



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA:  
PROYECTOS NUEVOS**

**TEMA:**

**“APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y  
ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL  
SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS  
DE PAPEL.”**

**AUTOR:  
SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO:**

**Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO**

**GUAYAQUIL, MARZO 2023**

**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO:	“APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL.”		
AUTOR (apellidos y nombres):	SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO		
TUTOR y REVISOR (apellidos y nombres):	Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	INGENIERO INDUSTRIAL		
GRADO OBTENIDO:	3er Nivel		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	MARZO 2023	No. DE PÁGINAS:	80
ÁREAS TEMÁTICAS:	PROYECTO NUEVOS		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Carbono neutro, compensación ambiental, subsector C.I.I.U C17/ Neutral carbon, environmental compensation, subsector C.I.I.U C17.		
<p><b>RESUMEN:</b> El presente proyecto tiene como objetivo elaborar un estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17 creando responsabilidad social y ambiental. Esto debido a la falta de información que repercute en que las industrias continúen contaminando el medio ambiente, especialmente por las emisiones de dióxido de carbono. Se estableció la caracterización de los desechos, y la estimación de la huella de carbono en las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17, donde se pudo conocer que las empresas grandes generan 340,477.02 toneladas de desechos, las pymes 285,832.56 toneladas y las micro 39,231.92 toneladas; dando un total de 665,541.5 de desechos anuales. Por último, se planteó una propuesta de mejora fundamentada en la información recopilada, iniciando con el trata tratamiento de agua residuales y lodos a través de la coagulación y floculación; sumado al recurso tecnológico que puede fabricar pulpa de papel con papel reciclado, aprovechando al máximo la materia prima del papel, así también el uso de la tecnología de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (precombustión, oxicombustión y postcombustión) y las estrategias de reforestación</p>			
ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Mgs. Jimmy Hurtado Paspuel		
	Teléfono: <b>042-658128</b>		
	E-mail: <b>titulacion.ingenieria.industrial@ug.edu.ec</b>		



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

**FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

---

---

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo **SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO** con C.C. No. **0952689289**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

**SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO**

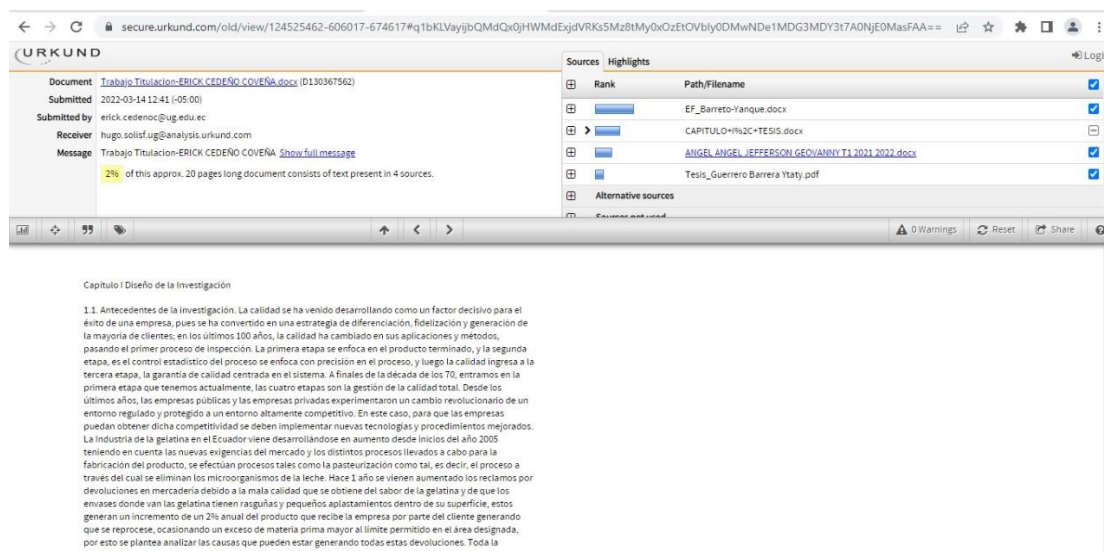
C.C.: 0952689289

## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

**FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Habiendo sido nombrado **Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el **X%** de coincidencia.



<https://secure.ouriginal.com/archive/download/130367562-669089-506455>

**Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO**  
**C.C.: 0902064732**  
**FECHA: 06 MARZO 2023**



## ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**FACULTAD:** INGENIERÍA INDUSTRIAL **CARRERA:** INGENIERÍA INDUSTRIAL

Guayaquil, 06 MARZO 2023

Magister

**Marcos Manuel Santos Méndez**

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

En su despacho. –

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL”** del estudiante **SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

---

**Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO**

**C.C.: 0952689289**

**FECHA: 06 MARZO 2023**



## ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

**FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Guayaquil, 6 de Marzo de 2023

Magister

**Marcos Manuel Santos Méndez**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

En su despacho. –

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación “**APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL.**” del estudiante **SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 23 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

---

**DR. C. JOSÉ ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO**

**C.C.: 0902064732**

**FECHA: 06 MARZO 2023**



## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.



## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, en especial a mi tutor por su valiosa aportación para mi proyecto.



## Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

## Capítulo I

### Diseño de la Investigación

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Antecedentes de la investigación	2
1.2.	Problema de investigación.	3
1.2.1.	Planteamiento del problema.	3
1.2.2.	Formulación del problema de investigación.	5
1.2.3.	Sistematización del problema de investigación.	5
1.3.	Justificación de la investigación.	6
1.4.	Objetivos de la investigación.	7
1.4.1.	Objetivo general.	7
1.4.2.	Objetivos específicos.	7
1.5.	Marco Teórico	8
1.5.1.	Marco Referencial	8
1.5.2.	Marco conceptual	10
1.5.3.	Marco legal.	12
1.6.	Aspectos metodológicos de la investigación.	13
1.6.1.	Tipo de estudio.	14
1.6.2.	Método de investigación.	14
1.6.3.	Fuentes y técnicas para la recolección de información.	14
1.6.4.	Tratamiento de la información.	15
1.6.5.	Resultados e impactos esperados.	15

## Capítulo II

### Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Análisis de la Situación Actual	16
2.1.1.	Información de la empresa escogida	20
2.1.2.	Caracterización de desechos del subsector	22
2.1.3.	Análisis del ciclo de vida del papel	27
2.1.4.	Cálculo de la huella de carbono del subsector	34
2.1.5.	Medidas ambientales de control para empresas del sector	37
2.1.6.	Bonos de compensación por huella de carbono	40
2.1.7.	Convenios ambientales internacionales mandatorios para el subsector.	40
2.1.8.	Matriz Resumen cumplimientos / no cumplimientos	42
2.1.9.	Tecnología disponible para los desechos del subsector.	42
2.1.10.	Costo del procesamiento de desechos	44
2.1.11.	Metas de compensación por medio de bonos de carbono	45

## Capítulo III

### Propuesta, Conclusiones y Recomendaciones

N°	Descripción	Pág.
3.1	Diseño de la propuesta.	46
3.2	Conclusiones.	57
3.3	Recomendaciones.	58
	Bibliografía	60

## Índice de Tablas

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Descripción actividad económica CIIU 4.0 C-17	16
2	Lista de empresas del Subsector manufacturero CIIU C-17 según la región	17
3	Clasificación general de la empresa según su tamaño	18
4	Cantidad de Empresas Zona 8 Guayas	19
5	Cantidad detallada Empresas Zona 8 Guayas	19
6	Tipos de desechos no recuperables de Papelera Nacional S.A	22
7	Cantidad de desechos generados relacionadas con subsector C17 -2020	23
8	Desechos generados en industria que fabrica papel o productos de papel	23
9	Cantidad de empresas que fabrican papel	24
10	Cantidad de empresas que fabrican papel, zona 8	26
11	Resumen total de desechos, zona 8	27
12	Características fisicoquímicas de la madera tratada	27
13	Inventario de datos materiales y energéticos	31
14	Estimación de Huella de Carbono empresas grandes	35
15	Estimación de Huella de Carbono empresas pymes	36
16	Estimación de Huella de Carbono microempresas	36
17	Matriz Resumen	42
18	Costos de la tecnología	44
19	Dosificación de coagulantes y floculantes	48
20	Ficha técnica de tecnología Tiger Depack PPS	51
21	Estrategias de intervención para empresas del subsector	55

## Índice de Figuras

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Árbol del problema	4
2	Árbol de solución	5
3	Total de número de empresas por provincia	17
4	Clasificación general de la empresa según su tamaño	19
5	Clasificación de la empresa según su tamaño zona 8 Guayas	20
6	Proceso de fabricación de papel Kraft Papelera Nacional S.A.	21
7	Proceso de fabricación de empaques de cartón Papelera Nacional S.A.	21
8	Cantidad de empresas que fabrican papel.	24
9	Diagrama límite del sistema del estudio, proceso de fabricación general	29
10	Diagrama de proceso del inventario de ciclo de vida del papel	30
11	Diagrama de proceso del inventario residuos de madera	31
12	Caracterización de los procesos de producción de papel	32
13	Resultados de la normalización	33
14	Proceso huella de carbono	34
15	Esquema del proceso de Hidrólisis térmica	43
16	Esquema del proceso de Biosecado.	43
17	Maquinaria Opti-Sort	44
18	Proceso coagulación- floculación	48
19	Diagrama de flujo de tratamiento de aguas	50
20	Diseño del TIGER DEPACK PPS	52
21	Diseño del proceso de Precombustión	53
21	Diseño del proceso de oxicombustión	54
23	Diseño del proceso de Postcombustión	55
24	Diseño del proceso plantación	57



## ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

### “APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CARBONO NEUTRO Y ESTRATEGIAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL AL SUBSECTOR CIU C17 FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL.”

**Autor:** SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO

**Tutor:** Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO

#### Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo elaborar un estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17 creando responsabilidad social y ambiental. Esto debido a la falta de información que repercute en que las industrias continúen contaminando el medio ambiente, especialmente por las emisiones de dióxido de carbono. Se estableció la caracterización de los desechos, y la estimación de la huella de carbono en las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17, donde se pudo conocer que las empresas grandes generan 340,477.02 toneladas de desechos, las pymes 285,832.56 toneladas y las micro 39,231.92 toneladas; dando un total de 665,541.5 de desechos anuales. Por último, se planteó una propuesta de mejora fundamentada en la información recopilada, iniciando con el trata tratamiento de agua residuales y lodos a través de la coagulación y floculación; sumado al recurso tecnológico que puede fabricar pulpa de papel con papel reciclado, aprovechando al máximo la materia prima del papel, así también el uso de la tecnología de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (precombustión, oxicomustión y postcombustión) y las estrategias de reforestación.

**Palabras Claves:** Carbono neutro, compensación ambiental, subsector C.I.I.U C17.



## ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

**“APPLICATION OF THE CONCEPTS OF CARBON NEUTRAL AND ENVIRONMENTAL OFFSET STRATEGIES TO THE ISIC C17 SUBSECTOR MANUFACTURING OF PAPER AND PAPER PRODUCTS.”**

**Author:** SANCHEZ BOHÓRQUEZ RAMON ARMANDO

**Advisor:** Dr.C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO.

### **Abstract**

The objective of this project is to prepare an informative study based on the concepts of neutral carbon and environmental compensation with application to the manufacturing industries of the C.I.I.U C17 Subsector, creating social and environmental responsibility. This is due to the lack of information that affects the fact that industries continue to pollute the environment, especially due to carbon dioxide emissions. The characterization of the waste was established, and the estimation of the carbon footprint in the main manufacturing companies of the C.I.I.U C17 Subsector, where it was possible to know that large companies generate 340,477.02 tons of waste, SMEs 285,832.56 tons and micro 39,231.92 tons; giving a total of 665,541.5 annual wastes. Finally, an improvement proposal based on the information collected was raised, starting with the treatment of wastewater and sludge through coagulation and flocculation; added to the technological resource that can manufacture paper pulp with recycled paper, making the most of the raw material of the paper, as well as the use of carbon dioxide capture and storage technology and reforestation strategies.

**Keywords:** Neutral carbon, environmental compensation, subsector C.I.I.U C17.

## **Introducción**

Las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel a diferencia de otras industrias manufactureras, consume una gran cantidad de energía y emite contaminantes junto con gases de efecto invernadero. Los desechos generados por estas industrias causan graves daños a la vida acuática, perturban la cadena alimentaria y también causan diversas implicaciones para la salud (Gupta, 2020).

El presente trabajo de investigación esta direccionado al análisis de la caracterización de los desechos propios del subsector CIU C17 fabricación de papel y productos de papel. De igual forma se considerará que la investigación efectuará revisiones literarias y científicas basadas en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental para dichas industrias, además de realizar una estimación de la huella de carbono de acuerdo al tamaño de la empresa, todo aquello con el fin de promover una fabricación amigable con el medio ambiente.

En el capítulo 1, se procede a presentar los antecedentes de investigación donde se hace énfasis al sector manufacturero de fabricación de papel y producto de papel y cómo este puede llegar a generar contaminación, entre otros puntos relevantes; en este capítulo también se menciona la problemática a tratar que gira en torno a los impactos ambientales, así como los objetivos que encaminan el proyecto y la metodología empleada para recopilar la información requerida.

El capítulo 2, se enfoca en la identificación de las principales empresas manufactureras del subsector C.I.I.U C17 fabricación de papel y productos de papel y la estimación de la huella de carbono de acuerdo con el tamaño de la empresa, para conocer el grado de contaminación de dichas industrias.

El capítulo 3, enfatiza el planteamiento de una propuesta de mejora que se fundamente con toda la información recopilada y que a su vez pueda reducir los factores contaminantes; aplicando los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental, en las industrias estudiadas.

# Capítulo I

## Diseño de la Investigación

### 1.1. Antecedentes de la investigación

La industria manufacturera de papel y productos de papel se mantiene liderando una de las principales industrias en todo el mundo; convirtiéndose en gran fuente de trabajo e incidiendo positivamente en la economía de los países. Las empresas de esta industria fabrican papel y productos de papel transformado, incluidos cartón, papeles estucados y bolsas de papel. Las principales empresas incluyen Georgia-Pacific, International Paper, Kimberly-Clark, Neenah Paper y WestRock (todas con sede en los EE. UU.), así como Domtar (Canadá), Oji Holdings (Japón) y Stora Enso (Finlandia) (Jiang, 2020).

Según Statista, la industria produce alrededor de 420 millones de toneladas métricas de productos de papel en todo el mundo cada año. China ha superado a Estados Unidos como el mayor productor de papel del mundo. Otros países clave productores y exportadores de papel incluyen Alemania, Suecia, Finlandia, Italia, Canadá y Francia, según Worlds Top Exports (Shen, 2021).

En Ecuador, las cifras del Banco Central del Ecuador - BCE, indican un crecimiento a través de los años, ubicándose en el puesto 34 de 47 industrias a nivel nacional, con un aporte de \$595,8 millones de dólares en 2020 (0,6% del PIB) y, una tasa promedio de variación interanual de 3,1% entre 2010 y 2020 (FCA, 2020)

Mientras que las repercusiones ambientales que causa esta industria de acuerdo a Bravo (2019) “la producción de papel origina deforestación, uso de enormes cantidades de energía y agua, pero principalmente la contaminación del aire, por las emisiones de CO<sub>2</sub> y problemas con los desechos”.

La contaminación de la fabricación y los desechos tiene un impacto directo y negativo en el medio ambiente. Todo, desde hojas para cuadernos hasta empaques, contribuye al problema. Muchas empresas están atrapadas entre la espada y la pared; están tratando de minimizar su efecto sobre el medio ambiente, al mismo tiempo que brindan la máxima productividad tanto para sus consumidores como para sus empleados (Kempner, 2018).

Con el fin de reducir el impacto ambiental que se produce en la manufactura de papel y productos de papel, el presente trabajo de investigación se centra en elaborar un estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro, compensación ambiental y



economía circular con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17 creando responsabilidad social y ambiental.

Para el presente trabajo investigativo se tomará en consideración tesis antecesoras, direccionadas al estudio del ciclo de vida del producto. De igual forma en la realización del proyecto se procederá a la caracterización de los desechos para el sector manufacturero en estudio con la finalidad de ofrecer alternativas de mejora ambiental.

Finalmente, se procederá a la realización del análisis de estimaciones fundamentada en la huella de carbono, para conocer las repercusiones que ocasiona la fabricación de papel y producto de papel en el subsector C.I.I.U C17.

## **1.2. Problema de investigación.**

La creciente demanda de papel y consumo de papel por parte de las personas promueve el rápido desarrollo de la industria papelera. La manufactura de papel y de productos de papel, producen problemas ambientales desde la obtención de la materia prima hasta el drenaje de desechos, sin embargo el problema que mayormente resalta se localiza en que durante el proceso de fabricación del papel se libera dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y dióxido de carbono al aire, lo que contribuye a la contaminación, como la lluvia ácida y los gases de efecto invernadero (GEI), que son responsables del cambio climático, aspectos de preocupación global.

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

Las industrias destinadas a la fabricación de papel y productos de papel en el Ecuador, se han transformado en un sector muy importante para el desarrollo económico del país, principalmente en aquellos productos de esta índole destinados al empaque y el embalaje; no obstante, las empresas destinadas a la manufactura de estos productos que forman parte del subsector CIU C17 carecen de información basada en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental, lo que ha perjudicado significativamente al medio ambiente.

La falta de información repercute en que las industrias continúen contaminando el medio ambiente, especialmente por las emisiones de dióxido de carbono, producidas durante el proceso de fabricación de papel y productos de papel. Con base en ello se buscará mediante este proyecto, reducir el impacto ambiental y maximizar los beneficios al medio ambiente,

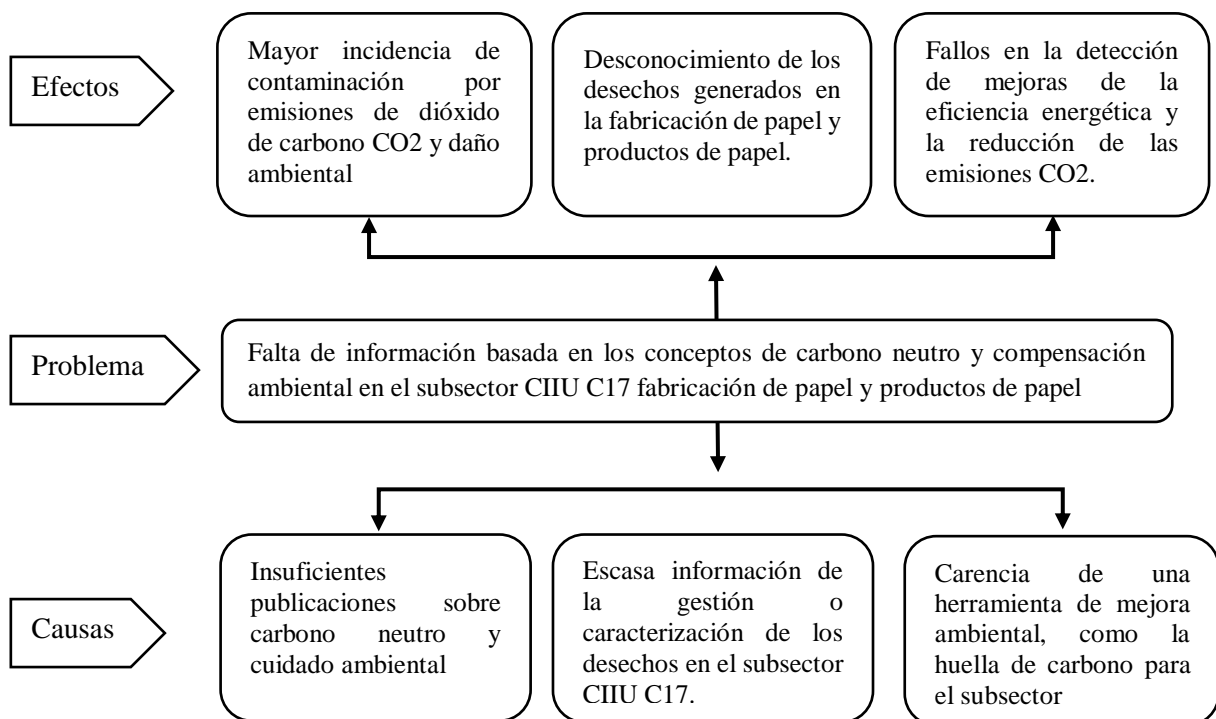
tomando en consideración los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental, aplicables a las distintas empresas que son parte del subsector C.I.I.U C17 en el país.

### Árbol del Problema.

En el siguiente árbol del problema se detallan las posibles causas y efectos que producen la problemática “falta de información basada en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental en el subsector CIU C17 fabricación de papel y productos de papel”. De acuerdo con Buckles (2018) “el análisis del árbol de problemas (también llamado análisis situacional o simplemente análisis de problemas) ayuda a encontrar soluciones al trazar la anatomía de causa y efecto en torno a un problema de manera similar a un mapa mental”.

**Figura 1**

*Árbol del problema*



*Nota.* La figura representa el árbol del problema. Elaborado por el autor

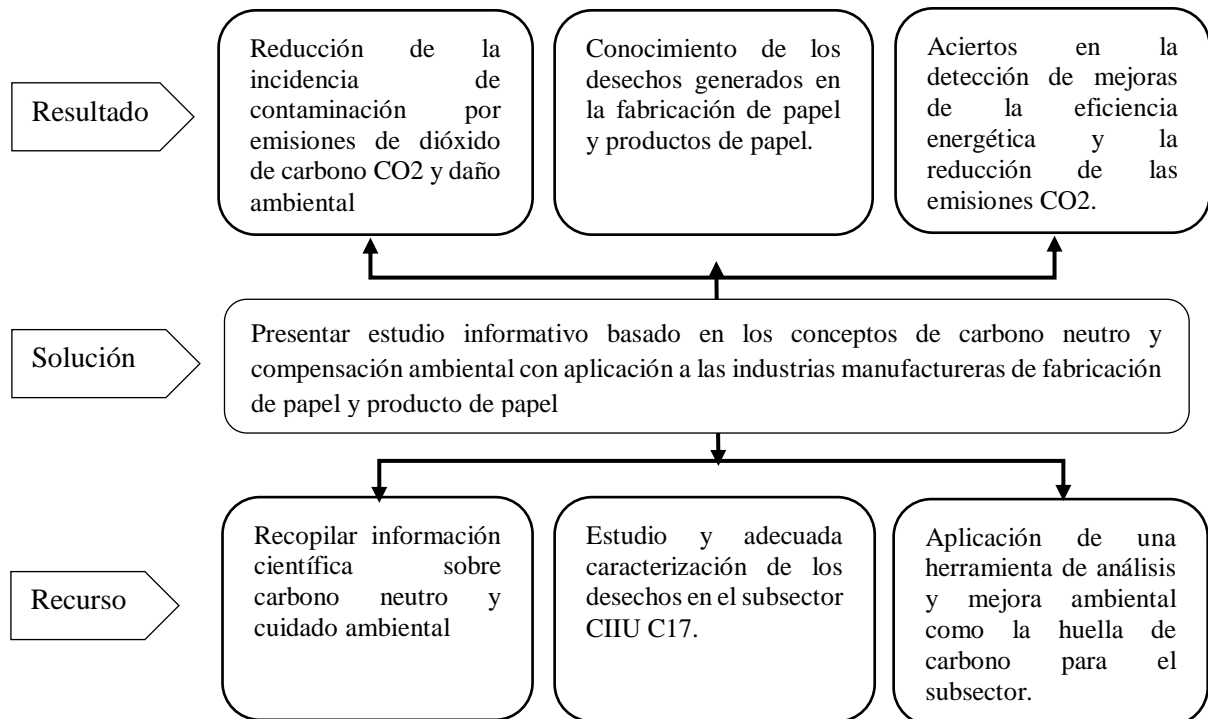
### Árbol de solución

A continuación, se presenta el árbol de solución donde se determinan los recursos a utilizar, así como el posible resultado que beneficie a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del subsector C.I.I.U C17. De acuerdo a Buckles (2018) “un árbol de soluciones identifica las relaciones entre medios y fines en oposición a

las causas y efectos. Esto proporciona una visión general de la gama de proyectos o intervenciones que deben ocurrir para resolver el problema central”.

**Figura 2**

*Árbol de solución*



*Nota.* La figura representa el árbol de solución. Elaborado por el autor

### 1.2.2. Formulación del problema de investigación.

¿De qué forma puede incidir la elaboración de un estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental, además de caracterización de desechos en las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del subsector C.I.I.U C17?

### 1.2.3. Sistematización del problema de investigación.

- ¿La información recopilada desde diferentes fuentes bibliográfica permitirá conocer sobre los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental en la industria manufacturera de fabricación de papel y producto de papel?
- ¿Existen datos sobre la caracterización de los desechos y estimaciones de la huella de carbono en las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17?

- ¿Con el planteamiento de una propuesta de mejora que impulse la aplicabilidad de los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental a las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17, se conseguirá reducir los impactos ambientales del CO<sub>2</sub>?

### **1.3. Justificación de la investigación.**

El presente proyecto investigativo propone la elaboración de una propuesta basada en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17 para crear responsabilidad social y ambiental. De igual forma se considerarán aspectos que derivan del eje principal del proyecto como lo es la caracterización de los desechos, la estimación de la huella de carbono y la presentación de alternativas para el procesamiento de los desechos en las empresas del sector en estudio.

La importancia del presente proyecto radica en encaminar la reducción de las repercusiones ambientales generadas en las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17. Se pretende que las empresas acojan decisiones responsables que reducirán el impacto negativo de su negocio en el medio ambiente. Ser ecológico y ser consciente del medio ambiente es una de las mejores maneras de llevar una empresa a un nuevo nivel.

Las empresas ambientalmente sostenibles también pueden tener una ventaja competitiva. Los consumidores modernos son conscientes de los problemas sociales y ambientales y se mantienen informados sobre qué empresas actúan de manera responsable en la comunidad. Los inversores son igualmente conscientes de estos problemas y se está desarrollando una tendencia hacia la inversión en empresas medioambientalmente sostenibles (Nascar, 2020).

Las investigaciones han demostrado que las empresas con sostenibilidad en su estrategia se desempeñan mejor que aquellas que no la tienen. Pueden aumentar sus ganancias haciendo que la empresa sea más sostenible. Reducir los costos comerciales, estrategias más innovadoras, una reputación mejorada y más clientes nuevos que valoran la sustentabilidad, todo funciona para aumentar las ganancias, y a su vez contribuir con el medio ambiente (Burbano, 2021).

Actualmente, la sustentabilidad ambiental es un tema de actualidad que recibe mucha atención de los medios de comunicación y de diferentes departamentos gubernamentales. Se

espera que las empresas lideren el área de la sostenibilidad ambiental, ya que se las considera las que más contribuyen y también se encuentran en una posición en la que pueden marcar una diferencia significativa. Para muchas personas, especialmente en el mundo empresarial, la sostenibilidad es un tema cada vez más importante (Riveros, 2018).

Hacer que las empresas sean más sostenibles comienza con ser consciente del problema en cuestión y comprender cuán importante es hacer cambios tanto para la empresa como para el planeta. Una empresa con conciencia ambiental considera más que solo las ganancias, considera su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Un negocio sostenible se adhiere a la línea de base triple. Los tres componentes del resultado final triple son las ganancias, las personas y el planeta. Una empresa sostenible obtiene beneficios siendo socialmente responsable y protegiendo el uso de los recursos del planeta (Naranjo Luzuriaga, 2022).

#### **1.4. Objetivos de la investigación.**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Elaborar un estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17 creando responsabilidad social y ambiental.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Realizar una investigación desde diferentes fuentes bibliográfica recopilando información relevante sobre los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental.
- Establecer la caracterización de los desechos y estimar la huella de carbono en la empresa manufacturera escogida para luego desarrollar el cálculo general de las empresas del subsector C.I.I.U C17.
- Plantear una propuesta de mejora fundamentada en la información recopilada impulsando la aplicabilidad de los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental a las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17.

## 1.5. Marco Teórico

### 1.5.1. Marco Referencial

El presente proyecto de investigación toma como referencia tesis similares y antecesoras que contribuyen como base para la realización del presente proyecto, considerando los siguientes temas y presentando sus aspectos más relevantes y resultados obtenidos.

En la investigación realizada por Navarrete Samantha, con el tema: “Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, C.I.I.U. C-17”. Donde se plantea como objetivo general estudiar el procedimiento del ciclo de vida del producto, con el fin de aplicar un modelo de producción y consumo en empresas destinadas a la elaboración de papel o productos semejantes; de igual forma se planteó el cálculo de la huella de carbono, además del compromiso social de empresa en la gestión de los desechos, que se generan durante la producción de este producto, a través de la indagación correspondiente en diversas revisiones científicas de los últimos cinco años (Navarrete, 2022).

Con la investigación de determino que la industria manufacturera de papel, consume un alto índice de recursos, además de generar cantidades significativas de CO<sub>2</sub>. Sin embargo si se efectúan gestiones ambientales para tratar los desechos que generan durante la producción, la industria de la pulpa y el papel también es el mayor usuario de madera original, lo cual perjudica directamente con el medio ambiente (Navarrete, 2022).

Mediante el cálculo de la huella de carbono en el subsector en estudio, sumado a la indagación bibliográfica se establece que las emisiones de dióxido de carbono se encuentran en un nivel de consideración, sin embargo si ha existido una reducción en los últimos años; los porcentajes presentados mantienen en estado de atención a las empresas, con el fin de que investiguen formas de compensación ambiental (Navarrete, 2022).

En base a la propuesta permanecen definidas ideas sobre recursos tecnológicos que permiten la reducción de la huella de carbono y que contribuyen a estudios futuros, en los cuales se tiene que examinar la viabilidad técnica, y el financiamiento, para una mejor aplicabilidad a las empresas actuales (Navarrete, 2022).

En la investigación llevada a cabo por Guarnizo Yuri, con el tema “Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, C.I.I.U. C-22 - fabricación de productos de caucho y plástico”, presento el objetivo de estudiar los impactos medio ambientales que se producen durante el ciclo de vida del producto manufacturado del

subsector C-22, elaboración de plásticos y cauchos. Se efectuaron estimaciones sobre la cantidad de desechos producidos, a través de la compilación y análisis de la información, con el propósito de inducir la economía circular y así desarrollar producciones con sostenibilidad (Guarnizo, 2022), los resultados indican que solo en la etapa inicial, separación de la materia prima (petróleo) se originan un sin número de perjuicios medio ambientales, como la tala de árboles, polución del agua y del suelo. En el destilado y refinado de nafta para la preparación de mezclas tales como etileno, requerido para fabricar plásticos, se producen emisiones de CO<sub>2</sub> en gran medida (Guarnizo, 2022).

Mediante una ecuación matemática se consiguió estimar que para la manufactura de plásticos se generan 0,17 kilotonelada de desperdicios por industria de forma anual y en lo que respecta a la manufactura de cauchos 1,28 kilotonelada por industria; dando una totalidad de 1,45 kilotonelada de desperdicios por industria, esto quiere decir que si se consideran las 366 compañías pertenecientes al subsector en estudio, daría como resultado 530,70 KT/empresa y no se están considerando las empresas micro (Guarnizo, 2022).

El proyecto también define diferentes propuestas tecnológicas con buenas referencias a nivel internacional y nacional, que contribuyen a la reutilización de desechos producidos por el subsector C-22; tal es el caso de la bio-recicladora que mediante la indagación respectiva se pudo conocer que logra recuperar más de 600 millones de botellas, lo cual representaría el 48%. Por otro lado, está la planta PLASTIGAS, que a través de la ingeniería inversa consigue la transformación de siete tipos de plásticos en gasolina, así como otra clase de combustible. La utilización de tecnología limpia para la reutilización de gránulos de caucho (obtenido a través de pulverización de llantas) mezclado con asfalto, se pueden reutilizar neumáticos (Guarnizo, 2022).

Finalmente se considera la investigación realizada por Muñoz Cinthya, con el tema “Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, C.I.I.U. C-10 elaboración de productos alimenticios”, donde se presenta como objetivo la identificación de factores ambientales en empresas pymes del subsector C.I.I.U. C10, de los últimos cuatro años, con el estudio de ciclo de vida del producto, con la finalidad de disminuir perjuicios en el medio ambiente a través de la implementación de economía circular y compromiso con la sociedad (Muñoz, 2022), los resultados indican gran interés por la estimación de la huella de carbono en las distintas compañías en estudio, debido a que se desea saber cómo pueden llegar a impactar en el cambio climático la producción que efectúan; sin embargo coexisten vacíos y negligencias en la gestión para valorar todo el

impacto ambiental, consecuencia de la carencia de datos requeridos para efectuar las estimaciones (Muñoz, 2022).

Se considera de mucha relevancia para esta clase de procedimiento, saber el volumen de desechos a compostar, es por ello que se planteó como propuesta una máquina trituradora que pique todos los desechos orgánicos, especialmente los de mayor volumen. Sin embargo, el índice de trituración tiene que inspeccionarse, debido a que si coexisten partículas inferiores, pueden originar microbios y a su vez consiente el deterioro inmediato (Muñoz, 2022).

### 1.5.2. Marco conceptual

**Carbono neutro.** – Las empresas, los procesos y los productos se vuelven carbono neutral cuando calculan sus emisiones de carbono y compensan lo que han producido a través de proyectos de compensación de carbono; consiguiendo que los gases sean equivalentes a cero. La compensación de las emisiones de carbono, además de evitarlas y reducirlas, es un paso importante en la acción climática holística (Ramírez, 2019).

**Compensación ambiental.** – Hace referencia a diversas acciones (obra, servicios, contribución financiera o convenios restrictivos, planificaciones) para compensar los efectos ambientales de las actividades que no se pueden evitar, remediar o mitigar. Proporciona medidas positivas para corregir, equilibrar o expiar la pérdida del recurso o valor afectado (Rundcrantz, 2018).

**Estrategias ambientales.** – Es la orientación a largo plazo de una empresa sobre cómo administrar las prácticas ambientales para lograr un buen ajuste con las expectativas de sus partes interesadas. Las estrategias ambientales proactivas son aquellas que implican la anticipación de futuras regulaciones para prevenir voluntariamente impactos ambientales negativos (Mandojana, 2020).

**Contaminación ambiental.** – Es la adición de cualquier sustancia (sólida, líquida o gaseosa) o cualquier forma de energía (como calor, sonido o radiactividad) al medio ambiente a un ritmo más rápido de lo que puede dispersarse, diluirse, descomponerse, reciclarse o almacenarse de alguna forma inofensiva. Los principales tipos de contaminación, generalmente clasificados por medio ambiente, son la contaminación del aire, la contaminación del agua y la contaminación del suelo (Jerry, 2020).

**Medio ambiente.** – Se puede definir como la suma total de todos los elementos vivos y no vivos y sus efectos que influyen en la vida humana. Mientras que todos los elementos



vivos o bióticos son animales, plantas, bosques, peses y aves, los elementos no vivos o abióticos incluyen agua, tierra, luz solar, rocas y aire (Fiedler, 2016).

**Cambio climático.** – Es un cambio a largo plazo en las condiciones climáticas promedio de una región, como la temperatura típica, las precipitaciones y el viento. El cambio climático significa que la gama de condiciones esperadas en muchas regiones cambiará en las próximas décadas. Esto significa que también habrá cambios en condiciones extremas (Füssel, 2018).

**Dióxido de carbono.** – Es un gas incoloro que tiene un ligero olor fuerte. Es uno de los gases de efecto invernadero más importantes relacionados con el calentamiento global, formado en la combustión de materiales que contienen carbono, en la fermentación y en la respiración de los animales y empleado por las plantas en la fotosíntesis de los carbohidratos. La presencia del gas en la atmósfera impide que parte de la energía radiante que recibe la Tierra sea devuelta al espacio, produciéndose así el llamado efecto invernadero (Encyclopaedia Britannica , 2022).

**Empresas manufactureras.** – Es cualquier negocio que utiliza componentes, piezas o materias primas para fabricar un bien terminado. Estos productos terminados se pueden vender directamente a los consumidores u otras empresas manufactureras que los utilizan para fabricar un producto diferente. Las empresas de fabricación en el mundo actual normalmente se componen de máquinas, robots, computadoras y humanos que trabajan de una manera específica para crear un producto (Rauch, 2019).

**Estudio informativo.** - Un estudio informativo educa a su lector sobre un tema. Pueden tener una de varias funciones: definir un término, comparar y contrastar algo, analizar datos o proporcionar un procedimiento (Zaragozí, 2020).

**Huella de carbono.** – Una huella de carbono corresponde a la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) producidos por una actividad económica o por el ser humano. Las huellas de carbono suelen medirse en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, durante el período de un año, y pueden estar asociadas a un individuo, una organización, un producto o un evento, entre otros (Pandey, 2018).

**Huella de carbono de producto (HCP).** – Es un medio para medir, gestionar y comunicar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con bienes y servicios. Una huella de carbono se basa en la evaluación del ciclo de vida (LCA), pero se centra en el tema único del calentamiento global (Millán, 2019).

**Huella de carbono de producto total (HCP total).** - La huella de carbono del ciclo de vida del producto mide las emisiones totales de gases de efecto invernadero generadas por

un producto, desde la extracción de materias primas hasta el final de su vida útil. Se mide en equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) (Salas, 2018).

**Huella de carbono de producto parcial (HCP parcial).** - Considera todos los procesos desde la extracción de recursos a través de la fabricación de precursores y la elaboración del producto final en sí hasta el punto en que sale de la puerta de la empresa (Martínez, 2022).

**Caracterización de desechos.** – Hace referencia a la investigación de cuánto papel, vidrio, residuos de alimentos, etc. se desechan en un flujo de residuos. La información de caracterización de desechos ayuda a planificar cómo reducir los desechos, establecer programas de reciclaje y ahorrar dinero y recursos. Los datos de caracterización de desechos se recopilan tomando muestras de desechos y clasificándolas en tipos de materiales (Lagerkvist, 2021).

**Gases de efecto invernadero (GEI).** - Es cualquier gas que tenga la propiedad de absorber radiación infrarroja (energía térmica neta) emitida desde la superficie de la Tierra y re-irradiarla de vuelta a la superficie de la Tierra, contribuyendo así al efecto invernadero. El dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua son los gases de efecto invernadero más importantes (Mann, 2022).

**Sustentabilidad ambiental.** - Es la responsabilidad de conservar los recursos naturales y proteger los ecosistemas globales para apoyar la salud y el bienestar, ahora y en el futuro. Debido a que muchas decisiones que impactan el medio ambiente no se sienten de inmediato, un elemento clave de la sustentabilidad ambiental es su naturaleza progresista (Mora, 2017).

### 1.5.3. Marco legal.

El actual proyecto de investigación se ampara en las leyes jurídicas ecuatorianas e internacionales, tomando como referencia reglamentaciones emitidas que aportan al cuidado ambiental, describiendo las siguientes:

**CIU 4.0.**- Documento de Calcificación Industrial Internacional Uniforme, toma de base para este estudio el literal C-17 “Fabricación de papel y productos de papel” (CIU 4.0, 2012).

**ISO 14001:2015.** - Sistema de gestión ambiental apartado 5.2 trata de la política ambiental enfocando según el literal c: que dice que toda política ambiental debe incluir un compromiso para el cuidado del medio ambiente, incluyendo la prevención de la

contaminación, y otros compromisos específicos pertinentes al contexto de la organización (NORMA ISO 14001, 2015).

**Apartado 6.1.2.-** Con respecto a aspectos ambientales el literal b establece que, toda organización debe determinar aquellos aspectos que tengan o puedan tener un impacto ambiental significativo, es decir los aspectos ambientales significativos, mediante el uso de criterios establecidos (NORMA ISO 14001, 2015).

**Ley de Gestión Ambiental.** - En el art 20 determina que cuando se inicie alguna actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el ministerio de ambiente (Ley de Gestión Ambiental , 2012).

**Acuerdo 061.-** Según la evaluación de impactos ambientales cap. IV art 28 se debe observar las variables ambientales relevantes de los medios o matrices, que son: físico (agua, aire, suelo y clima), biótico (flora, fauna y su hábitat), Sociocultural (arqueología, organización socioeconómica, entre otros) (Acuerdo Ministerial No. 061, 2015).

**Art 38.-** En el plan de manejo ambiental hay que incluir programas, presupuestos, responsables, medios de verificación y cronogramas; es decir deben de contar con plan de prevención y mitigación, impactos, contingencias, capacitación, seguridad y salud ocupacional, manejo de desechos, relaciones comunitarias, rehabilitación de áreas afectadas (Acuerdo Ministerial No. 061, 2015).

**Código orgánico del ambiente (CO2).** - En el Cap. VIII art. 134 establece que la Autoridad Nacional de Industrias y Productividad deberá, fomentar y vigilar los planes determinados para la optimización del procesamiento de la madera o de los productos forestales, con la finalidad de minimizar el desperdicio y maximizar la calidad (Codigo Organico del Ambiente, 2017).

**Acuerdo 097.-** Este Acuerdo contiene legislaciones secundarias del Ministerio Ambiente de los recursos: agua, suelo, aire, emisiones, ruido (Acuerdo Ministerial 097, 2015).

## **1.6. Aspectos metodológicos de la investigación.**

La presente tesis se direcciona a la recopilación de información mediante diversas herramientas y métodos de investigación que permitirán la correcta aplicación de los conceptos de carbono neutro y estrategias de compensación ambiental al subsector CIU C17 fabricación de papel y productos de papel.

### **1.6.1. Tipo de estudio.**

El tipo de estudio para el presente proyecto de tesis es de carácter **descriptivo** y **analítico**. De acuerdo al autor Arandas (2015) "un estudio descriptivo indaga y analiza características de un sector, comunidad o fenómeno" (p.23). En base a este concepto se puede afirmar que la investigación es descriptiva debido a que se requiere obtener información de diversas fuentes bibliográficas, como artículos científicos, libros entre otros; para posteriormente describir particularidades del sector en estudio.

Por otro lado, de acuerdo al autor Lim (2017) un estudio de tipo analítico "es un tipo particular de investigación que requiere el uso de habilidades de pensamiento crítico y la evaluación de datos e información pertinentes al proyecto en cuestión" (p.15). Es decir que se procederá a evaluar, medir y presentar los resultados que se obtengan durante la investigación, principalmente en lo concierne a la caracterización de los desechos y la huella de carbono.

### **1.6.2. Método de investigación.**

La presente tesis contara con información **cualitativa** y **cuantitativa**, de acuerdo al autor Bhandari (2022) "la investigación cualitativa implica recopilar y analizar datos no numéricos (por ejemplo, texto, video o audio) para comprender conceptos, opiniones o experiencias" Mientras que la información cuantitativa consiste en recopilar y analizar datos numéricos para el análisis estadístico.

Como se mencionó anteriormente ambos métodos investigativos son esenciales para el presente proyecto, ya que se procederá a obtener datos textuales, para presentar conceptos de carbono neutro y compensación ambiental y datos numéricos para establecer la caracterización de los desechos y estimar la huella de carbono en las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17.

### **1.6.3. Fuentes y técnicas para la recolección de información.**

De acuerdo al autor Sileyew (2019) las fuentes y técnicas "son dispositivos/instrumentos usados en el proceso de recopilar, medir y analizar datos precisos de una variedad de fuentes relevantes para encontrar respuestas a problemas de investigación, responder preguntas, evaluar resultados y pronosticar tendencias y probabilidades".

El presente proyecto utilizara como técnica para obtener datos la revisión documental o de registro, de distintos artículos científicos, así como libros, tesis, revistas entre otros.

#### **1.6.4. Tratamiento de la información.**

Una vez obtenida la información sobre los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel; se procederá a presentar los datos cuantitativos, para analizar estadísticamente la caracterización de los desechos y estimar la huella de carbono en las empresas más importantes del subsector C.I.I.U C17. De esta forma se logrará identificar y reducir dichos impactos ambientales y conseguir una producción más amigable.

#### **1.6.5. Resultados e impactos esperados.**

Se espera con los datos recopilados a través de los instrumentos y métodos investigativos previamente definidos lo siguiente: Presentar información relevante sobre los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental para empresas dedicadas a la fabricación de papel y productos de papel; además de establecer la caracterización de los desechos y estimar la huella de carbono en las principales empresas manufactureras del subsector C.I.I.U C17. Y finalmente proponer un plan de mejora fundamentado en la información recopilada impulsando la aplicabilidad de los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental y con ello poder reducir el nivel de contaminación CO<sub>2</sub>, en las empresas estudiadas.

## Capítulo II

### Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico

#### 2.1 Análisis de la Situación Actual

El presente proyecto de investigación se desarrolla en el subsector CIU C17 fabricación de papel y productos de papel. Dicho subsector cuenta con una extensa cantidad de empresas que contribuyen a la economía del Ecuador. A continuación, se procede a catalogar las empresas en estudio de acuerdo a al criterio de: número de colaboradores, valor bruto en ventas al año y activos.

**Tabla 1**

Descripción actividad económica CIU 4.0 C-17

Código	Descripción
C17	Fabricación de papel y de productos de papel.
C170	Fabricación de papel y de productos de papel.
C1701	Fabricación de pasta de madera, papel y cartón.
C1701.0	Fabricación de pasta de madera, papel y cartón.
C1702	Fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón.
C1702.0	Fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón.
C1709	Fabricación de otros artículos del papel y cartón.
C1709.1	Fabricación de artículos de papel y guata de celulosa para uso doméstico, sanitario e higiénico
C1709.2	Fabricación de artículos de papelería y otros artículos de papel y cartón.
C1709.3	Servicios de apoyo a la fabricación de otros artículos del papel y cartón

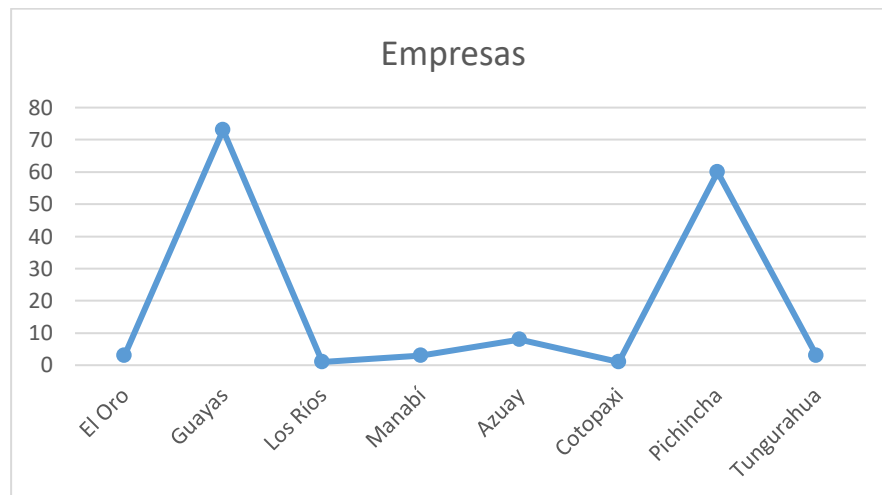
*Nota.* La tabla representa la actividad económica CIU 4.0 C-17. Información tomada de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2012). Elaborado por el autor

En la actualidad y mediante la correspondiente investigación en el portal web de Superintendencia de Compañías en el subsector C17, existen 152 empresas. A continuación, se presenta de forma detallada las industrias dedicadas a la fabricación y producción de papel que existen en el Ecuador.

**Tabla 2***Lista de empresas del Subsector manufacturero CIU C-17 según la región*

<b>Región Costa</b>	<b>80</b>
Guayas	73
El Oro	3
Los Ríos	1
Manabí	3
<b>Región Sierra</b>	<b>72</b>
Azuay	8
Cotopaxi	1
Pichincha	60
Tungurahua	3
<b>Total</b>	<b>152</b>

*Nota.* La tabla representa la lista de empresas del Subsector manufacturero CIU C-17 según la región. Información tomada de Superintendencia de Compañías (2022). Elaborado por el autor.

**Figura 3***Total de número de empresas por provincia*

*Nota.* La figura representa el número de empresas por provincia. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022). Elaborado por el autor.

La figura previa presenta la cantidad de empresas que son parte del sector C17 que existen en las diferentes provincias del Ecuador, donde se puede visualizar que la mayor parte de las empresas son provenientes u originarias del Guayas, específicamente 73 organizaciones.

En lo que respecta a la clasificación de las empresas por tamaño, e toma en consideración la estipulación de la normativa de inversión del código de la producción (Decreto ejecutivo 757, 2018) donde se establece:

- Las empresas catalogadas como micro, son las que poseen ganancias al año que no sobrepasan los \$100.000,00; además de no sobrepasar los nueve empleados.
- Las empresas catalogadas como pequeñas, son las que poseen ganancias al año que no sobrepasan los \$1'000.000,00; y tienen un máximo de cuarenta y nueve empleados
- Las empresas catalogadas como medianas, son las que poseen ganancias al año que no sobrepasan los \$5'000.000,00; y tienen un máximo de ciento noventa y nueve empleados
- Las empresas catalogadas como grandes, son las que poseen ganancias al año que sobrepasan los \$5'000.001,00; y tienen más de doscientos empleados

En la siguiente tabla se procede a presentar la clasificación de las empresas en estudio, pertenecientes al subsector C17 “Fabricación de papel y productos de papel, considerando el tamaño de la organización y puntualizando la población de 152 empresas, que se encuentran actualmente activas en el país.

**Tabla 3**

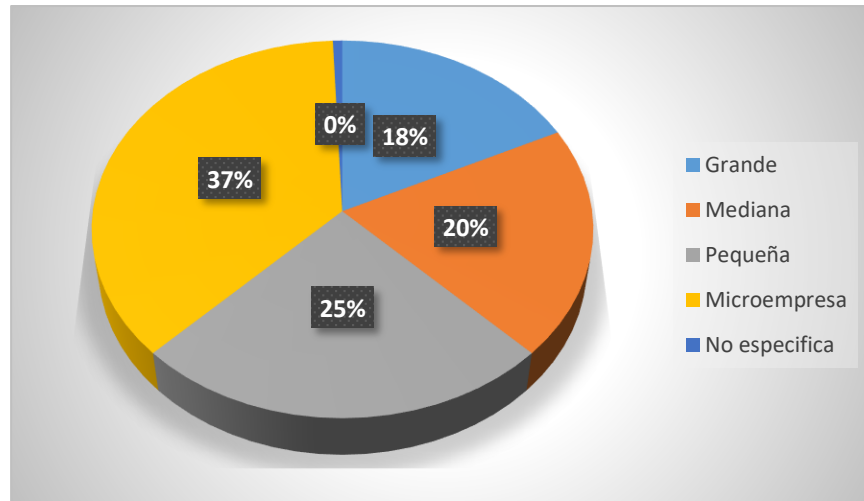
*Clasificación general de la empresa según su tamaño*

<b>Tamaño de la empresa</b>	<b>Cantidad</b>
Grande	27
Mediana	30
Pequeña	38
Microempresa	56
No específica	1
<b>Total</b>	<b>152</b>

*Nota.* La tabla representa la clasificación general de la empresa según su tamaño. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022). Elaborado por el autor.

En la tabla previa se puede observar la clasificación general de las empresas pertenecientes al subsector C17 “Fabricación de papel y productos de papel, donde se determina que 27 empresas son catalogadas como grandes, 30 son catalogadas como medianas, 38 pequeñas, 56 entran en la categoría de microempresa, y finalmente 1 se encuentra activa pero no especifica su tamaño, perteneciente a la provincia de pichincha.



**Figura 4***Clasificación general de la empresa según su tamaño*

*Nota.* La figura representa la clasificación general de la empresa según su tamaño. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022). Elaborado por el autor.

Continuando con el proceso de presentación de las empresas pertenecientes al subsector C17, se procede a estratificar el subsector para considerar a las empresas de la provincia del Guayas, exclusivamente a las pertenecientes a la zona 8, integrada por los cantones Guayaquil, Samborondón y Duran.

**Tabla 4***Cantidad de Empresas Zona 8 Guayas*

Localizaciones	Cantidad
Guayaquil	53
Samborondon	3
Duran	11
Total	67

*Nota.* La tabla representa la cantidad de Empresas Zona 8 Guayas. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022). Elaborado por el autor.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación de estas empresas que conforman parte de la Zona 8 de la provincia del Guayas:

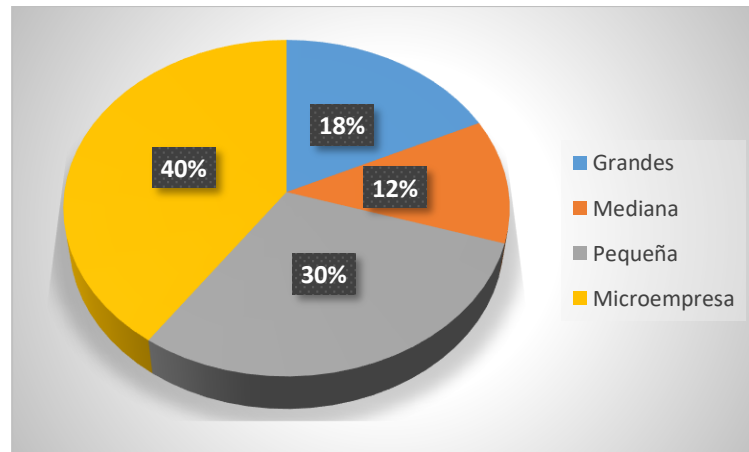
**Tabla 5***Cantidad detallada Empresas Zona 8 Guayas*

Localizaciones	Grandes	Mediana	Pequeña	Microempresa	Total
Guayaquil	9	7	14	23	53
Samborondon			2	1	3
Duran	3	1	4	3	11

*Nota.* La tabla representa la cantidad detallada Empresas Zona 8 Guayas. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022). Elaborado por el autor.

### Figura 5

*Clasificación de la empresa según su tamaño zona 8 Guayas*



*Nota.* La figura representa la clasificación de la empresa según su tamaño zona 8 Guayas. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022). Elaborado por el autor.

De acuerdo a los datos recolectados se determina que el 18% de las empresas pertenecientes a la zona 8 de la provincia del Guayas se catalogan como Grandes empresas, mientras que el 12% entra en la categoría de Mediana empresa, el 30% Pequeña y el porcentaje más elevado del 40% son Microempresas del sector.

#### 2.1.1. Información de la empresa escogida

##### 2.1.1.1. Papelera Nacional S.A.

Se constituyó legalmente el 28 de febrero de 1961 y tuvo como socios fundadores a las compañías norteamericanas W.R. Grace INC., International Paper CO., Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. y a la Organización Noboa. El inicio de las operaciones arrancó en 1968, con una producción de papel kraft de 10.000 toneladas métricas por año y el montaje de una planta de pulpa de bagazo de caña de azúcar, para aprovechar las materias primas fibrosas generales del azúcar del Ingenio San Carlos, y utilizarlas en la fabricación de papel. A través de los años, se fueron realizando ampliaciones en la capacidad instalada de la fábrica; se adquirieron nuevos equipos, así como tecnología que se incorporó en procesos de control y preparación de fibras. La producción actual es de aproximadamente 180,000 TM de papel Kraft al año (PANASA, 2021).

La empresa en mención opera de acuerdo al código de actividad económica CIU-C1701.03. "Fabricación de papel y cartón para su posterior elaboración industrial".

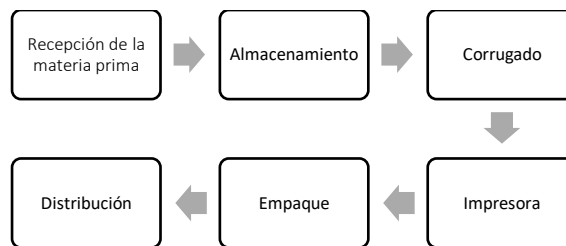
#### Proceso de producción

De acuerdo a la información recopilada de la investigación llevada a cabo por Miranda (2019) a continuación se presenta el proceso para la producción papel Kraft:

**Figura 6***Proceso de fabricación de papel Kraft Papelera Nacional S.A.*

*Nota.* La figura representa el proceso de fabricación de papel Kraft Papelera Nacional S.A. Tomado de Miranda (2019). Elaborado por el autor.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo en base al proceso de elaboración del empaque de cartón. Datos obtenidos de la investigación de (Miranda, 2019).

**Figura 7***Proceso de fabricación de empaques de cartón Papelera Nacional S.A.*

*Nota.* La figura representa el proceso de fabricación de empaques de cartón Papelera Nacional S.A. Tomado de Miranda (2019). Elaborado por el autor.

Como se puede observar en las figuras previas (6 y 7 respectivamente) se expone el proceso de fabricación de los productos principales de la empresa Papelera Nacional S.A. de una forma generalizada, los datos fueron obtenidos de la investigación efectuada por (Miranda, 2019), en dicha investigación no se especifica el volumen de producción al año, sin embargo si existe información sobre el manejo de los desechos.

De acuerdo a (Miranda, 2019), para la adecuada categorización del desecho producido por las empresas, es importante guiarse con las normativas ambientales de Ecuador, las

cuales se encuentran gestionadas por el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) del cantón al cual pertenecen.

Es importante señalar de igual forma que los desechos que se recuperan, se aprovechan durante los procesos de producción o se venden, de esta manera se generan ingresos para la industria.

En la siguiente tabla se presenta a detalle el volumen de desechos no recuperables en los procesos de fabricación.

**Tabla 6**

*Tipos de desechos no recuperables de Papelera Nacional S.A*

<b>Descripción</b>	<b>Peso en Kg.</b>
Lodos de trampas Molino 1	189.480,00
Desechos industriales de Molinos	7.356.550,00
Desperdicios Plásticos	14.870,00
Lodo con Metal	109.120,00
Lodos de trampas Molino 2	549.560,00
Lodos del Clarificador	4.360.250,00
<b>Total</b>	<b>12.579.830,00</b>

*Nota.* La tabla representa los tipos de desechos no recuperables de Papelera Nacional S.A. Información tomada de Miranda (2019). Elaborado por el autor.

### **2.1.2. Caracterización de desechos del subsector en base a los datos de la empresa escogida.**

Para llevar a cabo el proceso de caracterización de los desechos, se procedió a recolectar información del Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC (2022) específicamente del informe de la Encuesta Estructural Empresarial, ENESEM (2020), donde se determina que: En el conjunto de grandes y medianas empresas el 96,1% generaron residuos no peligrosos. De éstas 56,8% conoce la cantidad generada. En total, se generaron 1.363.023,3 toneladas de residuos no peligrosos (ENESEM, 2020).

En el conjunto de grandes y medianas empresas el 69,5% generaron desechos especiales. De éstas, el 40,6% conoce la cantidad generada. En total, las empresas reportan que generaron 89.811,6 toneladas de desechos especiales (ENESEM, 2020).

En el conjunto de grandes y medianas empresas el 90,0% generaron desechos peligrosos. De éstas el 47,3% conoce la cantidad generada. En total, las empresas reportan que generaron 200.027,7 toneladas de desechos peligrosos (ENESEM, 2020).

Estos porcentajes se obtienen a través de la realización de encuestas, a las empresas valoradas, esta información es desarrollada por Encuesta Estructural Empresarial, ENESEM

(2020) y contribuyen para efectuar las estimaciones de la cantidad de desechos generados, como se expone a continuación.

Con la finalidad de conocer el volumen de desechos que se generan en el subsector C17, se procede a realizar una correlación entre las clases de desechos que producen las fabricas productoras de papel, con la cantidad de desechos proyectados por el ENESEM (2020), para de esta forma desarrollar una estimación mediante fórmula, la caracterización de desechos del subsector que se investiga.

**Tabla 7**

*Cantidad de desechos generados relacionadas con subsector C17 -2020*

<b>Tipo de desechos</b>	<b>Cantidad tonelada</b>	<b>Porcentaje</b>
Desecho no peligroso	311.400	39%
Desecho peligroso	172.800	22%
Desecho Orgánico	180.700	23%
Otros (desecho no peligroso)	51.000	6%
Lodos de tratamiento de planta de aguas residuales industriales que contienen sustancias peligrosas	25.900	3%
Aceites minerales usados o gastados	13.600	2%
Desechos especiales	20.800	3%
Envases vacíos agroquímicos con triple lavado	19.600	2%
<b>Total, desechos generados</b>	<b>795.800</b>	<b>100%</b>

*Nota.* La tabla representa la cantidad de desechos generados relacionadas con subsector C17 -2020, Información tomada de informe ENESEM (2020). Elaborado por el autor.

La información obtenida de ENESEM (2020) contribuirá para efectuar el cálculo correspondiente, mediante la correlación, con los desechos generados por la empresa escogida, para obtener como resultado el volumen promediado de desechos que producen las industrias dedicadas a la fabricación de papel del subsector CIU C17.

A continuación, se presenta los datos que se obtuvieron de la empresa escogida Papelería Nacional S.A, donde se establecen el volumen de desechos que se producen al año, por la producción industrial del papel.

Es importante señalar que los desechos que se mencionan en la tabla 8 entran en la categoría de “desecho no recuperable”.

**Tabla 8**

*Desechos generados en industria que fabrica papel o productos de papel*

<b>Descripción</b>	<b>Peso en Kg.</b>	<b>Peso en Toneladas</b>
Lodos de trampas Molino 1	189.480,00	189,48
Desechos industriales de Molinos	7.356.550,00	7356,55

Desperdicios papel	14.870,00	14,87
Lodo con Metal	109.120,00	109,12
Lodos de trampas Molino 2	549.560,00	549,56
Lodos del Clarificador	4.360.250,00	4360,25
Cartón	30.429,00	30,429
<b>Total</b>	<b>12.610.259,00</b>	<b>12.610,26</b>

*Nota.* La tabla representa los desechos generados en industria que fabrica papel o productos de papel. Información tomada de Miranda (2019). Elaborado por el autor.

Como se puede observar en la tabla previa de la investigación realizada por (Miranda, 2019), en la empresa Papelería Nacional se producen 12610,26 toneladas de desechos no recuperables al año.

El proceso continúa tomando como referencia la cantidad y la clasificación de las empresas pertenecientes al subsector CIIU C17, donde se establece que en el Ecuador existen actualmente 152 empresas dedicadas a la fabricación de papel o productos de papel; 27 son consideradas compañías Grandes, 68 se consideran Pymes (medianas y pequeñas) y 56 microempresas, las cuales desarrollan procedimientos semejantes, ya que pertenecen a todo el subsector C17; con base en ello, se estima que estas empresas industriales producen desechos análogos a la empresa escogida.

**Tabla 9**

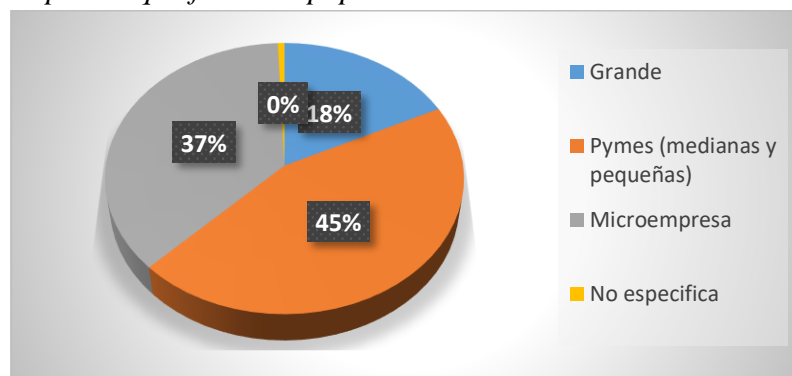
*Cantidad de empresas que fabrican papel*

Tamaño de la empresa	Cantidad
Grande	27
Pymes (medianas y pequeñas)	68
Microempresa	56
No especifica	1
<b>Total</b>	<b>152</b>

*Nota.* La tabla representa la cantidad de empresas que fabrican papel. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022), Elaborado por el autor.

**Figura 8**

*Cantidad de empresas que fabrican papel.*



*Nota.* La figura representa la cantidad de empresas que fabrican papel. Elaborado por el autor

A continuación, se desarrollan las siguientes ecuaciones que contribuirán para efectuar las estimaciones de la cantidad de desecho que producen las industrias en estudio.

### **Cálculo para industrias grandes:**

Formula:  $Ds = Dg \times Es$

Ds: Desechos del subsector

Dg: Desechos de empresa guía

Es: Empresas del Subsector

12610,26 (27) = 340,477.02 Toneladas.

De acuerdo al cálculo efectuado las industrias catalogadas como grandes dedicadas a la manufactura de papel y producto de papel, producen al año un total de 340,477.02 Toneladas de desechos.

### **Cálculo para industrias Pymes**

Para conocer la cantidad de desechos que genera se toma como referencia la información estadística del Directorio de Empresas y Establecimientos (2020) y el indicador “Ventas totales según participación”, donde las empresas del grupo pymes tiene una participación del 24.09% y las grandes de 71,97%; esto se asocia a la generación de desechos ya que el índice de participación equipara al volumen de producción lo que a su vez incide en el índice desechos generados; es decir que se requiere de tres empresas del grupo pymes para igualar la producción de una empresa grande.

Para ello se procede a dividir para tres la cantidad 12610,26 que represente tan la cantidad de desechos generados por una empresa grande, para obtener 4203,42, lo cual sería la estimación de desechos generados para una empresa pymes.

$Ds = Dg \times Es$

4203,42 (68) = 285,832.56 Toneladas.

De acuerdo al cálculo efectuado las industrias catalogadas como pymes dedicadas a la manufactura de papel y producto de papel, producen al año un total de 285,832.56 toneladas de desechos.

### **Cálculo para microempresas**

En este punto también fue importante tomar como referencia la información estadística del Directorio de Empresas y Establecimientos (2020) y el indicador “Ventas totales según participación”, donde las microempresas tienen una participación del 3,93% y las grandes de 71,97%; es decir que se requiere de 18 microempresas para igual la producción de una empresa grande.

$Ds = Dg \times Es$

700,57 (56) = 39,231.92 Toneladas.

En base al cálculo se establece que las microempresas generan 39,231.92 Toneladas de desechos al año.

#### 2.1.2.1. Cálculo estimado para las empresas del subsector, pertenecientes a la zona 8.

En este punto se procede a efectuar el cálculo considerando únicamente a las industrias pertenecientes a la provincia del Guayas, específicamente de los cantones Samborombón, Guayaquil y Durán, para proceder se toma como referente las empresas vinculadas al subsector CIU C17.

**Tabla 10**

*Cantidad de empresas que fabrican papel, zona 8*

Tamaño de la empresa	Cantidad
Grande	12
Pymes (medianas y pequeñas)	28
Microempresa	27

*Nota.* La tabla representa la cantidad de empresas que fabrican papel, zona 8. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022), Elaborado por el autor.

#### **Cálculo para industrias grandes – Zona 8**

$$D_s = D_g \times E_s$$

$$12610,26 (12) = 151,323.12 \text{ Toneladas.}$$

En lo que respecta a la zona 8 y de acuerdo a las industrias grandes del sector en estudio se produce al año 151,323.12 toneladas de desecho no recuperable.

#### **Cálculo para industrias pymes – Zona 8**

Tomando en consideración la misma metodología previa, para calcular el volumen de desechos producidos por las empresas pymes de la zona 8, se determina que las empresas del grupo pymes tiene una participación del 24.09% y las grandes de 71,97%; es decir que se requiere de tres empresas del grupo pymes para igual la producción de una empresa grande.

$$D_s = D_g \times E_s$$

$$4203,42 (28) = 117,695.76 \text{ Toneladas.}$$

De acuerdo a los resultados alcanzados, las industrias Pymes de la zona 8 genera en total de 117,695.76 Toneladas de desechos.



### Cálculo para microempresa zona 8

Tomando en consideración la misma metodología previa, para calcular el volumen de desechos producidos por el sector microempresa de la zona 8, donde se establece que las microempresas tienen una participación del 3,93% y las grandes de 71,97%; es decir que se requiere de 18 microempresas para igual la producción de una empresa grande.

$$D_s = D_g \times E_s$$

$$700,57 (27) = 18,915.39 \text{ Toneladas.}$$

La cantidad de desecho producido por las microempresas es equivalente a 18,915.39 toneladas de desechos al año a nivel de la Zona 8.

### Resumen total de desechos del C.I.I.U. C-17 para la zona 8

A continuación, se expone el resumen total de desechos generados por parte de las empresas que fabrican papel o productos de papel para la zona 8, que comprende los cantones de Guayaquil, Duran y samborondón:

**Tabla 11**

*Resumen total de desechos, zona 8*

Tamaño de la empresa	Desechos toneladas
Grande	151,323.12
Pymes (medianas y pequeñas)	117,695.76
Microempresa	18,915.39
Total	287,934.27

*Nota.* La tabla representa resumen total de desechos, zona 8. Información tomada de Superintendencia de Compañía (2022), Elaborado por el autor.

### 2.1.3. Análisis del ciclo de vida del papel

Los impactos potenciales en la salud y el medio ambiente asociados con el manejo inadecuado de los desechos de madera tratada químicamente exigen la adopción de prácticas de reciclaje y eliminación (M'hamdi, 2021).

**Tabla 12**

*Características fisicoquímicas de la madera tratada*

Características físicas madera		Características químicas madera	
Contenido de humedad, %	9,39	Valor calorífico, MJ/kg	20,09
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	680,8	Contenido de ceniza, %	0,31
Durabilidad, %	98,31	Materia volátil, %	63

*Nota.* La tabla representa características fisicoquímicas de la madera tratada. Información tomada de M'hamdi (2021). Elaborado por el autor.

La madera, por su naturaleza es higroscópica; el contenido de humedad es de aproximadamente 9,39 %. Se define como la relación entre la masa de agua que contiene sobre su masa seca. La densidad aparente se define como la masa por unidad de volumen de biomasa; es importante en condiciones de transporte y almacenamiento. Representa un valor de 680,8 kg/m<sup>3</sup>.

Tomando información del artículo científico realizado por M'hamdi (2021). Se llevó a cabo una evaluación del ciclo de vida de dos tipos de papel: Papel convencional fabricado mediante el uso de método de cocción de residuos de madera y papel elaborado por tratamiento químico de residuos de madera.

### ***Producción de pulpa convencional***

La producción de pulpa química se efectúa disolviendo químicamente la lignina entre las fibras de la madera para que se desprendan con muy poco deterioro. Dado que este proceso elimina la mayoría de los materiales no fibrosos de la madera, el rendimiento suele estar entre el 40 % y el 55 %.

Con este método, una solución acuosa que contiene virutas y productos químicos se hornea en un recipiente a presión (o digestor) que opera de manera continua o discontinua. En el primer caso, el digestor se alimenta con astillas desde arriba; la se añaden productos químicos y se cuece el conjunto a alta temperatura y presión. Una vez finalizada la cocción, cae la presión; la masa deslignificada, expulsada del digestor, se descarga en un recipiente de descarga. Entonces la se repite la operación. En el caso de procesamiento continuo, los chips cocidos al vapor se introducen en el digestor sin interrupción.

Se mezclan con los productos químicos en el compartimiento en la parte superior del digestor y luego ingresan al compartimiento de cocción superior, el compartimiento de cocción inferior y el compartimiento de lavado antes de ser descargados. El licor de cocción (licor blanco) consiste en hidróxido de sodio (NaOH, "sosa cáustica") y sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S).

Hoy en día, para hacer la pasta kraft, es habitual utilizar taladros continuos, a menudo revestidos de acero inoxidable. La temperatura del digestor se aumenta gradualmente hasta unos 170 °C y se mantiene a este nivel durante tres o cuatro horas. El licor negro recogido en el digestor y el material pardo contienen materia orgánica disuelta cuya química la composición depende de la especie de madera utilizada y de las condiciones de cocción.

### ***Producción de pasta a partir de residuos de madera tratada***

Los residuos de madera encolada se tratan químicamente con soluciones de ácido sulfúrico para eliminar las hemicelulosas, son necesarias para operaciones de lavado para la

neutralización de la pulpa. A continuación, la pasta química obtenida se trata con hidróxido de sodio para la eliminación de la lignina. También es necesario un segundo lavado. Luego se extrae la pulpa.

### ***Producción de papel***

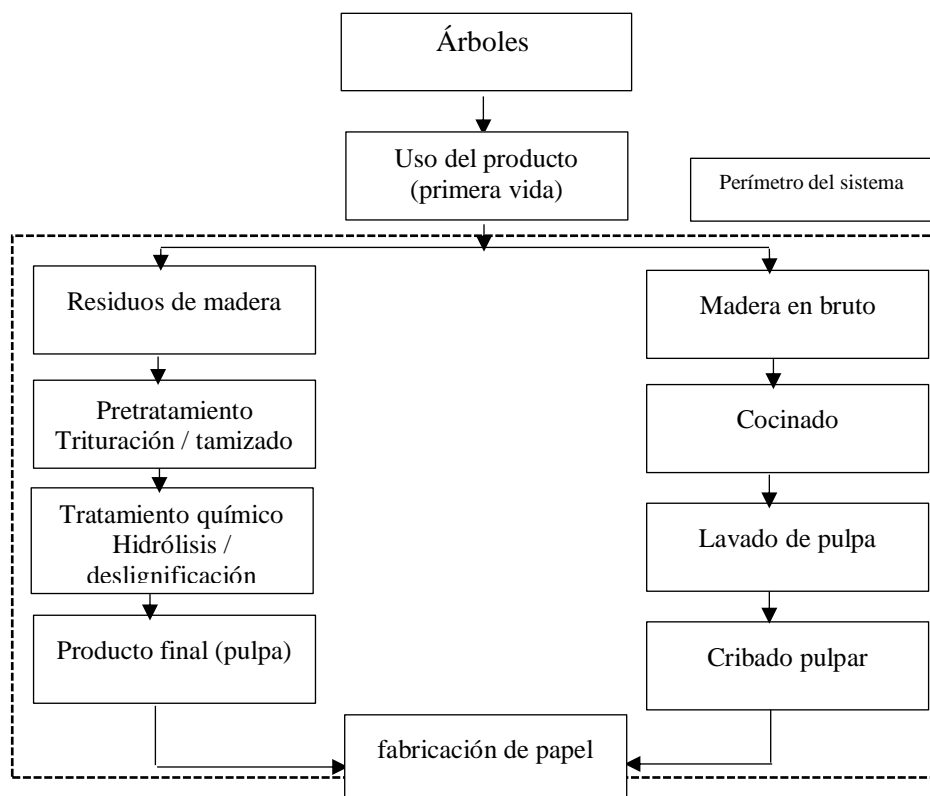
La pulpa se extiende sobre una malla de alambre móvil o una malla de plástico en el extremo "húmedo" de la máquina, donde el operador monitorea la velocidad de la banda y el contenido de agua de la pulpa. El agua y el filtrado fluyen a través de la tela, dejando solo una red de fibras. La masa pasa entre diferentes rodillos de presión que exprimen agua y aire hasta que la fibra la densidad alcanza entre el 40 % y el 45 %. La pasta admitida en la caja de entrada suele contener más del 97 % de agua.

Se proyecta sobre un lienzo en movimiento. La acción filtrante de este último, combinada con la de un sistema de aspiración, hace que sea posible extraer la mayor parte del agua contenida en la pasta y formar una lámina. El prensado de este último entre rodillos permite eliminar una cantidad adicional de agua. La hoja luego pasa a la sección de el secadero donde, en contacto con inmensos cilindros generalmente vaporizados, se evapora gran parte del agua residual.

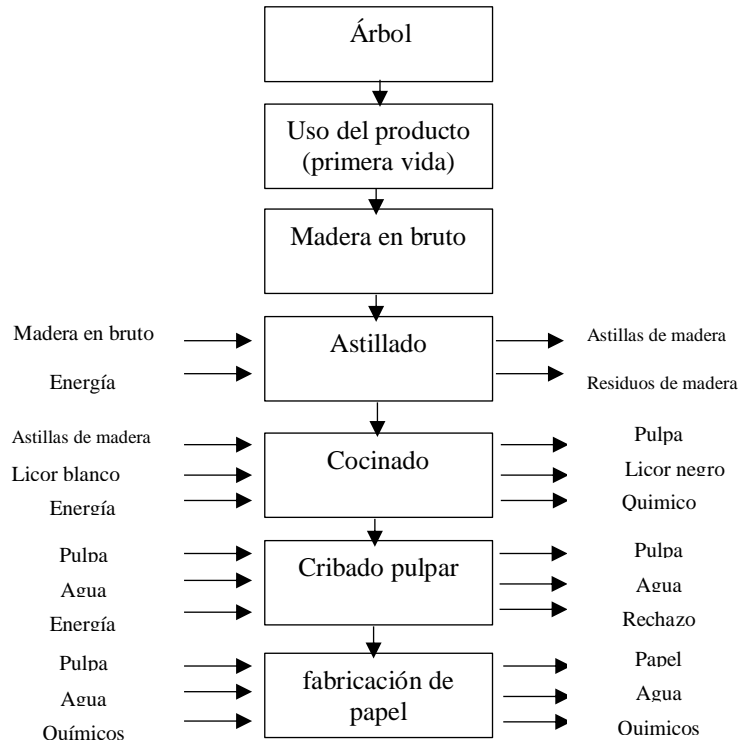
Luego, la hoja se somete a varios pasos de secado para obtener una consistencia del 90 % al 95 %. Finalmente, se corta y embala. Una vez comprimidos, estos fardos se envuelven para su almacenamiento y transporte. El límite del sistema del estudio se da en la Fig. 9.

### **Figura 9**

*Diagrama límite del sistema del estudio, proceso de fabricación general*



*Nota.* La figura representa el diagrama límite del sistema del estudio, proceso de fabricación general. Información tomada de M'hamdi (2021). Elaborado por el autor.

***Inventario de ciclo de vida******Papel convencional*****Figura 10*****Diagrama de proceso del Inventario de Ciclo de Vida del papel convencional***

*Nota.* La figura representa el diagrama de proceso del Inventario de Ciclo de Vida del papel convencional. Información tomada de M'hamdi (2021). Elaborado por el autor.

El papel convencional se produce con el método de cocción (cocción Kraft), utilizando el licor blanco que contiene todos los productos químicos necesarios para la producción de la pulpa. La producción de papel convencional tiene tres grandes etapas que son: cocción, lavado de pulpa y fabricación de papel. En la fase de cocción, el licor blanco contiene productos químicos que se necesitan para el tratamiento y la producción de pulpa, contienen NaOH, Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

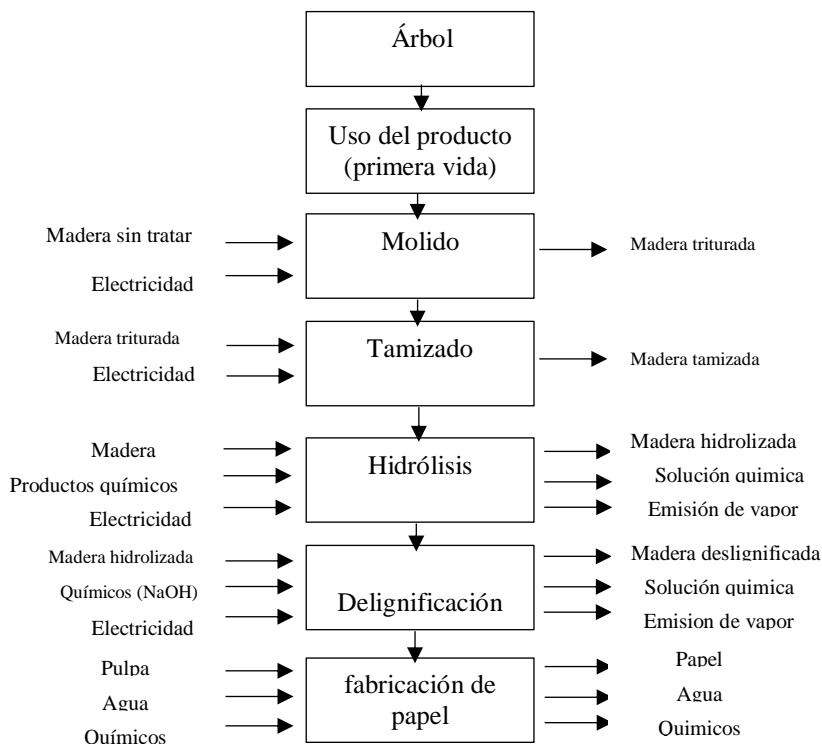
Estos productos químicos se rechazan como licor negro después de terminar de cocinar y contienen los productos químicos adicionales que quedan después del tratamiento y la producción de pulpa.

La etapa de tamizado de pulpa es un paso que esté interesado en lavar la pulpa de todo rastro de químicos. Hacer papel es el paso final de esta producción que necesita agua y algunos químicos para remover cualquier residuo que contenga la pulpa, esta etapa se realiza mediante una máquina de papel producción.

**Papel producido con residuos de madera**

**Figura 11**

*Diagrama de proceso del Inventario de Ciclo de Vida de los residuos de madera*



*Nota.* La figura representa el diagrama de proceso del Inventario de Ciclo de Vida de los residuos de madera producidos papel. Información tomada de M'hamdi (2021). Elaborado por el autor.

Este papel se produce utilizando el tratamiento químico de los residuos de madera con los cuatro pasos: trituración, tamizado, hidrólisis y deslignificación. La pulpa obtenida con este método se utiliza para la producción de papel.

**Tabla 13**

*Inventario de datos materiales y energéticos.*

Etapa LCA	Entrada		Salida	
Proceso de aplastado	Residuos de madera	1.35 ton	Madera triturada	1.2825 ton
	Electricidad	562.45 kwh	Residuos de madera (recursos)	0.0675 ton
Tamizado	Madera triturada	1.2825 ton	Madera tamizada	1.2504 ton
			Madera	0.0321 ton
Hidrólisis	Madera tamizada	1.2504 ton	Madera hidrolizada	1.12536 ton
	Solución de ácido sulfúrico	7182 kg	hidrolizada Aguas residuales	1373.198 kg
	Electricidad (calefacción)	487.5 kwh	(solución de ácido sulfúrico)	215.46 kg
	Electricidad (secado)	3.6 KWh	Emisiones (vapor)	5716.15 kg
			Químicos orgánicos (residuos)	

Delignificación	Hidróxido de sodio hidrolizado de madera	1.12536 ton 1080 kg 648.375 kwh	Madera deslignificada	1.028 ton 472.2 kg
	Electricidad (calefacción)	3.6 KWh	Aguas residuales (solución de hidróxido de sodio)	108 kg 609.52 kg
	Electricidad (secado)		Emisiones (vapor) Químicos orgánicos (residuos)	
Fabricación de papel	Pulpa	1.028 ton	Papel	1 ton
	Agua	100 m3	Agua	100 m3
	Energía	5000 kwh	Desperdicio	0.028 ton

*Nota.* La tabla representa el inventario de datos materiales y energéticos. Información tomada de M'hamdi (2021). Elaborado por el autor.

La madera de desecho fue pretratada y tratada con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio durante las etapas de química tratamiento para producir la pulpa, y luego utilizar la máquina para la producción de papel. La tabla 12 explica la fuente de datos y muestra la entrada y salida para diferentes procesos.

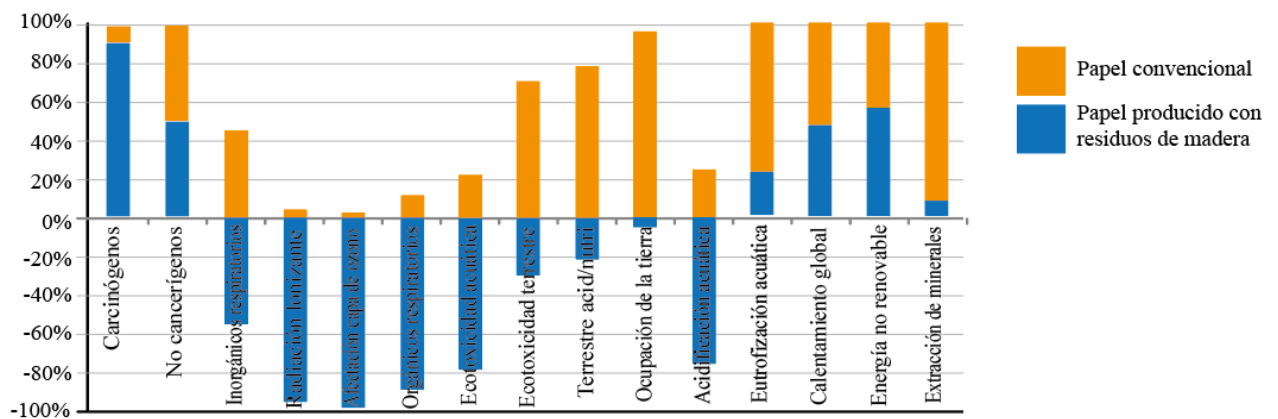
El método de IMPACT 2002+ V2.12 / IMPACT 2002+Abiotic depletion, utilizado para establecer los resultados permite conocer el impacto de las categorías de daños, que incluyen: salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos. Cada categoría de daño se combina con un punto medio: calentamiento global, ecotoxicidad acuática, ionizante radiación, extracción de minerales, acidificación acuática.

**Resultados de la evaluación del ciclo de vida**

*Caracterización*

**Figura 12**

*Caracterización de los procesos de producción de papel*



*Nota.* La figura representa la caracterización de los procesos de producción de papel. Información tomada de M'hamdi (2021). Elaborado por el autor.

Los resultados muestran que el método de papel convencional representa mayor impacto negativo al medio ambiente debido a la cantidad de químicos utilizados en el licor blanco,

para la producción de la pulpa como NaOH, Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, y debido al rechazo de estos productos químicos después del tratamiento en el licor negro que contienen: Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

Los productos químicos utilizados en la etapa de hidrólisis y deslignificación que son ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. El papel producido en los residuos de madera tiene un impacto negativo menor en comparación con el papel convencional.

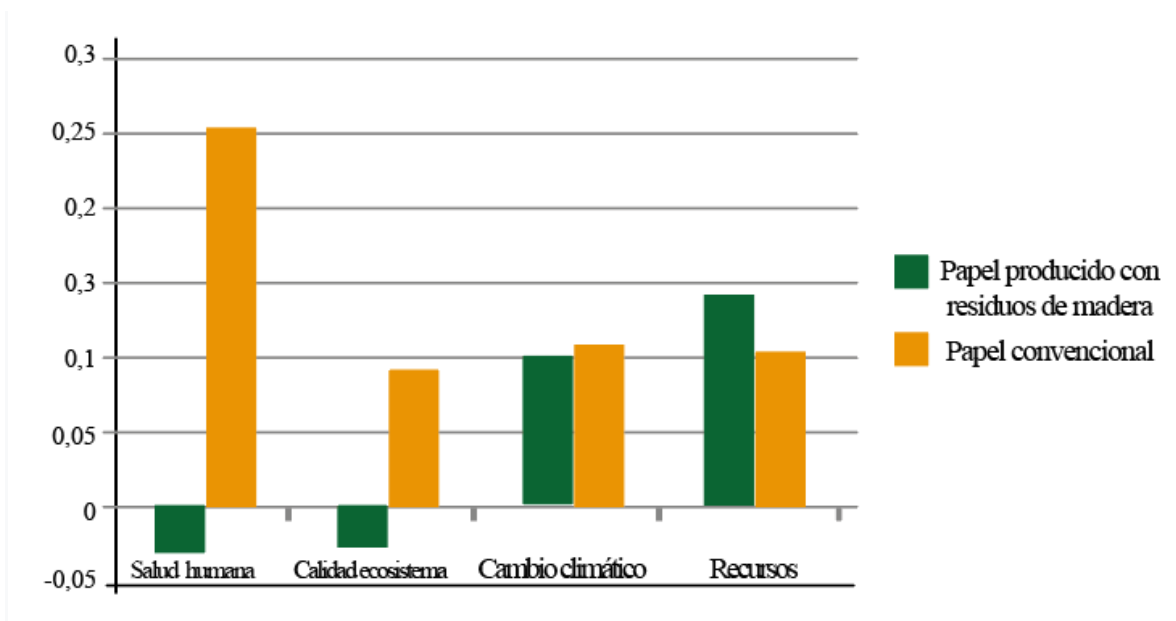
El impacto de la acidificación se debe a la reacción de hidrólisis de las hemicelulosas que se realiza en solución ácida. Se puede observar la diferencia mayor del impacto en la ecotoxicidad que presenta el papel convencional y el papel producido por residuos de madera.

#### *Normalización*

Una primera observación de los resultados de la normalización presentados en la Fig. 13 nos muestra que el papel convencional presenta mayor impacto negativo sobre el medio ambiente que el papel resultante del tratamiento químico de residuos de madera. Encontramos a partir de los resultados que son principalmente los impactos vinculados a los cambios climáticos y los recursos que plantean problemas para los dos procesos. Por otro lado, el papel procedente del tratamiento de residuos de madera es beneficioso en términos de calidad del ecosistema y salud humana. También podemos distinguir la gran diferencia del impacto ambiental que es negativo para el papel convencional.

#### **Figura 13**

##### *Resultados de la normalización*



*Nota.* La figura representa los resultados de la normalización. Información tomada de M'hamdi (2021).  
Elaborado por el autor.

#### 2.1.4. Cálculo de la huella de carbono del subsector

En términos técnicos, la huella de carbono es la cantidad de gases de efecto invernadero que se produce en unidades de dióxido de carbono, esto mediante la fabricación de papel y productos de papel, como es el presente caso.

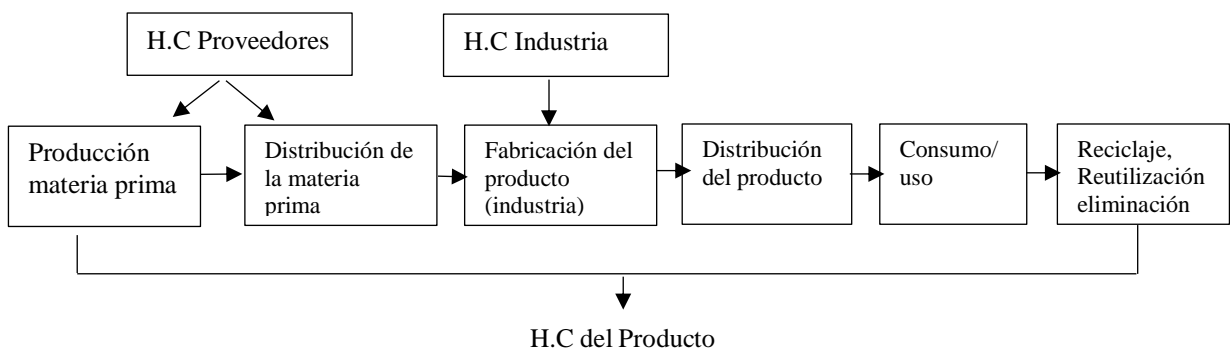
La huella de carbono es medible en tonelada de CO<sub>2</sub>, y para efectuar su cálculo se debe iniciar con la información de la producción y nivel de emisiones; considerando estimaciones anuales, la elección de la metodología para desarrollar el cálculo, el establecimiento de fuente y alcance, recopilación de consumos, elección de factor de emisión y finalmente los cálculos generales de las emisiones.

De acuerdo al protocolo Kyoto, se define que los gases de efecto de invernadero son: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC).

El cálculo de la huella de carbono es de suma relevancia, debido a que de esta forma se establece una gestión de actividad que desarrolla la industria y que puede optimizarse con la utilización de forma conveniente de recursos disponibles.

#### Figura 14

##### Proceso huella de carbono



*Nota.* Proceso huella de carbono, tomado de Navarrete (2022). Elaborado por autor

#### Estimación de la Huella de Carbono

Es importante considerar que, para la respectiva estimación de la huella de carbono, se tomara en consideración la emisión de CO<sub>2</sub>, y como no se conoce el volumen de gases que producen las compañías que fabrican papel, se procede a utilizar la siguiente fórmula, la cual es la recomendada en estos casos (Recker, 2021).

Huella de carbono = Dato de actividad x factor de emisión.

En lo cual los factores de emisión son los siguientes.



Agua = 0,0008Tn CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

Electricidad = 0.00034TnCO<sub>2</sub>/Kwh

Combustible = 0.00164 TnCO<sub>2</sub>

Ahora bien, los indicadores de actividad que se procederán a calcular serán: Consumo de energía anual, consumo de agua y consumo de combustible; para ello se tomara como referencia el informe de comunicación de Procarsa (2021), donde se presenta un informe de consumo anual por parte de la empresa Productora Cartonera S.A. donde se establece que en el año 2020 existió un consumo de 953.958 Kw h/Tn de energía, 6.721 m<sup>3</sup>/Tn y de combustible 57.265 G/Tn.

$$\text{Agua HC} = 6.721 \frac{m^3}{Tn} \times 0,0008 \frac{tn \text{ CO}_2}{\frac{m^3}{Tn}} = 5,37Tn \text{ CO}_2$$

$$\text{Energía HC} = 953.958 \frac{m^3}{Tn} \times 0.00034 \frac{tn \text{ CO}_2}{\frac{m^3}{Tn}} = 324,34Tn \text{ CO}_2$$

$$\text{Combustible HC} = 57.265 \frac{m^3}{Tn} \times 0.00164 \frac{tn \text{ CO}_2}{\frac{m^3}{Tn}} = 93,91Tn \text{ CO}_2$$

Al sumar las cantidades obtenidas entre los tres indicadores de huella de carbono, se expone como resultado un total de 423.62 Tn CO<sub>2</sub>. De manera continua y tomando de referencia este resultado se estimará que las industrias pertenecientes al subsector CIU C17 fabricación de papel y productos de papel producen la misma cantidad de CO<sub>2</sub>, independientemente del producto fabricado. Se considerará que las industrias grandes producen la misma cantidad de dióxido de carbono, por otro lado, las empresas pymes y micro acogerán valoraciones proporcionales, de acuerdo a su tamaño.

**Tabla 14**

*Estimación de Huella de Carbono empresas grandes*

Estimación de Tn CO <sub>2</sub> subsector CIU C17 empresas grandes Ecuador	Estimación de Tn CO <sub>2</sub> subsector CIU C17 empresas grandes zona 8
Hay un total de 27 empresas	12 empresas grandes
423.62 Tn CO <sub>2</sub> *27e =	423.62 Tn CO <sub>2</sub> *12e =
11437,7 Tn CO <sub>2</sub>	5083,44 Tn CO <sub>2</sub>

*Nota.* La tabla representa la estimación de Huella de Carbono empresas grandes, investigación. Elaborado por el autor.

**Tabla 15***Estimación de Huella de Carbono empresas pymes*

Estimación de Tn CO2 subsector CIIU C17 empresas pymes Ecuador	Estimación de Tn CO2 subsector CIIU C17 empresas pymes zona 8
Hay un total de 68 empresas	28 empresas pymes
423.62 Tn CO2 *23e =	423.62 Tn CO2 *9e =
9743,2 Tn CO2	3812,58 Tn CO2

*Nota.* La tabla representa la estimación de Huella de Carbono empresas pymes, investigación. Elaborado por el autor.

**Tabla 16***Estimación de Huella de Carbono microempresas*

Estimación de Tn CO2 subsector CIIU C17 microempresas Ecuador	Estimación de Tn CO2 subsector CIIU C17 microempresas zona 8
Hay un total de 56 empresas	27 microempresas
423.62 Tn CO2 *3e =	423.62 Tn CO2 *2e =
1270,8 Tn CO2	847,24 Tn CO2

*Nota.* La tabla representa la estimación de Huella de Carbono microempresas, investigación. Elaborado por el autor.

Sumando los resultados de CO2 se obtiene como resultado que a nivel nacional el subsector CIIU C17 fabricación de papel y productos de papel genera aproximadamente 22,451.7 Tn CO2, equivalentemente a 0,0225 Megatoneladas de CO2.

Por otro lado, exclusivamente la zona 8 (Guayaquil, Duran, Samborondon) genera 9,743.26 Tn CO2 al año.

Para destacar las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) más grandes del mundo, The Eco Experts ha investigado y relanzado sus clasificaciones de los siete mayores contaminantes por industria para 2022 (Howell, 2021).

Aquí están los siete principales contaminantes por industria y sus emisiones de GEI por año:

1. Energía (Electricidad y Calefacción): 15.830 millones de toneladas
2. Transporte: 8.430 millones de toneladas
3. Manufactura y construcción: 6.300 millones de toneladas
4. Agricultura: 5.790 millones de toneladas
5. Venta minorista de alimentos: 3.100 millones de toneladas
6. Moda: 2.100 millones de toneladas
7. Tecnología: 1.020 millones de toneladas

Las industrias de energía, transporte y manufactura/construcción ocupan las tres primeras posiciones, respectivamente, y tienen una producción combinada de 30,56 mil millones de toneladas de GEI al año (Howell, 2021).

### **2.1.5. Medidas ambientales de control para empresas del sector**

A continuación, se exponen medidas para reducir la huella de carbono en base a la investigación de (IFC, 2017):

#### **Manejo de aguas residuales:**

- Descortezado seco de madera
- Sistema para recoger y reciclar la descarga temporal y accidental procedente de vertidos de agua procesada
- Volumen suficiente y equilibrado para los tanques de almacenaje de pastas, los tanques de almacenaje de cuarteado y los tanques de almacenaje de agua blanca para impedir o disminuir la descarga de agua procesada.
- Reciclajes del agua residual, con o sin recuperaciones simultáneas de fibra (empleando filtro o planta de flotaciones).
- Separaciones del agua residual contaminada de la no contaminada (limpia), con recolecciones y reutilizaciones del agua refrigerada y de circuitos cerrados sin contactos.
- El agua pluvial que puede estar contaminada, involucra el escurrimiento originario de sectores de manejo de maderas y tronco, equipo de procedimiento. El escurrimiento tiene que mezclarse con los emisarios industriales de proceso para su tratamiento.

#### **Manejo del agua:**

- Reciclado del agua blanca, con recuperación de fibra a través de filtración de disco, filtración de tambor o proceso de micro-flotaciones y reducción de tomas del agua en las conexiones potables.
- Separación del tratamiento del agua residual procedente del proceso de estucado, esto a través de ultra-filtraciones, proceso reciclador del producto químico del estucado.
- Sustitución de compuestos químicos de procesos probablemente nocivos con alternativas de menor daño ambiental

#### **Manejo de las Emisiones de Gases:**

- Los gases elevadamente condensados (usualmente provenientes de los condensadores y de las ventilaciones digestoras), tienen que disponer de un sistema complementarios de incinerado elaborado para reemplazar el sistema base de ser requerido, reduciendo de esta forma las descargas de los gases.

- En contextos requeridos (la cercanía a sectores residenciales, por ejemplo) se tiene que considerar la disposición de incineradores auxiliares o área destinada a ello, para tratar gases TRS con concentraciones bajas.
- Es recomendable que los puntos de descargas de la ventilación emergente requerida a la atmósfera tienen que acoplarse a una chimenea superior, tal es el caso de las calderas de recuperaciones o calderas auxiliares.
- Cubrir y recoger emisiones de gases producidas en la planta de tratamiento del agua residual para posteriormente incinerar.
- Reducción-oxidación del licor negro previo a la vaporización.
- Disminuir la emisión de azufre reuniendo licor negro en los evaporadores (industrias Kraft) sobrepasando un 80% de materiales secos previo a incinerar en tanque de recuperación.
- Disminuir la emisión de azufre gestionando las cuantificaciones del procedimiento de combustión en los tanques recuperadores, incluyendo la temperatura, suministros de aire, organización del licor negro en la caldera (industria kraft).
- Disminuir la emisión de óxido de nitrógeno (NOx) gestionando la condición de combustión, tal es el caso del aire excesivo.
- Recolectar las emisiones de SO<sub>2</sub> a través de absorciones en soluciones alcalinas para la generación de licor de cocción (industrias pastas de sulfitos)
- Las emisiones de SO<sub>2</sub> tiene que disminuirse a través de la utilización de combustible de compuestos bajos en azufre y la gestión de oxígeno excesivo.
- Por otro lado, las emisiones NOx tiene que disminuirse a través de la gestión de combustión.
- Mientras que cuando se trata de sulfuro de hidrógeno, se tiene que reducir a través del manejo apropiado de las calderas y la gestión de residuos de sulfuro de sodio que quedan en el lodo. El proceso se logra a través de lavados y filtraciones del lodo calizo para erradicar el sulfuro de sodio (de un 25% a 40%), lo que accede a la reducción-oxidación del lodo previo a su introducción en las calderas.

#### **Manejo de los Residuos sólidos:**

- La cantidad de residuo sólido tiene que disminuir, a través de reutilizaciones in situ y reciclado material:
- Reciclar el lodo de fibra o reintroducción de nudo y los tamices en los procesos de transformación, optimizar las deshidrataciones de lodos, para su combustión (frecuentemente en hornos que emplean combustión complementaria)

- Disminuir la producción de residuo orgánico como, es el caso de las cortezas, descortezando en el bosque (dejar las cortezas para mejorar el suelo).
- Proceso de incineración del residuo orgánico, tales como cortezas, en los hornos que generan vapor para disminuir gasto de combustibles.
- El residuo procedente del descortezado, tiene que reducirse a través del manejo limpio de la madera, aplicando segregaciones orgánicas que sirvan para la combustión.
- En lo que respecta a cenizas de corteza, estas pueden pasar por un proceso de reciclaje, como relleno y usarse para construir.
- Emplear el lodo de licor verde (industrias kraft) como revestimiento diario en los vertederos de desechos, posterior a su proceso de deshidratado mejorado, o con menor recurrencia como fertilizantes forestales (fundamentado en un estudio de contenido en nutriente y de viable impacto sobre el suelo). El lodo asimismo tiene la maleabilidad de emplearse como agentes neutralizadores para el agua residual acídica.
- Por otro lado, el lodo destintado (industrias RCF) suelen emplearse como cargas para otra clase de papel, compostados con otros ingredientes de origen orgánico para manufacturar productos que mejore la superficie.
- En lo que respecta a la fibra de las industrias de bagazo pueden compostarse con otros ingredientes de origen orgánico para la producción de bienes que optimizan la superficie.
- Los lodos de fibras pueden reciclarse y contribuir con el desarrollo industrial, es decir para la propia empresa o comercializarse con otras compañías, inclusive direccionarse como material para la producción de otros bienes.
- El lodo biológico puede incinerarse en los hornos de corteza contiguo al lado de fibra o vaporizarse en los sistemas de recuperaciones de las industrias kraft. De igual forma, es posible la composta con otros ingredientes de origen orgánico para la fabricación de bienes que optimizan el rendimiento de superficies.
- El lodo depurado, tiene la capacidad de combinarse con otros lodos, para la manufactura de productos destinados al cuidado de superficies.

#### **Manejo del consumo eléctrico:**

- Instalación de bacterias de condensadores
- Gestionar la contratación de tarifas eléctricas acordes a industrias, en base a los requerimientos de consumo específicos.
- Instalación de sistema automático - control de iluminaria.
- Selección correcta de equipos para climatizado.

- Invertir en máquinas y equipos actuales que reduzcan el consumo de energía eléctrica.

### **2.1.6. Bonos de compensación por huella de carbono**

Se interpretan como créditos de carbono, y se plantean como un sistema internacional destinado a disminuir la generación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribuyendo significativamente con la reducción del calentamiento global, que es en la actualidad una problemática global, con consecuencias climáticas (Ehlers, 2020).

Dependiendo de la actividad que realicen, las empresas tienen una cantidad máxima permitida de emisiones. Pero este no es el único criterio: también cobran especial relevancia el tamaño de las empresas y el proyecto en que se encuentran implicadas.

Cuando las empresas necesitan emitir más de lo permitido, entran en juego los bonos de carbono equivalentes a toneladas, de manera que, al tenerlos en su posesión, puedan emitir la cantidad equivalente de CO<sub>2</sub>.

Los beneficios que obtienen las empresas cuando pasan a formar parte del mercado de bonos de carbono son varios. En primer lugar, mejora su reputación, amortiguando riesgos y permitiéndoles posicionarse, ante la opinión pública, como líderes en la lucha contra el cambio climático.

### **2.1.7. Convenios ambientales internacionales mandatorios para el subsector.**

Hay más de cien acuerdos ambientales multilaterales, la mayoría de ellos en forma de convenciones. Todos ellos son, en varios aspectos, requisitos previos para un desarrollo ambientalmente sostenible. A continuación, se destacan los siguientes:

#### *Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono*

El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, ratificado por los 33 países de América Latina incluido Ecuador y el Caribe, entró en vigor en septiembre del 1988. El Convenio tiene por objetivo alentar a las Partes a promover la cooperación a través de observaciones sistemáticas, investigaciones e intercambio de información sobre el impacto de las actividades humanas en la capa de ozono y para adoptar medidas legislativas o administrativas en contra de actividades que puedan producir efectos adversos en la capa de ozono (ONU, 2002).

#### *La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*

El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los

ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (ONU, 1992).

Art3, principios 3.- Las Partes deberían tomar medidas de precaución para prevenir, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible (ONU, 1992).

*Acuerdo de cooperación en manejo forestal, rehabilitación de los bosques y ecosistemas*

Este acuerdo fue firmado en el año 2012 entre Ecuador y Corea en el marco de la Conferencia de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible Rio+20. (FAO, 2013).

*Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*

Se encuentra vigente desde el año 1975, expone como propósito principal vigilar la comercialización global tanto de plantas como animales, gestionando el nivel de amenaza relacionado a conservación (Johnson, 2010).

*Convenio Internacional de las Maderas Tropicales y su protocolo Nagoya*

Expone como propósito principal compartir las ventajas derivadas del uso de recursos de origen genético de forma equilibrada, inclusive a través de la accesibilidad a estos recursos y un control apropiado del recurso tecnológico pertinente (Green, 2014).

*Acuerdo París*

Plantea como objetivo gestionar la temperatura a nivel mundial y que esta no se encuentre por debajo de 2°C, incrementando el acoplamiento a las condiciones adversas de las variantes climáticas y a su vez impulsa la reducción reiterativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Fundamentándose en una representación legal y reforzada con la finalidad de promover confianza recíproca mediante la implementación adecuada del acuerdo (Naciones Unidas, 2016).

*Convenio Basilea*

Presenta como objetivo la gestión de los desechos, principalmente los de característica peligrosa y su erradicación, enfatizando que los residuos de papel, no tienen que mezclarse con otros materiales, en otros términos, las reutilizaciones deben desarrollarse con la previa separación de los compuestos (orgánico, metal, y desperdicios peligrosos) (Numa, 2016).

### 2.1.8. Matriz Resumen cumplimientos / no cumplimientos de los convenios internacionales por parte de las empresas que componen el C.I.I.U. C-17.

A continuación, se presenta la matriz resumen del nivel de cumplimiento de los convenios internacionales ambientales para empresas que fabrican papel o productos de papel en base a la investigación realizada por Williams (2018):

**Tabla 17**

*Matriz Resumen*

<b>Convenios ambientales internacionales</b>	<b>Empresas del subsector C.I.I.U. C-17.</b>	<b>Niveles de cumplimiento</b>
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	Grandes empresas del sector	Medio
	Pymes del sector	Bajo
	Micros del sector	Bajo
Acuerdo de cooperación en manejo forestal, rehabilitación de los bosques y ecosistemas.	Grandes empresas del sector	Medio
	Pymes del sector	Medio
	Micros del sector	Bajo
Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.	Grandes empresas del sector	Medio
	Pymes del sector	Medio
	Micros del sector	Bajo
Convenio Internacional de las Maderas Tropicales y su protocolo Nagoya	Grandes empresas del sector	Medio
	Pymes del sector	Medio
	Micros del sector	Bajo
Acuerdo París	Grandes empresas del sector	Alto
	Pymes del sector	Alto
	Micros del sector	Medio
Convenio Basilea	Grandes empresas del sector	Medio
	Pymes del sector	Medio
	Micros del sector	Bajo
La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)	Grandes empresas del sector	Medio
	Pymes del sector	Bajo
	Micros del sector	Bajo

*Nota.* La tabla representa el matriz resumen, investigación de Williams (2018). Elaborado por el autor.

### 2.1.9. Tecnología disponible para el procesamiento de los desechos del subsector.

En este punto se procederá a recopilar información sobre qué tipo de tecnología es la recomendable para los desechos de la caracterización del subsector CIUU C17 que se presentaron con anterioridad.

Los desechos son: Lodos de trampas Molino - Desechos industriales de Molinos - Desperdicios papel y plásticos - Lodo con Metal - Lodos del Clarificador – Cartón.

#### **Hidrólisis térmica:**

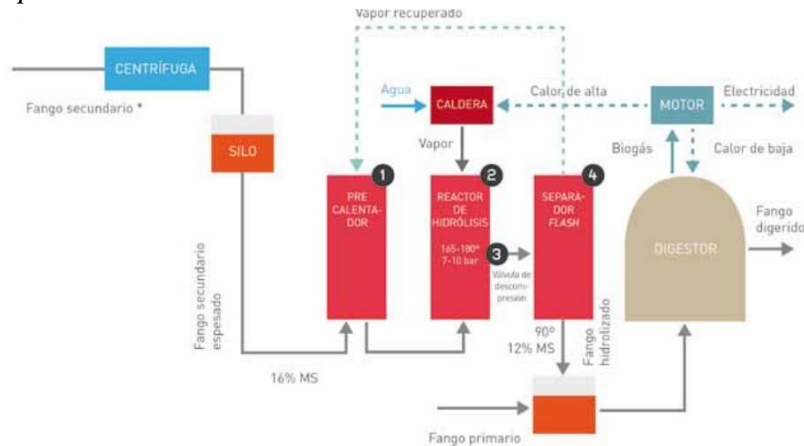


La tecnología de hidrólisis térmica tiene tres aplicaciones: tratamiento de aguas residuales, reducción de subproductos de desecho y producción de biogás. Las plantas de tratamiento de aguas residuales tradicionales deben planificar grandes cantidades de lodos generados durante el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales. Las plantas de hidrólisis térmica, por otro lado, ven los lodos como una valiosa fuente de energía en lugar de un desperdicio.

Una vez que se han tratado las aguas residuales y se han recogido los lodos, puede comenzar la producción de biogás. En grandes cubas, los lodos se calientan y comprimen. Las temperaturas requeridas varían de 160 a 165 grados centígrados, y la presión requerida varía de alta presión (7 a 11 o 12 bares).

**Figura 15**

*Esquema del proceso de Hidrólisis térmica*



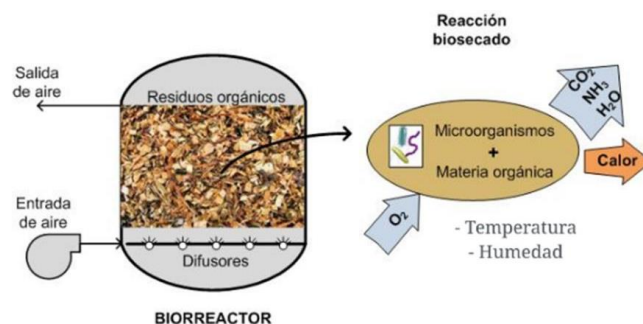
*Nota.* La figura representa el esquema del proceso de Hidrólisis térmica, tomado de Basri (2022).

### **Biosecado:**

El biosecado es un método de pretratamiento que aplica conceptos biológicos y mecánicos al secado de residuos sólidos. Los desechos que contienen material orgánico se pueden procesar de forma natural hasta que se reduzca el contenido de humedad de los residuos (Basri, 2022).

**Figura 16**

*Esquema del proceso de Biosecado.*

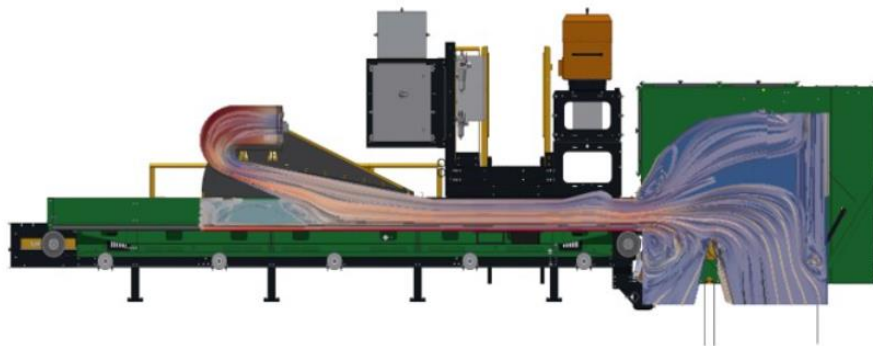


*Nota.* La figura representa el esquema del proceso de Biosecado, tomado de Basri (2022).

**Opti-Sort:**

Es una unidad de clasificación óptica integrada. Tiene un diseño patentado especialmente adecuado para procesar materiales ligeros, como envases de plástico flexible o hojas sueltas de papel. Controlar la trayectoria de esos tipos de materiales dentro de la campana de eyección sigue siendo un desafío para la industria. Opti-Sort es la solución perfecta. Permite el manejo preciso de materiales a una alta velocidad de hasta 6,5 m/s en un transportador. Esto está diseñado específicamente para esta velocidad sin tener problemas de equilibrio.

Se basa en un diseño curvo que elimina la contrapresión. Guía suavemente los materiales utilizando flujos de aire a lo largo del contorno de la pared. Esto es clave para maximizar la separación y recuperación de envases ligeros, como láminas de plástico y hojas de papel (Bollegraaf, 2022).

**Figura 17***Maquinaria Opti-Sort*

*Nota.* La figura representa la maquinaria Opti-Sort, tomado de Bollegraaf (2022).

**2.1.10. Costo del procesamiento de desechos**

A continuación, se presentan los costos para las distintas tecnologías propuestas para el tratamiento de desechos del subsector CIUU C17:

**Tabla 18***Costos de la tecnología*

<b>Tecnología</b>	<b>Costo</b>	<b>Referencia</b>
Hidrólisis térmica	\$ 575.000.00	(Geoenergía.gob, 2022)
Biosecado	\$ 380.000.00	(Gipuzkoa.eus, 2022)
Opti-Sort	\$ 50.000.00	(Bollegraaf, 2022).

*Nota.* La figura representa los costos de la tecnología, investigación. Elaborado por el autor.

### **2.1.11. Metas de compensación por medio de bonos de carbono**

Cuando una persona o empresa desea compensar sus emisiones de CO<sub>2</sub>, adquiere el número de créditos de carbono correspondiente al volumen de sus emisiones de gases de efecto invernadero, ejemplo: 1 crédito de carbono = 1 tonelada de CO<sub>2</sub> evitadas.

Los resultados de CO<sub>2</sub> a nivel nacional para el subsector CIU C17 fabricación de papel y productos de papel es = 22,451.7 Tn CO<sub>2</sub> aproximadamente.

Es decir, demanda 22.452 créditos de carbono.

Una empresa grande en el Ecuador requiere 423.62 créditos de carbono, compensación de carbono a través de un proyecto de reducción de emisiones (reforestación, energías renovables, eficiencia energética, etc.)

## **Capítulo III**

### **Propuesta, Conclusiones y Recomendaciones**

#### **3.1 Diseño de la propuesta.**

##### **Gestión del plan de mejora ambiental**

El apoyo logístico y económico del área administrativa es fundamental para lograr aplicar con éxito el plan de manejo, así mismo, la capacitación a los trabajadores de cada área, su disciplina y la formación continua contribuyen al correcto funcionamiento del plan.

La coordinación, diseño y aplicación de actividades referentes a la gestión de desechos son parte fundamental para lograr el objetivo del plan.

##### **Objetivo de la propuesta**

Plantear una propuesta de mejora fundamentada en la información recopilada para que las empresas del subsector CIIU C17 fabricación de papel y productos de papel logren reducir el nivel de contaminación.

##### **Fundamentación de la propuesta**

Con la información obtenida de la caracterización de los desechos en base a datos de la empresa escogida para el estudio, se determinó que: la empresa en estudio, al entrar en la categoría de empresa grande, puede llegar a generar 12.610,26 toneladas de desechos, esta es una empresa destinada a la fabricación de papel o productos de papel por lo cual también fue posible establecer los tipos de desechos que se generan mayormente en esta clase de empresas (lodos, desperdicios de papel o cartón, emisiones de gases). Es decir, esta información sirve para proponer el presente plan de mejora que pueden utilizar las distintas empresas que pertenecen al subsector CIIU C17, para reducir sus niveles de contaminación.

##### **Alcance del plan de mejora**

Es importante señalar que, para conseguir los datos correspondientes, se tuvo que desarrollar una indagación mediante diversas fuentes bibliográficas, las mismas que permitieron de forma exitosa conocer y estructurar eficientemente esta propuesta, la obtención de los datos fueron de paper, revisiones de carácter científicos, libros, entre otros. La propuesta está encaminada a reducir factores contaminantes, que producen en gran medida este tipo de industrias.

La propuesta puede adaptarse a cualquier tipo de industria destinada a la elaboración principalmente de papel o productos análogos, donde el proceso de producción es semejante,

y por ende los desechos generados también lo son; el plan de mejora puede beneficiar a la reducción de la huella de carbono para que de esta forma las empresas puedan cumplir con los convenios internacionales, normativas locales, entre otras.

### **Estructura del plan de mejora**

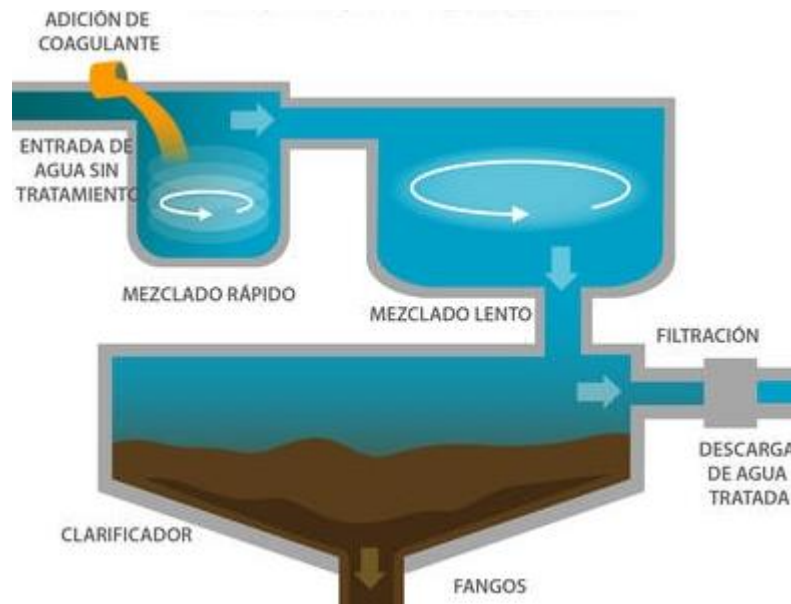
El plan de mejora está estructurado de la siguiente forma:

1. Proponer el proceso de tratamiento de agua residuales y lodos a través de la coagulación y floculación.
2. Proponer el recurso tecnológico TIGER DEPACK PPS que puede fabricar pulpa de papel con papel reciclado, con lo cual las industrias pertenecientes al subsector se verían beneficiadas aprovechando al máximo la materia prima del papel y generando menos contaminación.
3. Proponer el uso de la tecnología de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (precombustión, oxidación y postcombustión), para las empresas del subsector de reducir con ello la contaminación CO<sub>2</sub>.
4. Estrategias de reforestación para las empresas del subsector, ya que las industrias que fabrican papel también son las principales causantes de la deforestación de zonas.

### **Tratamiento de agua residual y lodo para el subsector**

En base a la investigación efectuada por (Mansilla & Casavilca, 2021), se propone con el fin de reducir los niveles de contaminación, el sistema de tratamiento coagulación y floculación en los que se utilizan cloruro de polialuminio (PAC) y sulfato de aluminio que son muy efectivos para la eliminación de sólidos en suspensión (SS), coloides y toxicidad en las aguas residuales.

En el área de producción de papel y cartón, las aguas son conducidas mediante canaletas hacia la cámara de reunión principal, cámara de concreto subterránea de 4m<sup>3</sup> para ser bombeadas a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la empresa, el tratamiento inicia con la coagulación-floculación cabe resaltar que en esta etapa es por Batch de 8m<sup>3</sup> (4 batch/día), los tratamientos siguientes son la electroflotación, electrocoagulación y lechos de filtración de grava y arena.

**Figura 18***Proceso coagulación- floculación*

*Nota.* La figura representa el proceso coagulación- floculación, tomado de Mansilla (2021).

Equipos e instrumentos empleados por procesos:

El proceso inicia con la dosificación de coagulante y floculante, primero se agrega 6 l de Sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) de concentración 0.91 kg/l y se mezcla con aire comprimido durante 3 minutos, luego se procede a verificar que el coagulante haya separado las partículas del agua, luego se adiciona 10l de solución de Polímero Catiónico cuya concentración de es de 5g/l y se mezcla con aire comprimido durante 3 minutos. Ver Tabla 18.

Luego de obtener los lodos, se procede a bombear a un segundo tanque de 2m<sup>3</sup> para la filtración a presión en el filtro prensa de marco y placas de poliuretano de 40x40 cm donde se obtendrá el lodo con 30% de humedad, prácticamente es un residuo sólido.

**Tabla 19***Dosificación de coagulantes y floculantes*

<b>Parámetros de proceso</b>	<b>Medida</b>
Volumen de solución de $Al_2(SO_4)_3$ 0.91 kg/l:	6 litros
Volumen de solución de Polímero Catiónico:	10 litros
Tiempo de mezcla en la coagulación:	3 min
Tiempo de mezcla en la floculación:	3 min

*Nota.* La tabla representa la dosificación de coagulantes y floculantes, tomado de Mansilla & Casavilca, (2021), elaborado por el autor.

El agua clarificada se bombea a un tercer tanque plástico (Ht-0) de 10m<sup>3</sup> donde se almacenará el agua para continuar con la electroflotación; aquí mediante bomba P00 se envía al reactor de Electroflotación EF-1 que cuenta con placas acero inoxidable, en esta etapa flotan aceites y grasas, así como sólidos de mayor tamaño (almidón y tinta); el agua y las espumas (contaminantes) formados en dos fases se conducen a los lechos de filtración 1 y 2 que funcionan en paralelo, quedando la espuma en la superficie del lecho y el agua atraviesa la arena y grava.

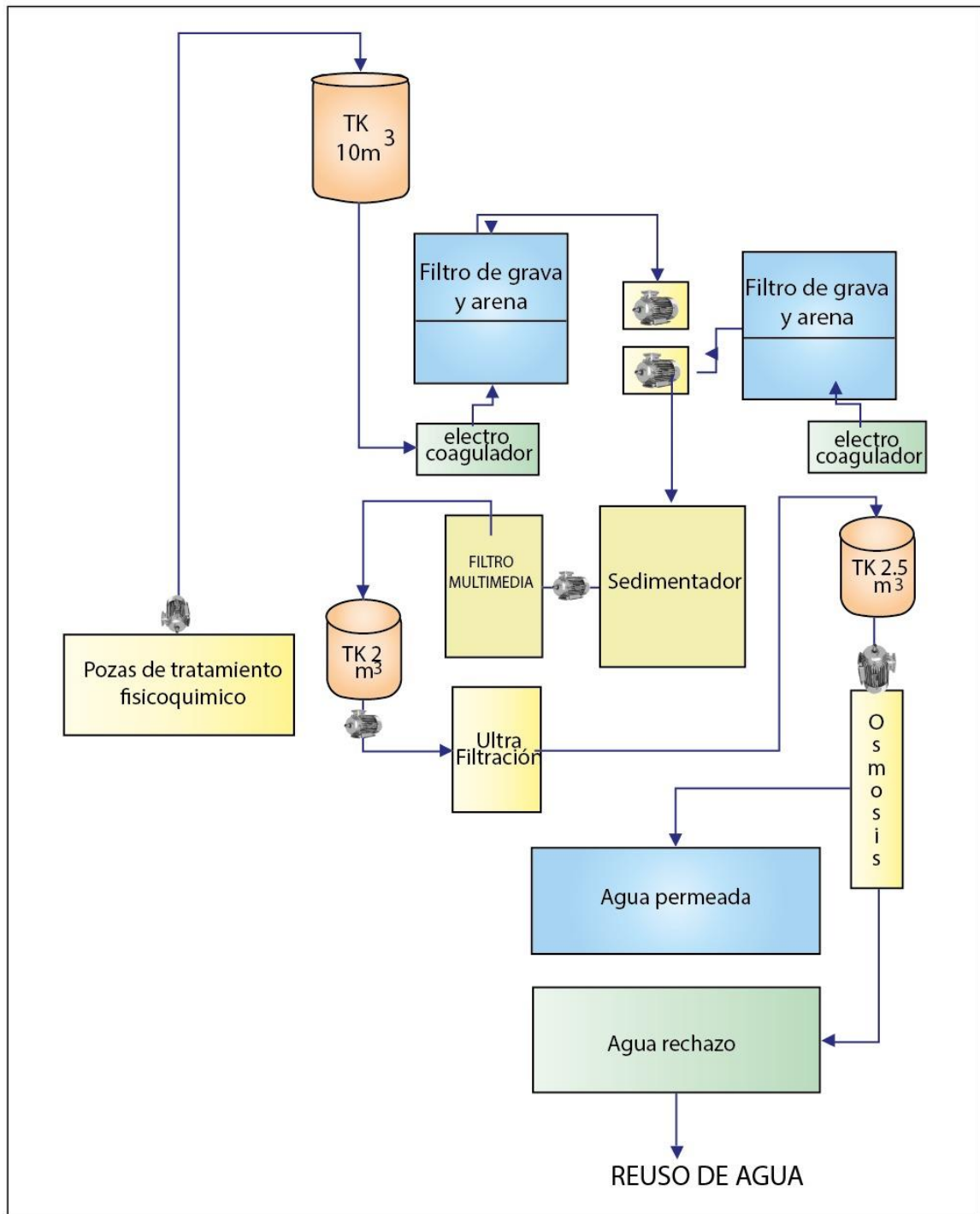
La corriente eléctrica es suministrada por la fuente regulada de (Voltaje Greego1) que cuenta con control automático de corriente y polaridad inversa. Las electroválvulas V1- V2, V3, V4 permiten la operación automática de limpieza del sistema. La limpieza consiste en detener la operación, drenar los fondos del reactor y lavar con agua tratada de la red. La bomba sumergible P01 envía el agua percolada en estos lechos hacia el electrocoagulador cuyo objetivo principal es retirar los materiales suspendidos y coloides.

El electrocoagulador separa el agua residual en dos fases: una corriente de agua que alimenta el tanque Sedimentador (Ubicado debajo de la celda) y la otra fase de espumas o lodos con la mayoría de los contaminantes, son conducidos directamente a las cámaras de lechos de filtración 3 y 4. La corriente eléctrica es suministrada por la fuente regulada de Voltaje Greego2 que cuenta con control automático de corriente y polaridad inversa. Las electroválvulas V1- V2, V3, V4 permiten la operación automática de limpieza del sistema. La limpieza es similar a la citada línea arriba.

El tanque sedimentador cuenta con un bafle separador que rebosa hacia el HT-1. Del tanque sedimentador se retirarán lodos usando la bomba P07 sumergible y selector en el tablero de fuerza de Electrocoagulación. Estos lodos pueden ir a lechos 1,2,3,4 según requerido. La bomba sumergible P00A lleva el agua percolada en los lechos 3 y 4 al HT-1 (Manual R3PROTEK, 2021) (Ver Figura 18).

**Figura 19**

*Diagrama de flujo de tratamiento de aguas*



*Nota.* La figura representa diagrama de flujo de tratamiento de aguas, tomado de Manual Protek, (2021).



## **Recurso tecnológico que fabrica pulpa de papel reciclado mediante la tecnología TIGER DEPACK PPS**

Esta es una tecnología propuesta de origen italiano para optimizar el ciclo de producción de papel.

El sistema PPS es un innovador sistema de separación diseñado para minimizar la pulpa de las fábricas de papel normalmente destinada al vertedero o incineradora y para recuperar materias primas para la producción (Cesaro Mac Import, 2020).

El TIGER DEPACK PPS fue construido específicamente para el procesamiento de desechos de productos de las fábricas de papel, para su instalación en línea con la cadena de producción, brindando la máxima confiabilidad y las mínimas dimensiones totales, según sea necesario.

Mediante el uso de TIGER DEPACK PPS, la papelera moderna puede presumir concretamente de un ciclo de producción de vanguardia, atento a la gestión adecuada de recursos indispensables como el agua y la celulosa, con retornos de inversión a muy corto plazo, reduciendo drásticamente la necesidad para los sistemas de eliminación de residuos y, al mismo tiempo, obtener rendimientos en términos de recuperación de materias primas.

Al constituir un rubro de gran valor económico y de proceso, la celulosa se compone de un rico flujo de materia prima apta para la reutilización y, al mismo tiempo, un rubro de costo que puede reducirse.

Los resultados obtenidos con esta nueva tecnología, demuestran una recuperación media del 70% en peso del material devuelto al ciclo productivo. El 30% restante muestra características mucho más uniformes y adecuadas a procesos de valoración específicos.

### **Tabla 20**

#### *Ficha técnica de tecnología Tiger Depack PPS*

Ficha Técnica Tiger Depack PPS		
TIGER HS 20 UNIT	STANDARD HOPPER	15-25 t/h
Tolva	Tolva estándar AISI 304	5,4 m <sup>3</sup>
Bases	Bases estándares	1,200 mm
Separaciones	Basket en Iron STEEL S700, Shaft, Paddles, Bearings	
Extracción de plástico	Dry fraction extractor screw	
Motores	Motor ABB para el eje	75 kW

	Motor gearmotor para la tolva de alimentación 11 kW	
	Motor gearmotor para el tornillo de extracción 5,5 kW	
Líquidos	Doble línea de entrada de agua: línea de agua de proceso y línea de lavado	
	Electroválvula para la regulación del caudal de agua entrante	
	Contador en litros	
Sistema eléctrico y software	Panel de control con pantalla táctil	
	Software	
	Soft starter	75 kW
	Convertidor de frecuencia	11 kW
	Cabina eléctrica	
	Sensor de rotación para rotor	

*Nota.* La tabla representa la ficha técnica de tecnología Tiger Depack PPS, tomado de Cesaro Mac Import, (2020). Elaborado por el autor.

## Figura 20

### Diseño del TIGER DEPACK PPS



*Nota.* La figura representa el diseño del TIGER DEPACK PPS, tomado de Cesaro Mac Import (2020).

## Tecnologías de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (precombustión, oxicombustión y postcombustión).

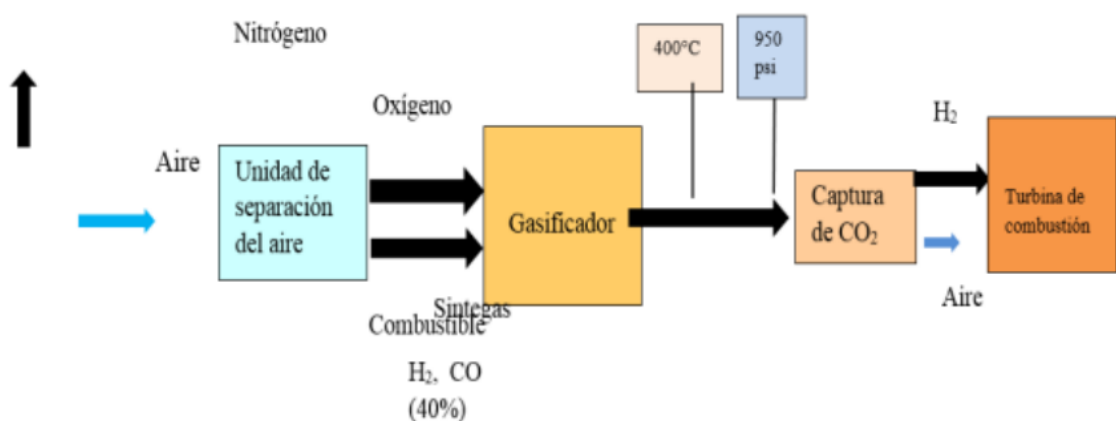
### Precombustión:

Consiste en eliminar el CO<sub>2</sub> después de convertir un combustible (hidrocarburo líquido, gas natural, carbón o biomasa lignocelulosa) en una mezcla de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H<sub>2</sub>) para formar gas de síntesis. El gas de síntesis, o sintegas, se procesa a través de una reacción de conversión de desplazamiento durante la cual se produce más hidrógeno y se forma CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> formado se captura mientras que el hidrógeno se puede quemar para producir energía (electricidad y/o calor) sin emisión de CO<sub>2</sub>. El H<sub>2</sub> es purificado por medio de absorción química o física del CO<sub>2</sub> (fácil separación debido a la alta presión parcial del CO<sub>2</sub>) (Jones, 2019).

El H<sub>2</sub> recuperado puede ser empleado en calderas, turbinas de gas (en plantas que puedan usar H<sub>2</sub> de combustible) o podría ser usado en un ciclo combinado de gasificación integrada (CCGI) en plantas generadoras. Este proceso se emplea principalmente en termoeléctricas de quema de carbón, o plantas que usen carbón, aunque puede bajar la eficiencia este proceso en pérdidas de energía en capturar el CO<sub>2</sub> de una planta con 38.4% a 31.2% de eficiencia, puede recuperarse un poco en el uso del H<sub>2</sub> como combustible en un CCGI.

**Figura 21**

*Diseño del proceso de Precombustión*



*Nota.* La figura representa el Diseño del proceso de precombustión, tomado de Jones (2019).

### Oxicombustión:

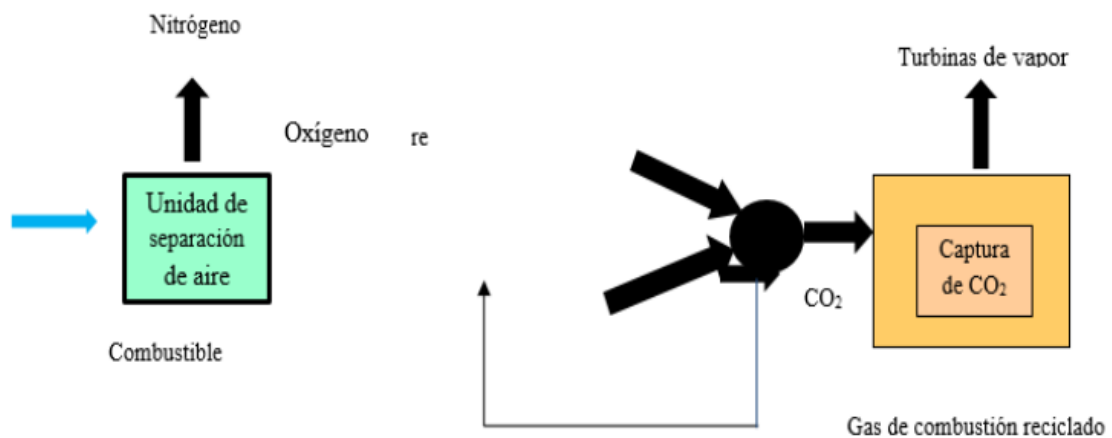
Una alternativa de capturar CO<sub>2</sub> de gas combustible es modificar el proceso de combustión de tal forma que el gas combustible tenga una alta concentración de CO<sub>2</sub>. Una

tecnología prometedora para lograr esto es la oxicomustión, en donde el combustible es quemado con oxígeno casi puro (cerca del 95 %) mezclado con gas de combustión reciclado. La opción más frecuentemente propuesta en este concepto es la unidad de separación de aire criogénico; que es usada para suministro de oxígeno de alta pureza para calderas de carbón pulverizado (Esparza, 2017).

Este oxígeno de alta pureza se mezcla con gases de combustión reciclado antes de la combustión en la caldera para mantener condiciones similares de combustión a con la configuración de quema con aire. Esto es necesario porque actualmente no se encuentran disponibles materiales en las calderas que resistan las altas temperaturas resultantes de la quema de carbón con oxígeno puro (Figuroa, Fout, Plasynski, McIlvried, & Srivastava, 2018).

### Figura 22

#### *Diseño del proceso de oxicomustión*



*Nota.* La figura representa el diseño del proceso de oxicomustión, tomado de Esparza (2017).

### **Postcombustión:**

Las opciones para la captura de CO<sub>2</sub> en la postcombustión son caras, pero pueden utilizarse para bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> y pueden integrarse con las centrales eléctricas existentes para una captura efectiva (Sreedhar, Nahar, Venugopal, & Srinivas, 2017).

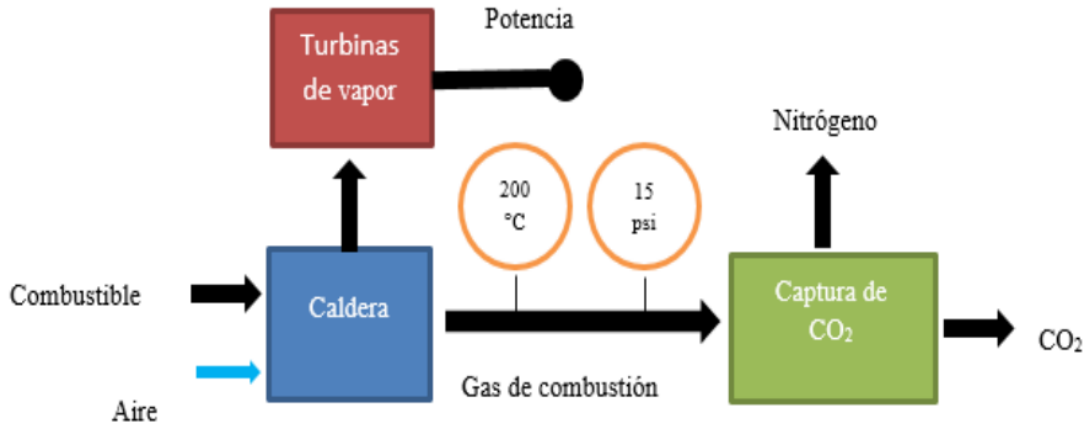
Las diferentes tecnologías para la captura de CO<sub>2</sub> en la postcombustión son: la absorción (química y física), adsorción, separación criogénica, separación por membrana y combustión química de bucles (Sreedhar, Nahar, Venugopal, & Srinivas, 2017).

La absorción es una opción técnica que puede utilizarse en ambos modos de captura de CO<sub>2</sub> antes y después de la combustión; esta tecnología ya se ha comercializado. La absorción física depende de la solubilidad del CO<sub>2</sub> en el disolvente y se prefiere a altas

presiones. La absorción química se prefiere debido a la mayor capacidad de absorción a baja presión parcial de CO<sub>2</sub>.

**Figura 23**

*Diseño del proceso de Postcombustión*



*Nota.* La figura representa el diseño del proceso de postcombustión, tomado de Esparza (2017).

**Estrategias de reforestación para las empresas del subsector**

Para el desarrollo del plan de forestación deberán tomarse en cuenta varios programas de mejora:

- Programa de capacitación
- Programa de educación ambiental
- Programa de reforestación

**Tabla 21**

*Estrategias de intervención para empresas del subsector*

Programas	Actividades	Área de aplicación	Recursos	Indicadores	Financiamiento
Programa de capacitación	Conversación directa con los representantes de la empresa, para impartir la importancia de aplicar un plan de reforestación.	Miembros de la empresa	Recursos Humanos Recursos Materiales Recursos Didácticos (pizarra, diapositiva, etc.)	Total de participantes y asistentes en los talleres.	\$ 500.00

Programa de educación ambiental	Impartir talleres a los miembros de la empresa, para instruir sobre las respectivas leyes y reglamentos que rigen los ambientes naturales sanos y equilibrados.	Miembros de la empresa	Recursos Humanos Recursos Materiales Recursos Didácticos (pizarra, diapositiva, etc.)	Total de \$ 500.00 participantes y asistentes en los talleres.
Programa de reforestación	Determinar cuántos árboles forestales se sembraran.	Miembros de la empresa	Recursos Humanos Recursos Materiales Recursos Reforestales (abonos, semillas, otros)	Total de \$ 10.000,00 árboles plantados y lugar del sitio totalmente reforestado.

*Nota.* La tabla representa las estrategias de intervención para empresas del subsector, tomado Moreira (2016). Elaborado por el autor.

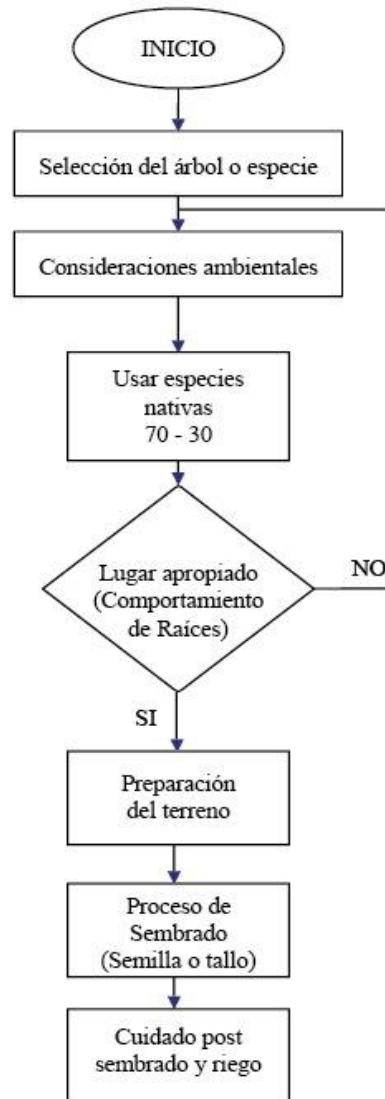
La reforestación se realiza mediante siembra natural o directa, germinación o plantación. En algunos casos, puede reforzarse con material mejorado genéticamente.

La técnica de árbol semillero implica dejar varios árboles maduros para dar semillas (6-15 por acre). Normalmente, se cortan después de que las plántulas arraiguen o se dejan para la vida silvestre o por estética.

Este tipo de reforestación puede combinarse con la plantación si la siembra natural no es suficiente. La reforestación con semillas es buena para algunas especies de pinos y robles.

La tala de regeneración bajo cubierta incluye el cultivo de árboles jóvenes con árboles maduros que proporcionen refugio. El método contiene tres etapas:

- Tala preparatoria para una mejor producción de semillas;
- Tala de establecimiento para suministrar semillas;
- Tala de eliminación de los árboles maduros para erradicar la competencia.
- Este método se utiliza para el arce azucarero y algunos tipos de roble y pino.

**Figura 24***Diseño del proceso plantación*

*Nota.* La figura representa el diseño del proceso plantación, tomado de Moreira (2016). Elaborado por el autor.

### 3.2 Conclusiones.

Una vez habiendo desarrollado el proceso de investigación del presente proyecto y en base a los objetivos planteados en el mismo se definieron las siguientes conclusiones:

Se procedió mediante la información recopilada a estructurar un estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental con aplicación a las industrias manufactureras de fabricación de papel y producto de papel del Subsector C.I.I.U C17 que busque crear responsabilidad social y ambiental.

Durante el proceso de investigación desde diferentes fuentes bibliográfica sobre los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental, se determinó que la compensación

ecológica de carbono es fundamental para coordinar la protección ambiental regional, reducir la brecha entre el desarrollo económico de las áreas protegidas y las áreas beneficiarias, y alcanzar la neutralidad de carbono, así como el cumplimiento de normativas ambientales en las empresas del Subsector C.I.I.U C17.

Posterior a ello se estableció la caracterización de los desechos, y la estimación de la huella de carbono en las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17, donde se pudo conocer que las empresas grandes generan 340,477.02 toneladas de desechos, las pymes 285,832.56 toneladas y las micro 39,231.92 toneladas; dando un total de 665,541.5 de desechos anuales. En lo que respecta a la zona 8, las empresas grandes generan 151,323.12 toneladas de desechos, empresas pymes 117,695.76 y micro 18,915.39, dando un total anual de 287,934.27 (Guayaquil, samborondón y Durán).

Por último, se planteó una propuesta de mejora fundamentada en la información recopilada para las principales empresas manufactureras del Subsector C.I.I.U C17, donde se puede destacar la estructura de la misma, donde se propuso el trata tratamiento de agua residuales y lodos a través de la coagulación y floculación; sumado al recurso tecnológico TIGER DEPACK PPS que puede fabricar pulpa de papel con papel reciclado, aprovechando al máximo la materia prima del papel y generando menos contaminación, así también el uso de la tecnología de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (precombustión, oxicombustión y postcombustión) y las estrategias de reforestación para las empresas, ya que las industrias que fabrican papel también son las principales causantes de la deforestación de zonas.

### **3.3 Recomendaciones.**

En base a las conclusiones se establecieron las siguientes recomendaciones:

Toda empresa genera residuos, para algunas empresas, puede ser cartón o papel de desecho o usar energía, agua y materias primas de manera ineficiente; pero independientemente de su tamaño o tipo, puede beneficiarse de la prevención y reducción de la contaminación al aplicar el presente estudio informativo basado en los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental.

Se recomienda la aplicación de los conceptos de carbono neutro y compensación ambiental en las empresas que forman parte del subsector C.I.I.U C17. Fabricación de papel y productos de papel, con ello se estará mejorando la imagen representativa de la empresa frente a la comunidad, mejora de la seguridad de los trabajadores y la responsabilidad



medioambiental de la empresa, genera la disminución de las obligaciones regulatorias, uso más eficiente de la energía, las materias primas y los recursos naturales, entre otros.

Se sugiere de igual forma determinar cuáles son sus desechos, incluidos los desechos peligrosos, los desechos no peligrosos, los desechos sólidos y los desechos de oficina. Analizar el consumo de energía y agua; caracterizar los flujos de desechos determinando de dónde provienen los desechos, qué procesos los generan y cuánto se desecha, evaluando todos o algunos desechos para su posible eliminación o reducción utilizando el cálculo de la huella de carbono planteado en la tesis.

Por último, se recomienda la aplicación y ejecución de la propuesta de mejora ambiental que se planteó en el proyecto de tesis, ya que se proponen estrategias que reducirán la producción de desechos, ya se de las aguas residuales, lodos, generación elevadas de dióxido de carbono; además de capacitar al personal sobre concientización ambiental medidas preventivas y reforestación. Estrategias destinadas principalmente para empresas dedicadas a la fabricación de papel o productos de papel, pero que pueden adaptarse a diversas industrias para disminuir la contaminación.

## Bibliografía

- Acuerdo Ministerial 097. (2015). Ministerio del ambiente . Obtenido de [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Documentos/calidad\\_ambiental/normativas/acuerdo\\_ministerial\\_97a.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf)
- Acuerdo Ministerial No. 061. (2015). Obtenido de [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_acuerdo\\_ministerial-061.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo_ministerial-061.pdf)
- Arandas, J. (2015). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizada para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y e.
- Basri, A. (2022). Biosecado de residuos sólidos urbanos bajo diferentes periodos de ventilación. Obtenido de <https://www.eeer.org/journal/view.php?number=771>
- Bhandari, P. (2022). What Is Qualitative Research? Methods & Examples. Obtenido de <https://www.scribbr.com/methodology/qualitative-research/>
- Bollegraaf. (2022). Opti-Sort. Obtenido de <https://www.bollegraaf.com/technologies/opti-sort/>
- Bravo, D. G. (2019). Propuesta de un plan de manejo de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos para una empresa de manufactura de abrasivos. . In Anales Científicos (Vol. 76, No. 1, pp. 68-77). Universidad Nacional.
- Burbano, C. (2021). Estudio de viabilidad de un modelo de innovación de turismo de conciencia ambiental basado en el aprovechamiento de residuos sólidos en las veredas la Yunga y Río Hondo (Doctoral dissertation, Uniautó).
- Cesaro Mac Import. (2020). Tiger Depack . Obtenido de <https://www.tigerdepack.com/en/tiger-depack/hs5-pps.html>
- CIU 4.0. (2012). CLasificación Nacional de Actividades Económicas . Obtenido de <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciuu.pdf>
- Codigo Organico del Ambiente. (12 de Abril de 2017). Registro Oficial Suplemento 983. Obtenido de [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)

- EMIS. (2021). SMURFIT KAPPA ECUADOR S.A. (ECUADOR). Obtenido de [https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Smurfit\\_Kappa\\_Ecuador\\_SA\\_es\\_3566534.html](https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Smurfit_Kappa_Ecuador_SA_es_3566534.html)
- Encyclopaedia Britannica . (21 de Noviembre de 2022). Carbon dioxide. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/carbon-dioxide>
- ENESEM. (2020). Módulo de Información Económica Ambiental en Empresas. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/EMPRESAS/Empresas%1F\\_2020/PRES\\_MOD\\_AMB\\_EMP\\_2020\\_Vf.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas%1F_2020/PRES_MOD_AMB_EMP_2020_Vf.pdf)
- España, S. (2017). Tecnologías de captura y almacenamiento de dióxido de carbono. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol4num12/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias\\_V4\\_N12\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol4num12/Revista_de_Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias_V4_N12_4.pdf)
- FCA. (2020). Sector papel y cartón en Ecuador . Obtenido de [https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diagnosticos/Diagnostico\\_N31.pdf](https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diagnosticos/Diagnostico_N31.pdf)
- Fiedler, S. y. (2016). Entornos personales de aprendizaje: ¿concepto o tecnología?. Revista Internacional de Entornos de Aprendizaje Personales y Virtuales (IJVPLE) , 2 (4), 1-11.
- Füssel, H. y. (2018). Evaluaciones de vulnerabilidad al cambio climático: una evolución del pensamiento conceptual. Cambio climático , 75 (3), 301-329.
- Geoenergía.gob. (2022). Hidrólisis térmica. Obtenido de [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/informe\\_de\\_rendicion\\_de\\_cuentas\\_iige\\_2018.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/informe_de_rendicion_de_cuentas_iige_2018.pdf)
- Gipuzkoa.eus. (2022). biodrying. Obtenido de [https://iea.blob.core.windows.net/assets/61bcfd8b-5e64-46ad-9b8f-2f6f1eea12ab/2.3\\_Nagore\\_13Jul2021.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/61bcfd8b-5e64-46ad-9b8f-2f6f1eea12ab/2.3_Nagore_13Jul2021.pdf)
- Guarnizo, S. Y. (2022). “Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura C.I.I.U. C-22. [Tesis de pregrado de Pregado,

- Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64339/4/GUARNIZO%20SALAZAR%20YURI%20MARYBEL.pdf>
- Gupta, G. K. (2020). Contaminantes derivados de la industria de la pulpa y el papel, sus peligros para la salud y los riesgos ambientales. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468584419300479>
- Howell. (2021). The Eco Experts. Chicago.
- IFC. (2017). Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las fábricas de pasta y papel. Obtenido de <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/7b5a55fc-c1fe-42a1-bf29-3aece54f88c4/0000199659ESes%2BPulp%2Band%2BPaper%2BManufacturing%2B%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nPtIX.Y>
- INEC. (2022). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC. (2012). Unidad de Análisis de síntesis . Obtenido de <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- ISO 9001:2015. (s.f). International Organization for Standardization (ISO). Obtenido de <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>
- Jerry, N. (30 de Noviembre de 2020). Contaminación ambiental. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/pollution-environment>
- Jiang, S. (2020). The influence of pulp and paper industry on environment. Obtenido de <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130802007>
- Kempner, D. (2018). Impactos del papel en el medio ambiente. Obtenido de <https://community.aiim.org/blogs/dennis-kempner/2016/12/06/impacts-of-paper-on-the-environment>
- Lagerkvist, A. E. (2021). Caracterización de residuos: enfoques y métodos. En Tecnología y Gestión de Residuos Sólidos (pp. 63-84). Wiley.
- Ley de Gestión Ambiental . (2012). Codificación 19. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

- Lim, E. C. (2017). Inteligencia empresarial y análisis: direcciones de investigación. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)* , 3 (4), 1-10.
- Mandojana, N. O. (2020). Estrategia Ambiental. Obtenido de [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1057/978-1-137-00772-8\\_477#:~:text=Environmental%20strategy%20is%20a%20firm's,voluntarily%20prevented%20negative%20environmental%20impacts](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1057/978-1-137-00772-8_477#:~:text=Environmental%20strategy%20is%20a%20firm's,voluntarily%20prevented%20negative%20environmental%20impacts).
- Mann, M. E. (15 de Noviembre de 2022). Gases de efecto invernadero. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>
- Mansilla, F. M., & Casavilca, N. M. (2021). Characterization of wastewater in the carton packaging industry. Case: Cartones Villa Marina.
- Martínez, G. (2022). Diseño y desarrollo de un sistema para el cálculo y conocimiento de la huella de carbono en productos (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- M'hamdi, A. I. (2021). Evaluación del ciclo de vida de la producción de papel a partir de madera tratada. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217338730>
- Millán, A. D. (2019). Huella de Carbono. Obtenido en: <https://campussostenible.org/wp-content/uploads/2017/04/anexo-13-huella-de-carbono-2015.pdf>.
- Miranda, M. F. (2019). Impacto del Plan de Sostenibilidad en la Imagen de Marca Corporativa. Obtenido de <http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/bitstream/handle/123456789/969/Impacto%20del%20Plan%20de%20Sostenibilidad%20en%20la%20Imagen%20de%20Marca%20Corporativa%20Caso%20Papelera%20Nacional.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mora, L. V. (2017). Dimensión ambiental, desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental del desarrollo. In Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)“Innovation in Engineering, Technology.
- Muñoz, P. C. (2022). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO Y LAS METAS AMBIENTALES DEL ECUADOR PARA LA APLICACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EMPRESAS DEL SECTOR MANUFACTURA, C.I.I.U. C-10 [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil].

- Repositorio Institucional, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64440/4/MU%20c3%91OZ%20PAREDES%20CINTHYA%20CLARICEL.pdf>
- Naranjo Luzuriaga, E. J. (2022). Conciencia ambiental, derechos del buen vivir y la eliminación de productos plásticos aproximación desde la enseñanza universitaria. *Conrado*, 18(85), 412-423.
- Nascar, J. (2020). La importancia de la conciencia ambiental al administrar un negocio. Obtenido de <https://www.cooneycarey.ie/2022/07/27/the-importance-of-environmental-awareness-when-running-a-business/>
- Navarrete, R. S. (2022). Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, C.I.I.U. C-17. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64443/4/NAVARRETE%20ROCAFUERTE%20SAMANTHA%20YULEISY.pdf>
- NORMA ISO 14001. (2015). Guía de implantación para sistemas de gestión ambiental. Obtenido de <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-14001-Guia-de-implantacion.pdf>
- Numa. (2016). Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Deshechos Peligrosos y su Eliminación. Obtenido de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-basilea-control-movimientos-transfronterizos-deshechos-peligrosos-su-eliminacion>
- ONU. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- PANASA. (2021). Papelería Nacional. Obtenido de <https://papelernacional.com/>
- Pandey, D. A. (2018). Huella de carbono: métodos actuales de estimación. *Monitoreo y evaluación ambiental*, 178 (1), 135-160.
- Procarsa. (2021). Productora Cartonera S.A. Obtenido de [https://ungc-production.s3.us-west-2.amazonaws.com/attachments/cop\\_2021/499577/original/INFORME%20PACTO](https://ungc-production.s3.us-west-2.amazonaws.com/attachments/cop_2021/499577/original/INFORME%20PACTO)

%20GLOBAL%20%20PROCARSA%20GRUPO%20SURPAPEL.pdf?1624975590

- Ramírez, G. (2019). Análisis sobre carbono neutralidad y dificultades técnicas para la implementación de una clínica dental ecológica. *Odontología Vital*, (30), 73-78.
- Rauch, E. S. (2019). Fabricación colaborativa en la nube: diseño de innovaciones de modelos de negocio habilitados por sistemas ciberfísicos en sistemas de fabricación distribuidos. *Revista de Ingeniería*, 201.
- Recker. (2021). Carbon footprint calculation. Obtenido de [https://www.sacyr.com/documents/63048160/63077291/Carbon+Footprint+Calculation+ed+4+ENG\\_v2.pdf/910360b7-8db1-d9da-d077-4edf55a93934?t=1616662976671](https://www.sacyr.com/documents/63048160/63077291/Carbon+Footprint+Calculation+ed+4+ENG_v2.pdf/910360b7-8db1-d9da-d077-4edf55a93934?t=1616662976671)
- Riveros, W. E. (2018). La importancia de la logística verde para la gestión ambiental empresarial. In *Congreso Internacional en Administración de Negocios Internacionales.: CIANI 2017* (pp. 760-772). Universidad Pontificia Bolivariana.
- Rundcrantz, K. y. (2018). Compensación ambiental en la planificación: una revisión de cinco países diferentes con mayor énfasis en el sistema alemán. *Medio Ambiente Europeo*, 13 (4), 204-226.
- Salas, G. &. (2018). Huella de carbono en la industria textil. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 12(2), 25-28.
- Shen, Y. (2021). Perfil de la industria de fabricación de papel y productos de papel. Obtenido de <https://www.firstresearch.com/industry-research/Paper-and-Paper-Products-Manufacturing.html>
- Sileyew, K. (2019). *Diseño y metodología de la investigación* (págs. 1-12). Rijeka: IntechOpen.
- Superintendencia de Compañías. (2022). [supercias.gob.ec](https://mercadodevalores.supercias.gob.ec). Obtenido de <https://mercadodevalores.supercias.gob.ec/reportes/directorioCompanias.jsf>
- Williams. (2018). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU)*. Madrid: Marcombo.
- Zaragoz, A. (2020). The all-on-four treatment concept: Systematic review. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(3), e474.

