>. Acceso: Abril,10,2022
- [11] Federación Nacional de Cafeteros, “*Construyendo el modelo para la gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana*”, Chinchiná, Colombia, abril, 2011. [PDF]. Disponible:[https://www.cenicafe.org/es/documents/PROPUESTA\\_\\_P\\_A\\_CENICAFE\\_AB\\_RIL13.pdf](https://www.cenicafe.org/es/documents/PROPUESTA__P_A_CENICAFE_AB_RIL13.pdf). Acceso: Abril,20,2022
- [12] Federación Nacional de Cafeteros Tolima. (2022). "*Café del Tolima*". Federación Nacional de Cafeteros Tolima. <https://tolima.federaciondecafeteros.org/cafe-de-tolima/> (accedido el 22 de abril de 2022)
- [13] A. Jaramillo Robledo (2016) “*Épocas recomendadas para la siembra del café en Colombia*”. Federación Nacional de Cafeteros. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/703/1/avt0465.pdf> (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [14] P. Uribe Mejia, “*Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia*”, Chinchiná, Caldas, Colombia, noviembre, 2008. [PDF]. Disponible: <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot032.pdf>. Acceso: Mayo,20,2022.
- [15]G. Catalán Salas. (2016) "*El pH del suelo en la agricultura- Agropal*". Agropal. [http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/#:~:text=En%20general,%20el%20pH%20óptimo,\(Figuras%201%20y%202\).](http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/#:~:text=En%20general,%20el%20pH%20óptimo,(Figuras%201%20y%202).) (accedido el 20 de mayo de 2022).

- [16] Cenicafe, "Avances técnicos cenicafe". digital repository of the national coffee research centre - cenicafe: home. colombia, 2021. [pdf]. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/650/1/avt0068.pdf> (accedido el 4 de octubre de 2022).
- [17] M. Pilar Cerquera, "Evaluación de las diferentes estrategias de aprovechamiento de la pulpa de café en la finca la lindosa, palermo, huila, colombia". Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América: Home. Colombia, 2022. [PDF]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8898/4/555980-2022-I-GA.pdf> (accedido el 4 de octubre de 2022).
- [18] B. S. Ortiz, P. Yate (2020), "Desarrollo de un producto derivado de la pulpa de café, obtenida de la finca cafetera "Las Violetas" de la vereda La Uribe - Villahermosa, Tolima" Universidad de la Salle, [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1137&context=ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1137&context=ing_industrial) (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [19] Química, "Celulosa". quimica.es – el portal informativo químico, desde el laboratorio hasta los procesos. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Celulosa.html#:~:text=La%20celulosa%20es%20un%20polisacárido,de%20unidades%20de%20β-glucosa..> (accedido el 11 de junio de 2022).
- [20] A. Sanz Tejedor. "Química Orgánica Industrial". Escuela de Ingenierías Industriales - UVA. <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php#:~:text=Por%20tradición%20el%20contenido%20se,ácidos%20resinosos%20y%20ácidos%20grasos.> (accedido el 13 de junio de 2022).
- [21] <file:///C:/Users/USER/Downloads/ojsadministrador,+033.pdf> (accedido el 26)
- [22] Química Orgánica Industrial. "Tecnología de la celulosa. La industria papelera", Escuela de Ingenierías Industriales . <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>(accedido el 13 de junio de 2022).

- [23] N. Aguilar-Rivera, E. Houbbron, E. Rustrian, A. Reyes, “*Papel amate de pulpa de café (coffea arabica) (residuo de beneficio húmedo)*”. (2014). [PDF]. Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46131111008.pdf> (accedido el 13 de junio de 2022).
- [24] S, C, “*La cascarilla de café como materia prima para elaborar papel.*”, México. [PDF]. Disponible:[https://feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria18/CT\\_L\\_IE%20La\\_cascarilla\\_de\\_cafe\\_como\\_mater.pdf](https://feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria18/CT_L_IE%20La_cascarilla_de_cafe_como_mater.pdf). Acceso: Abril,22,2022
- [25] A. Parkea (2011)“*Tipos de papel, principales tipos de papel y sus propiedades y utilidades*”<https://www.usandizaga.com/design/tipos-de-papel/>(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [26] A. Parkea (2011)“*Tipos de papel, principales tipos de papel y sus propiedades y utilidades*”<https://www.usandizaga.com/design/tipos-de-papel/>(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [27]P. N. Roldán. (2017) “*Análisis Financiero*”. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/analisis-financiero.html> (accedido el 18 de junio de 2022).
- [28] C. MacNeil.(2022) “*Análisis de costo-beneficio: 5 pasos para tomar mejores decisiones • Asana*”. Asana. <https://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis> (accedido el 18 de junio de 2022).
- [29] Hernao, L, Rojas, I y Giraldo, G. (2011). “*Cuantificación de celulosa proveniente de residuos de la industria del mueble*”. (Report).
- [30] G. Catalán Salas. (2016) “*El pH del suelo en la agricultura- Agropal*”. Agropal. [http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/#:~:text=En%20general,%20el%20pH%20óptimo,\(Figuras%201%20y%202\).](http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/#:~:text=En%20general,%20el%20pH%20óptimo,(Figuras%201%20y%202).) (accedido el 20 de mayo de 2022).
- [31] Coffe Media. “*El Suelo Óptimo para el cultivo de café*”. Coffee Media. <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/08/31/el-suelo-optimo-para-el-cultivo-de-cafe/> (accedido el 18 de junio de 2022).

- [32] V. C. Díaz, “*Enmiendas para café: ajuste correctamente la acidez del suelo*”, Colombia, junio, 8, 2020. [PDF]. Disponible: [https://www.cenicafe.org/es/documents/PR\\_Enmiendas.pdf](https://www.cenicafe.org/es/documents/PR_Enmiendas.pdf) Acceso: Junio,20,2022
- [33] Intagri S.C. “*La Gallinaza Como Fertilizante*”. Cursos Agrícolas - Artículos de agronomía. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinazacomofertilizante#:~:text=La%20gallinaza%20es%20un%20excelente,fertilidad%20y%20calidad%20del%20suelo>. Acceso: Junio,20,2022
- [34] Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón ANDI, “*Informe estadístico histórico total año*”, Colombia, 2021. [PDF]. Disponible: <https://www.andi.com.co//Uploads/Informe%20estadistico%202020.pdf> Acceso: Julio,20,2022
- [35] A. Jaramillo Robledo (2016) “*Épocas recomendadas para la siembra del café en Colombia*”. Federación Nacional de Cafeteros. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/703/1/avt0465.pdf> (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [36] Bancolombia. (2018) “*Guía para cultivar café en Colombia*”. Bancolombia. <https://www.bancolombia.com/negocios/actualizate/sostenibilidad/guia-cultivo-cafe-colombia#:~:text=Floración:%20crecimiento%20de%20las%20flores,6%20u%208%20meses%20madura> (accedido el 21 de junio de 2022).
- [37] J. M. Gomez Mora (2019) “*Modelación del procesamiento agroindustrial del café desde la fruta hasta el café oro*” Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/8741/1/44345.pdf> (accedido el 03 de octubre de 2022).

- [38] L. A. Cabrera Molina, “*Determinar el porcentaje adecuado de cascara de café para el correcto desarrollo y ciclo productivo del cultivo de la zanahoria, en la finca la estrella en el municipio de Oporapa Huila*”. (2018). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD -. [https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25496/%20lcabreram.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20la%20agroindustria%20cafetera,%20de,%20mucílago%20\(16%\).](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25496/%20lcabreram.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20la%20agroindustria%20cafetera,%20de,%20mucílago%20(16%).) (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [39] A. Noriega Salazar, R. Silva Acuña, M. García de Salcedo, “*Composicion quimica de la pulpa de cafe a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentacion animal*”, [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692009000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200004) (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [40] P. Murthy y M. Madhava “*Sustainable management of coffee industry by-products and value addition a review*” Journal Elsevier, 2012(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [41] G. Corro, L. Paniagua, U. Pal, F. Bañuelos y M. Rosas “*Generation of biogas from coffeepulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions*” Journal Elsevier, Energy Conversion and Management, Volume 74, p.p. 47-48, October 2013 DOI:10.1016/j.enconman.2013.07.017 (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [42] T. Widjaja, T. Iswantoa, A. Altwaya, M. Shovitrib y S. Rachmania “*Methane Production from Coffee Pulp by Microorganism of Rumen Fluid and Cow Dung in Co-digestion*” Chemical engineering transactions, Vol 56, 2017 DOI: 10.3303/CET1756245(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [43] N. Fierro, A. Contreras, O. González, E. Rosas y V. Morales. (2018, abril) “*Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (Coffea arábica L.)*” Revista agroproductividad, Vol. 11, Núm. 4, p.p. 9-13. (accedido el 03 de octubre de 2022).

- [44] R. Hendroko et al. “*Characterisation of Arabica Coffee Pulp - Hay from Kintamani - Bali as Prospective Biogas Feedstocks*” MATEC Web of Conferences, Vol 164, Abril, 2018 DOI: 10.1051/mateconf/201816401039(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [45] R. Rodríguez, J. Laencina y J. García “*Evaluation of coffee pulp as substrate for polygalacturonase production in solid state fermentation*” Emirates Journal of Food and Agriculture, Vol 32, No 2, p.p. 117-124, Enero, 2020 DOI: 10.1051/mateconf/201816401039(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [46] M. A. Acevedo Gutierrez, I. Peñaloza Quintero, “*Evaluación de la extracción de azúcares presentes en la pulpa de café residual para la obtención de bioproductos*”, (2021). Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América, Disponible: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8302/1/6152663-2021-1-IQ.pdf>(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [47] Condair, “*Humidificación y control de humedad para la industria de papel y pulpa de papel*” Especialistas en humidificación y deshumidificación industrial , Condair Colombia. <https://www.condair.co/humidificacion-humedad-papel-pulpa>(accedido el 03 de octubre de 2022).
- [48] Vaisala, “*Proceso de encolado del papel.*”Vaisala. [https://www.vaisala.com/es/industries-applications/pulp-paper-and-wood/paper-sizingprocess#:~:text=El%20encolado%20se%20utiliza%20en,\)%20y%20carboximetilcelulosa%20\(CMC\).](https://www.vaisala.com/es/industries-applications/pulp-paper-and-wood/paper-sizingprocess#:~:text=El%20encolado%20se%20utiliza%20en,)%20y%20carboximetilcelulosa%20(CMC).) (accedido el 03 de octubre de 2022).
- [49]E. M. Martin. (2010)“*Qué es un análisis organoléptico*”. Consumoteca. <https://www.consumoteca.com/alimentacion/analisis-organoleptico/> (accedido el 30 de julio de 2022).

- [50] Nutrinews. (2020). “*Pulpa de café en la alimentación de los animales* “. <https://nutrinews.com/pulpa-de-cafe-en-la-alimentacion-de-los-animalescafe/#:~:text=El%20ensilado%20permite%20conservar%20la,y%20los%20derivados%20de%20taninos>. (Accedido el 03 de octubre de 2022).
- [51] Papper Machine, “*jdb 电子平台官网-jdb 电子官方app*”. Papper Machine producción line. [https://www.d-papermachine.com/paper\\_machine\\_production\\_line/243.html](https://www.d-papermachine.com/paper_machine_production_line/243.html) (accedido el 30 de junio de 2022).
- [52] Dingchenmachinery. (2020)“*La pulpa de madera la línea de producción de papel de impresión*”. Made-in-China.com. [https://es.made-in-china.com/co\\_dingchenmachinery/product\\_Wood-Pulp-Printing-Paper-Production-Line\\_eungeohgg.html](https://es.made-in-china.com/co_dingchenmachinery/product_Wood-Pulp-Printing-Paper-Production-Line_eungeohgg.html) (accedido el 04 de julio de 2022).
- [53] Mercado Libre. (2022)“*Combo Escritorio + Silla Escritorio Pc Oficina Brazos Gris*”. Mercado Libre. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-613882059-combo-escritorio-silla-escritorio-pc-oficina-brazos-gris-\\_JM?searchVariation=80021091901#searchVariation=80021091901&position=12&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=acf049a2-983b-48af-83f9-e7d466ff265c](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-613882059-combo-escritorio-silla-escritorio-pc-oficina-brazos-gris-_JM?searchVariation=80021091901#searchVariation=80021091901&position=12&search_layout=stack&type=item&tracking_id=acf049a2-983b-48af-83f9-e7d466ff265c) (accedido el 22 de junio de 2022).
- [54] A. Leal. (2018)“*Papel y cartón, un negocio que no muere*”. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/papel-y-carton-un-negocio-que-no-muere-524269> (accedido el 04 de julio de 2022).
- [55] Alibaba. (2014) “*Capacidad 5-150 Toneladas Por Día Fourdrinier Y Multi-secador De A4, Papel De Escribir,Papel De Línea De Producción De Máquina De Fabricación De Papel Reciclado - Buy Office A4 Copy Paper Making Machine,A4 Paper Making Machine,White*”

*Paper Making Machine For Market Using Product on Alibaba.com*". Alibaba - la plataforma de comercio entre empresas en línea más grande del mundo. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Capacity-5-150-ton-per-day-60591600301.html> (accedido el 06 de julio de 2022).

[56] Shopee. (2022) "*Bolsas de Plastico Transparentes*". Shopee. [https://shopee.com.co/100Pcs-8Sizes-Transparente-Colgante-Autoadhesivo-Opp-Bolsas-De-Plástico-Bolsa-De-Sobre-Para-Joyería-Boda-Fiesta-Cuentas-Embalaje-i.471806048.9872546718?sp\\_atk=7ef086e9-a24c-4bf1-b2b7-374aedda2b05&xptdk=7ef086e9-a24c-4bf1-b2b7-374aedda2b05](https://shopee.com.co/100Pcs-8Sizes-Transparente-Colgante-Autoadhesivo-Opp-Bolsas-De-Plástico-Bolsa-De-Sobre-Para-Joyería-Boda-Fiesta-Cuentas-Embalaje-i.471806048.9872546718?sp_atk=7ef086e9-a24c-4bf1-b2b7-374aedda2b05&xptdk=7ef086e9-a24c-4bf1-b2b7-374aedda2b05) (accedido el 18 de julio de 2022).

[57] Pakot S.A. "*Papel Kraft por mayor - Venta Online - Envío 48/72hs*", Pakot S.A, <https://www.pakot.com/papel-kraft-por-mayor-mayoristas/>(accedido el 03 de agosto de 2022).

[58] El tiempo. (2022) "*Este será el incremento de los arriendos de vivienda en Colombia en el 2022*". El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/finanzas-personales/los-incrementos-de-los-arriendos-en-colombia-en-el-2022-de-cuanto-es-643525> (accedido el 22 de julio de 2022).

[59] Gerencie (2022) "*Tarifas del impuesto de renta*". Gerencie.com. Gerencie sus asuntos y negocios. <https://www.gerencie.com/tarifas-del-impuesto-de-renta.html> (accedido el 23 de julio de 2022).

[60] C. Salazar Sierra.(2022) "*¿Cuál es la rentabilidad mínima que debe buscar para cubrirse del alza de la inflación?*" Diario La República. <https://www.larepublica.co/finanzas/cual-es-la-rentabilidad-minima-que-debe-buscar-para-cubrirse-del-alza-de-la-inflacion-3345493> (accedido el 23 de julio de 2022).

[61] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2006) "*Proceso Kraft*". Wikipedia, la enciclopedia

libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso\\_Kraft#:~:text=El%20proceso%20Kraft,%20tambi%C3%A9n%20conocido,que%20significa%20\"fuerza\"](https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Kraft#:~:text=El%20proceso%20Kraft,%20tambi%C3%A9n%20conocido,que%20significa%20\). (accedido el 20 de agosto de 2022).

[62] Eprints, “*Tratamiento de lejías negras del proceso Kraft : precipitación, separación y oxidación de los sólidos - E-Prints Complutense.*” Archivo Institucional E-Prints Complutense - E-Prints Complutense. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/2130/#:~:text=Resumen,un%20precipitado%20f%C3%A1cil%20de%20filtrar>. (accedido el 20 de agosto de 2022).

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.**  
**ORDEN DE COMPRA DE LA SODA CÁUSTICA DISAN COLOMBIA S.A.**

	<b>GESTIÓN DE COMPRAS Y ALMACÉN</b>	<b>CAFT-003</b>
	<b>ORDEN DE COMPRA</b>	VERSIÓN 3 25-SEP/2014

<b>Laboratorios S.A.S.</b> NIT: 830.125.578-3 Carrera 68 H # 73 A - 45 PBX: 231 6541	<b>Proveedor:</b> DISAN COLOMBIA S.A. <b>NIT:</b> 860048867-6 <b>Dirección:</b> AUTOPISTA MEDELLIN KM 1.6 COSTA <b>Teléfono:</b> 5877788 <b>Contacto:</b> ZULY HENAO	<b>Número de Orden:</b> <b>6273</b> <b>Fecha de la orden:</b> 06-jun-2022 <b>Lugar de la entrega:</b> Carrera 68 H # 73 A - 45 <b>Fecha de entrega:</b> 06-jun-2022 <b>Forma de pago:</b> 60 DIAS
---	--	---

CODIGO	DESCRIPTION	CANT.	UND. MEDIDA	VL. UNITARIO	% IVA	VL. TOTAL	F.ENTREGA
100000012	ACIDO SULFONICO LINEAL (96%) DAUX ADBS BR	430	kg	\$9.100	19%	\$3.913.000	06/06/2022
100000103	SODA CAUSTICA	100	kg	\$5.700	19%	\$570.000	06/06/2022
100000107	DOWANQL PPH	40	kg	\$33.100	19%	\$1.324.000	06/06/2022

**ANEXO 2.**  
**ORDEN DE COMPRA DEL PERÓXIDO DE HIDROGENO SESAN S.A.S.**

LABORATORIOS  <b>Briller</b> S.A.S	<b>GESTIÓN DE COMPRAS Y ALMACÉN</b>	<b>CAFT-003</b>					
<b>ORDEN DE COMPRA</b>		VERSIÓN 3 25-SEP/2014					
<b>Laboratorios S.A.S.</b> NIT: 830.125.578-3 Carrera 68 H # 73 A - 45 PBX: 231 6541	<b>Proveedor:</b> SESAN LTDA <b>NIT:</b> 830127739-1 <b>Dirección:</b> CRA 68 F 71 42 <b>Teléfono:</b> 2316794 <b>Contacto:</b> SEBASTIAN GUTIERREZ	<b>Número de Orden:</b> <b>6262</b> <b>Fecha de la orden:</b> 27-may-2022 <b>Lugar de la entrega:</b> Carrera 68 H # 73 A - 45 <b>Fecha de entrega:</b> 27-may-2022 <b>Forma de pago:</b> 60 DIAS					
CODIGO	DESCRIPTION	CANT.	UND. MEDIDA	VL. UNITARIO	% IVA	VL. TOTAL	F.ENTR
100000087	PEROXIDO DE HIDROGENO	2016	kg	\$4.800	19%	\$9.676.800	27/05/2022

### ANEXO 3.

## PRECIO MERCADO LIBRE DE ESCRITORIO Y SILLA PARA OFICINA.

The image shows a screenshot of a Mercado Libre product listing. The page features a yellow header with the Mercado Libre logo, a search bar, and navigation links. The product is titled "Combo Escritorio + Silla Escritorio Pc Oficina Brazos Gris" and is priced at \$369.900. The listing includes a main image of the desk and chair, a vertical gallery of smaller images on the left, and a detailed product information panel on the right. The panel displays the price, shipping options, and payment methods.

**mercado libre** Buscar productos, marcas y más... Disney+ STAR+ Desde \$20.990 ¡Suscríbete a nivel 6

Ingresar tu ubicación Categorías Ofertas Historial Supermercado Moda Vender Ayuda / PQR Crea tu cuenta Ingresar Mis compras

Volver al listado Industrias y Oficinas > Equipamiento para Oficinas > Mesas, Sillas y Escritorios > Mesas para Computadores Compartir Vender uno igu

Nuevo | 195 vendidos

**Combo Escritorio + Silla Es-  
critorio Pc Oficina Brazos  
Gris**

★★★★★ 91 opiniones

**\$ 369.900**

Hasta 48 cuotas

**VISA** **Mastercard**

Más información

**Envío gratis a nivel nacional**  
Conoce los tiempos y las formas de envío.  
[Calcular cuándo llega](#)

**Devolución gratis**  
Tienes 30 días desde que lo recibes.  
[Conocer más](#)

Color: **Gris**

## ANEXO 4. PRECIO MERCADO LIBRE DE COMPUTADOR PARA OFICINA.

The image shows a screenshot of a Mercado Libre product listing for a Lenovo All-in-One computer. The page features a yellow header with the Mercado Libre logo, a search bar, and navigation links. The product is displayed with a large image of the computer, a keyboard, and a mouse. To the right of the image, the product details are listed, including the price, discount, and shipping information.

**mercado libre** Buscar productos, marcas y más... Disney+ STAR+ Desde \$20.990 ¡Suscríbete a nivel 6!

Ingresar tu ubicación Categorías Ofertas Historial Supermercado Moda Vender Ayuda / PQR Crea tu cuenta Ingresar Mis compras

También puede interesarte: lenovo 520 22iku - lenovo todo uno - todo en uno - ingresar a mi cuenta - computador all in one - mofli candy

Volver al listado | [Computación](#) > [PC de Escritorio](#) > [All In One](#) Compartir | [Vender uno igual](#)

**Todo En Uno Aio Lenovo V130-20igm Celeron 4gb 1tb 19.5 Dvd**

Nuevo | 81 vendidos

★★★★★ 21 opiniones

~~\$1.189.000~~  
**\$1.030.000** 13% OFF

Hasta 48 cuotas  
**VISA** **MERCADOPAGO**  
[Más información](#)

**Envío gratis a nivel nacional**  
Conoce los tiempos y las formas de envío.  
[Calcular cuándo llega](#)

Color: Negro

**¡Última disponible!**

## **ANEXO 5.**

### **RECOMENDACIONES**

En el proceso de fabricación de la pasta es recomendable tener presente los riesgos del uso de soda cáustica y el peróxido de hidrogeno usando el SGA (Sistema Globalmente Armonizado) y las fichas de seguridad dadas por los proveedores para evitar cualquier accidente o quemadura si el proyecto se desea realizar en el municipio de Villarrica Tolima o en otro lugar fuente de cascarilla de café.

Es recomendable la caracterización de la celulosa después de haber fabricado el papel para conocer qui porcentaje tiene y tener mayor conocimiento de la calidad de este.

Es recomendable evaluar otros procesos de obtención y elaboración de la pasta diferentes a la hidrolisis alcalina ya que pueden obtener mejores resultados en la obtención de la celulosa como el proceso de Kraft que es cercano al hidrolisis alcalina, pero se adiciona sulfato de sodio para extraer por completo la lignina presente en las fibras de la cascarilla [61].

Se recomienda realizar la fabricación de dicho papel para otros usos como el papel de oficina o papel bond donde se realiza una configuración especial para cada uno, es decir, se le agregan diversos compuestos químicos o solventes como carbonatos y silicatos que le dan la textura deseada y así el tipo de papel o también agregar más capas de pasta una encima de la otra y si obtener cartón grueso.

El proceso que se determinó en esta investigación es favorable llevarlo en escala industrial.