

**ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS PLÁSTICOS PET EN BOGOTÁ**

**DANIELA GONZALEZ GUZMAN
LEISLY LORENA MEDINA GONZALEZ**

**Proyecto integral de grado para optar por el título de:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Orientador
Juan Carlos Robles
Doctor en administración**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C
2023**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Javier
Firma del Director

Nombre
Firma del Presidente Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Bogotá, D.C. febrero 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García – Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García – Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alejandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana de la Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Programa de Ingeniería Industrial

Dr. Mónica Yineth Suárez Serrano

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

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos, por habernos apoyado durante todo este proceso e impulsado a lograr nuestros objetivos y a ser mejores profesionales. De igual forma, agradecemos a todas esas personas que han contribuido con la realización de esta tesis.

Este trabajo está dedicado a todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los profesores de la Fundación Universidad de América, de quienes aprendimos mucho y quienes no solo nos enseñaron conocimientos propios de la carrera, sino que también nos enseñaron a ser una mejor persona tanto en la vida cotidiana como profesional y por encima de todo, gracias a nuestras familias por confiar en nosotras, por el apoyo incondicional y todo el amor.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Árbol del problema	16
1.2. Antecedentes	18
1.3. Pregunta de investigación	22
1.4. Justificación	22
1.5. Objetivo General	23
1.6. Objetivos Específicos	23
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Métodos de recolección de residuos	24
2.1.1. <i>Método Mecánico</i>	24
2.1.2. <i>Método químico</i>	26
2.1.3. <i>Método energético</i>	27
2.2. Actores dentro de un modelo de economía circular	29
2.2.1. <i>Economía circular</i>	29
2.2.2. <i>Reciclaje</i>	31
2.2.3. <i>Logística directa</i>	32
2.2.4. <i>Logística inversa</i>	32
2.2.5. <i>Logística verde</i>	32
2.2.6. <i>Casos analizados de economía circular</i>	33
2.3. Integración entre actores	34
2.3.1. <i>Simbiosis industrial</i>	36
2.3.2. <i>Parque industrial Ecoeficiente (PIE) o parque Eco industrial</i>	38
3. DISEÑO METODOLÓGICO	39
3.1. Tipo de investigación	39
3.2. Fuentes y técnicas de información	39
3.3. Fase exploratoria	39
3.4. Fase descriptiva	40
3.5. Fase de diseño o desarrollo	40
4. MARCO LEGAL	42
4.1. Constitución política de Colombia	42

4.2. Proyecto de ley N° 298-2020 del senado	43
4.3. Decreto 317 de 2021 alcaldía mayor de Bogotá, D.C	43
4.4. Resolución N° 1407 de 2018	43
4.5. Resolución 2184 de 2019	43
4.6. Documentos CONPES 3874 de 2016	43
4.7. Ley 2232 de 2022	44
4.8. Decreto 2811 de 1974	44
4.9. Ley 430 de 1998	44
4.10. Decreto 2981 de 2013	44
4.11. Resolución 1407 de 2018	44
4.12. Decreto 1505 de 2003	44
5. CARACTERIZAR LOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS PET EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ	45
5.1. Generadores	45
5.2. Recicladores de oficio	49
5.3. Bodegas o centro de acopio	50
5.4. Comercialización	51
5.5. Clasificación	52
5.6. Transformación del material	54
5.7. Producto terminado (MP virgen)	55
6. DEFINIR LOS ACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LOS RESIDUOS PLÁSTICOS EN BOGOTÁ	60
6.1. Ecología Industrial	61
6.2. Leyes de la ecología	63
6.3. Cradle to Cradle (C2C)	63
6.3.1. <i>Ciclo biológico</i>	64
6.3.2. <i>Ciclo técnico</i>	65
6.4. Regenerative desing	65
6.5. Economía azul	66
6.6. Biomimetismo	69
7. DISEÑAR PROCESOS DE INTEGRACIÓN ENTRE LOS ACTORES EN CADA ETAPA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	73
7.1. Análisis de la cadena del plástico PET	73

7.1.1. <i>Rediseñar</i>	74
7.1.2. <i>Reducir</i>	74
7.1.3. <i>Reutilizar</i>	76
7.1.4. <i>Reparar</i>	77
7.1.5. <i>Renovar</i>	77
7.1.6. <i>Reciclar</i>	78
7.1.7. <i>Recuperar</i>	78
7.2. Mapeo de actores	82
7.2.1. <i>Fuentes de apoyo financiero</i>	83
7.2.2. <i>Poder de los grupos de interés</i>	84
7.3. Valoración de los actores	87
7.4. Matriz PESTEL	90
7.5. Proceso metodológico para la conformación del parque eco industrial con criterios de simbiosis	92
7.5.1. <i>Planta de transformación del plástico</i>	93
7.5.2. <i>Industria textil</i>	96
7.5.3. <i>Industria de empaques de farmacia</i>	99
7.5.4. <i>Industria automotriz</i>	101
7.5.5. <i>Industria de envases de alimentos</i>	104
7.6. Matriz MED	106
7.6.1. <i>Red simbiótica del parque eco industrial</i>	108
8. CONCLUSIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	113

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Lista de los ríos más contaminados del mundo por plásticos	16
Figura 2. Árbol del problema	17
Figura 3. Participación bruta de la industria de los plásticos en el país	21
Figura 4. Proceso de reciclaje de un método mecánico	25
Figura 5. Proceso de Metanolisis	26
Figura 6. Proceso de Glicólisis	27
Figura 7. Reciclado energético de botellas PET	28
Figura 8. Modelo cíclico de la economía circular	31
Figura 9. Partes interesadas de la empresa Enka	34
Figura 10. Red simbiótica desarrollada en Kalundborg Dinamarca	37
Figura 11. Código de colores para la clasificación de residuos	46
Figura 12. Composición de los residuos en la ciudad de Bogotá	47
Figura 13. Nuevo esquema de aseo en la ciudad de Bogotá	48
Figura 14. Cantidad de material transformado por las empresas en toneladas mensuales	52
Figura 15. Esquema del proceso de extrusión	55
Figura 16. Ciclo de material virgen y material reciclado	56
Figura 17. Diagrama del proceso de recolección de residuos en Bogotá D.C	58
Figura 18. Principios de la sostenibilidad	60
Figura 19. Ecología industrial	61
Figura 20. Ciclos propuestos por el modelo C2C	63
Figura 21. Estructura del diseño regenerativo	65
Figura 22. Funcionamiento de la economía azul	66
Figura 23. Actividades de la economía azul	67
Figura 24. Estructura de la biomímesis	69
Figura 25. Diagrama sistémico de economía circular (Círculo de valor)	71
Figura 26. Diseño de ciclo cerrado para la cadena de suministro del plástico PET	79
Figura 27. Diagrama de Venn	87
Figura 28. Diagrama de flujo de la industria del envasado alimentario	93
Figura 29. Diagrama de flujo de la industria textil	96
Figura 30. Diagrama de flujo de empaques farmacéuticos	98
Figura 31. Diagrama de flujo de la industria automotriz	101

Figura 32. Diagrama de flujo de la industria de envasados de alimentos	103
Figura 33. Red de simbiosis entre diferentes industrias	106

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de materiales plásticos	19
Tabla 2. Participación de la industria de productos plásticos en la industria manufacturera	19
Tabla 3. Distribución geográfica de la producción de la industria de plásticos, 1976	20
Tabla 4. Características físicas del plástico PET reciclado mecánicamente	25
Tabla 5. Principios de la economía circular: las 7R	30
Tabla 6. Localidades en la que habitan y trabajan los recicladores de oficio	49
Tabla 7. Características del Tereftalato de polietileno (PET)	53
Tabla 8. Estandarización de factores que hacen parte de un modelo de economía circular	71
Tabla 9. Actores de interés a nivel nacional	84
Tabla 10. Actores de interés a nivel regional	86
Tabla 11. Valoración de actores	89
Tabla 12. Matriz PESTEL	90
Tabla 13. Recopilación de la planta de transformación del plástico	93
Tabla 14. Recopilación de datos de la industria textil	96
Tabla 15. Recopilación de datos de la industria farmacéutica	99
Tabla 16. Recopilación de datos de la industria automotriz	101
Tabla 17. Recopilación de la industria de envases de alimentos	104
Tabla 18. Matriz MED	106

RESUMEN

Debido a la problemática mundial sobre la cantidad de residuos sólidos que se encuentran en el ambiente el cual afecta profundamente los ecosistemas y la calidad de vida de quienes se encuentran alrededor, se realizó un análisis que tiene como propósito encontrar actividades ideales el cual estén bajo una estrategia de economía circular y logística inversa, principalmente para la industria de plásticos en Bogotá.

Por consiguiente, se realizó un análisis a los diferentes conceptos de economía circular con el fin de dar una idea más profunda acerca de las diferentes metodologías existentes, por esta razón el objetivo de este trabajo es identificar los factores que definirán una solución para el reciclaje de estos residuos, además de la ayuda que brinda con respecto al rol que tiene cada parte interesada dentro de las prácticas de economía circular para el aprovechamiento de residuos del plástico PET.

Dentro de la industria del plástico hay una gran oportunidad en cuanto al aprovechamiento que se le puede dar a los residuos posconsumo que existen y disminuyendo la contaminación ambiental. La estrategia se plantea de tal forma que a partir de estos residuos se vean beneficiados múltiples sectores de la economía, posteriormente se realizó una simbiosis industrial entre diferentes empresas donde se evidenció prácticas más limpias, principalmente en la obtención de materias primas y por otro lado se brindan algunas recomendaciones y un diseño propuesto para el funcionamiento de un eco parque utilizando los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del presente trabajo sobre el aprovechamiento del plástico PET.

Palabras clave: Economía circular, logística inversa, reciclaje, simbiosis industrial, industria del plástico, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso del plástico en especial el tereftalato de polietileno también conocido por las siglas PET, es el plástico más utilizado por las industrias debido a las características que este posee. Sin embargo, en las últimas décadas este se ha ido acumulando en grandes cantidades generando contaminación debido a que una de las problemáticas que este posee es que su degradación es muy lenta, de tal manera aviva la contaminación ambiental ya sea por mal uso o nula disposición a estos residuos plásticos.

El manejo de los residuos plásticos es un problema común en la mayoría de las ciudades del país, donde el impacto que genera el plástico PET suele centrarse en diversos factores tales como el crecimiento demográfico, el aumento de residuos plásticos que genera la población, la deficiencia en la educación, participación comunitaria, entre otros. Esto se refleja en la falta de limpieza de áreas públicas, existencia de botaderos, que conlleva a la reproducción de vectores transmisores de enfermedades, generación de malos olores afectando el medio ambiente.

Para poder explicar los cambios que se producen en el medio ambiente es necesario hablar como se utiliza este plástico y los componentes de este donde prestan un servicio diferente. Lo que se quiere lograr es poder reutilizar y darle un nuevo ciclo a estos residuos a través de una economía circular, donde se tenga en cuenta todos los parámetros a partir de los objetivos del desarrollo sostenible y culturizar a la gente a su reciclaje.

Con este trabajo de investigación se da a conocer la problemática que existe acerca del mal manejo de plásticos en el país, y se pretende reducir los volúmenes de residuos sólidos específicamente en botellas plásticas PET. Debido a esto la comunidad requiere una estrategia para la reutilización de estos plásticos, con el propósito de disminuir la contaminación y darles una nueva función a estas en la creación de nuevos productos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

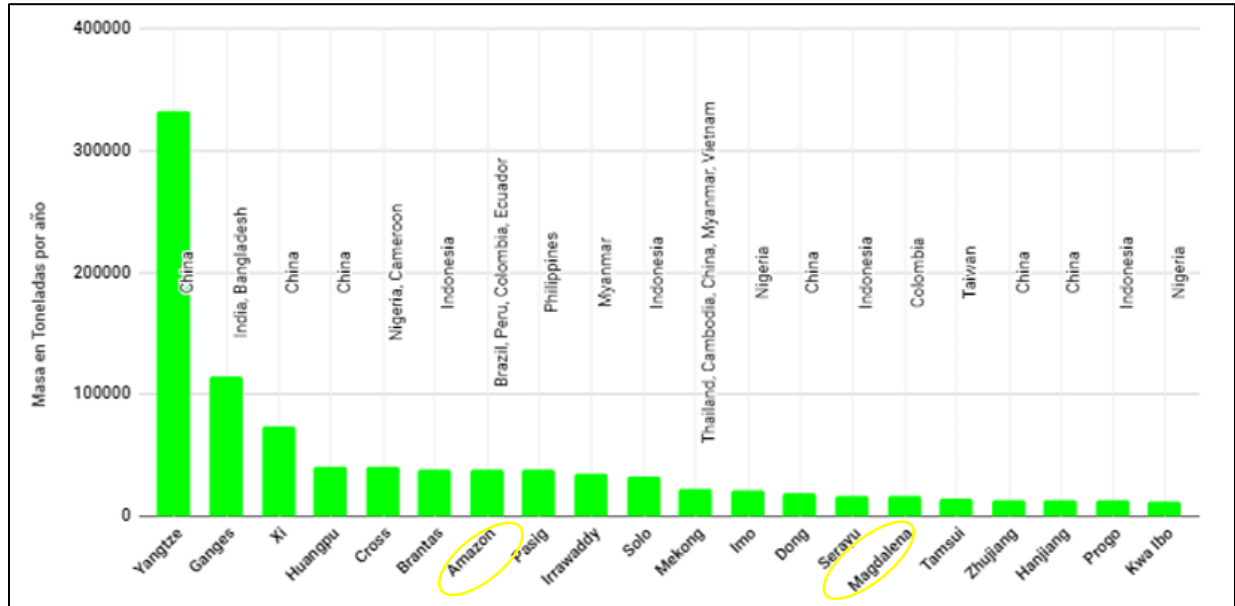
El plástico es un material demasiado versátil que gracias a las características que posee, tales como, su peso, bajos costos de producción, optimización de uso de materias primas, energía y agua, etc., es utilizado en varios campos e industrias, principalmente por el sector de alimentos y la producción de productos de aseo y cosméticos. Por dichas razones el plástico se comenzó a producir con mayor frecuencia, pero a su vez trajo consigo una de las peores problemáticas que se vive hoy en día en todo el mundo, debido a que los plásticos son creados a partir del petróleo y combustibles fósiles la degradación de estos puede llegar a durar aproximadamente 500 años, lo cual se traduce en millones de residuos producidos por esta industria que si no son gestionados adecuadamente se convierten en un problema ambiental, social y económico.

Según un artículo presentado por la revista National Geographic España, en el año 2018 la producción global de plásticos fue de 359 millones de toneladas, peso similar al aproximado de la población mundial y de los cuales China tuvo una participación del 30% en esta producción total [1], convirtiéndolo de esta forma en uno de los actores que más peso sostiene en esta problemática. La mayoría de los plásticos utilizados actualmente son de un solo uso, es decir, apenas están en manos de los consumidores unos minutos, luego son desechados y terminan principalmente en vertederos, mares y océanos.

En Colombia la industria del plástico representa un mercado muy productivo, de todo el plástico que se fabrica en el país y es destinado a envases, el 62% es ocupado por el sector de alimentos, de este porcentaje el 22% es para envasar bebidas y un 9% es utilizado en productos de aseo y cosméticos [2]. Anualmente en Colombia se entierran 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reutilizar, afirma Juan Carlos Gutiérrez, Gerente de EKO RED, además se afirma que cada colombiano usa 24 kilos de plástico al año, lo cual equivale a 12 millones de toneladas de residuos sólidos en el país, se recicla únicamente el 17% [3], el porcentaje restante termina en los rellenos sanitarios o contaminando montañas, valles y especialmente en ríos; varios expertos de la organización Greenpeace en el año 2018 realizaron un viaje por las costas Atlántica y Pacífica para establecer si Colombia está en crisis por polución de plástico, indican que el 90% de las playas de la costa Atlántica están contaminadas con microplástico [4] ocasionando que las principales fuentes hídricas de Colombia (Amazonas y Magdalena) entren a la lista de los 20 ríos más contaminados del planeta con plásticos (Figura 1).

Figura 1.

Lista de los ríos más contaminados del mundo por plásticos



Nota. Esta figura representa la lista de los ríos más contaminados en el planeta, especifica el país y la cantidad de plástico en toneladas por año. Tomado de: Greenpeace.co. [En línea]. Disponible en: http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf. [Consultado: 07-jun-2022].

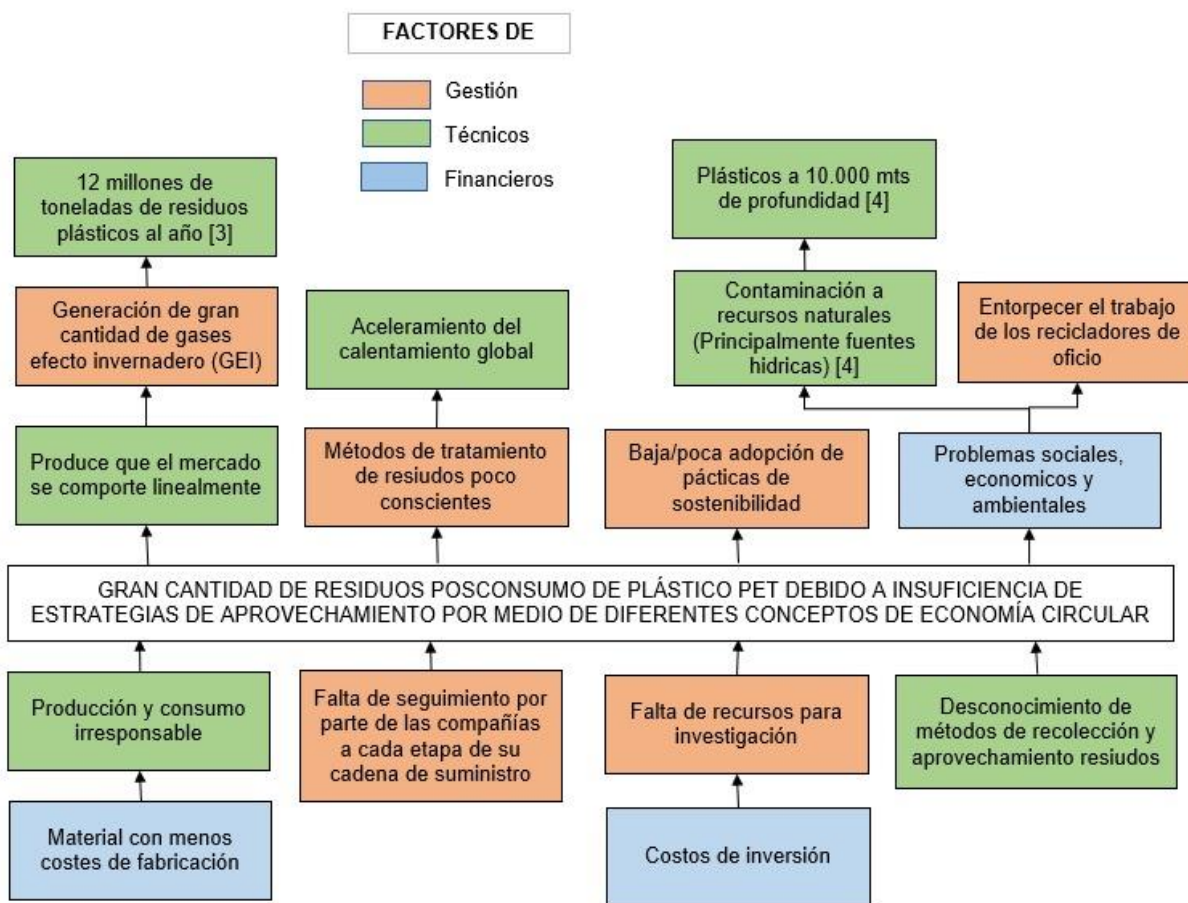
La situación en Bogotá no es nada alentadora; en la capital del país se eliminan aproximadamente cada 24 horas 7.500 toneladas de residuos, de ese total de basura que diariamente se genera, el 56% corresponde a plásticos de distinto tipo, lo cual significa que el componente mayoritario en nuestra basura es el plástico [5], la cual termina muchas veces en rellenos sanitarios, fuentes hídricas cercanas a la ciudad, alcantarillado ocasionando inundaciones y en lugares donde se encuentra población vulnerable, esto debido a que desde los hogares no se realiza la debida separación de residuos lo cual entorpece la labor de los recicladores. En Bogotá se recicla de las toneladas de residuos generadas únicamente el 14 y 15%, dato por debajo del promedio nacional [6].

1.1. Árbol del problema

El árbol del problema es una técnica utilizada para identificar el problema central de alguna situación que se quiera analizar; es una variación al famoso diagrama espina de pescado o diagrama de causas y efectos del ingeniero japonés Kaoru Ishikawa.

Con el fin de demostrar en una forma más dinámica e ilustrativa la problemática tratada, sus causas y efectos, se hizo uso de la herramienta árbol del problema (Figura 2), en la cual se evidencia de manera resumida las múltiples causas que conllevan a la gran cantidad de residuos plásticos que se tienen en la actualidad y el porqué de la poca gestión que tienen los mismos, además de las consecuencias a grandes rasgos producidos por estos productos.

Figura 2.
Árbol del problema



Nota. Esta figura representa la herramienta “árbol del problema”, el cual está compuesto por las raíces (parte inferior) y copa del árbol (parte superior), ilustrando de esta forma las causas y efectos respectivamente.

1.2. Antecedentes

Desde el año 1862 ya se empezaba a hablar del primer plástico el cual fue la parkesina, inventado por el inglés Alexander Parkes, este material era básicamente nitrocelulosa ablandada con

aceites vegetales y alcanfor. Luego, en el año 1910 el químico belga Hendrik Baekeland creó el primer plástico sintético, la baquelita, a partir de fenol y formaldehído [7]; un plástico moldeable en caliente y que una vez enfriado producía un material duro y resistente al calor, a la electricidad y a los solventes, su aplicación principal fue como aislante eléctrico. La baquelita fue el invento que abrió paso al desarrollo de la industria de los plásticos sintéticos y sus innumerables aplicaciones.

En 1912 se patentó el PVC por los alemanes Klatte y Zacharias, fabricación a partir de polimerización de cloruro de vinilo. Un segundo avance fundamental para la industria de los plásticos fue el descubrimiento de las macromoléculas por el alemán Hermann Staudinger en el año 1922, donde este anunciaba que las gomas estaban constituidas por largas cadenas de unidades de isopropeno, lo cual llevó a demostrar la existencia de los grandes polímeros de poliestireno y por dicha época comienza entonces la producción masiva de este polímero, pero sobre todo en Alemania [7]. El tereftalato de polietileno mejor conocido como PET fue patentado en 1941 por J.R. Whinfield y J.T. Dickson como un polímero para fibras, es decir, crearon la primera fibra de poliéster llamada Terileno [8], ya en el año 1953 el químico alemán Karl Ziegler desarrolla el polietileno y un año después el italiano Giulio Natta el polipropileno, dos de los plásticos más utilizados [7].

A pesar de que el plástico ya tenía grandes avances, no fue sino hasta la década de 1970 que este se popularizó. Los fabricantes comenzaron a reemplazar los envases tradicionalmente utilizados como el vidrio y el papel por alternativas plásticas como el PET, que sin duda era más liviano, duradero y asequible. El auge que tuvo el plástico en el uso de envases y empaques fue lo que llevó a los plásticos a tener una gran diversificación en varias industrias y el crecimiento exponencial de su consumo, como aún se evidencia en la actualidad.

Los materiales plásticos gracias a sus múltiples desarrollos se pueden dividir en termoplásticos y termoestables. Los componentes termoplásticos pueden moldearse y deformarse repetidamente cuando se calientan, mientras que los materiales termoestables no pueden volverse a moldear después de su formación [9].

Tabla 1.*Clasificación de materiales plásticos*

Termoplásticos	Termoestables
Polietileno (PE)	Poliuretano (PUR)
Polipropileno (PP)	Resinas de poliéster (UP)
Tereftalato de polietileno (PET)	Recubrimientos epoxi
Cloruro de polivinilo (PVC)	Fenoles (PF)
Poliestireno (PS)	

Nota. Esta tabla indica que plásticos son termoplásticos y cuales termoestables. Tomado de: “Materiales plásticos: Tipos, composición y usos”, [En línea]. Disponible: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/> [Acceso: mar. 31, 2022].

El plástico se introdujo en Colombia con el nacimiento de la empresa Acoplásticos en 1961, debido a la problemática que enfrentaba el país con respecto a la limitación de divisas. Se estableció una institución que pudiera explicarle al gobierno la importancia de la industria plástica, para que fuera tomada en consideración de las decisiones de asignación de divisas, tanto para propiciar su crecimiento mediante la autorización de nuevos equipos, como para asegurar la disponibilidad de materias primas y así finalmente mantener en operación la capacidad instalada [10].

Desde aquella época el sector de los plásticos en Colombia comenzó a presentar tasas más altas que la industria manufacturera en conjunto, viéndose reflejadas en los datos de la encuesta anual manufacturera que ya realizaba en su época el DANE (Tabla 2), convirtiéndose así en una de las industrias más prosperas del país.

Tabla 2.*Participación de la industria de productos plásticos en la industria manufacturera*

INDICADOR	1970	1976
Producción bruta sectorial (PBS)	768.7	4.523.5
Participación PBS en industrial (%)	1.3	1.7
Valor agregado sectorial (VAS)	345.1	1.707.3
Participación VAS en industrial (%)	1.4	1.6
Consumo intermedio sectorial (CIS)	423.6	2.816.2
Participación CIS en industrial (%)	1.2	1.7
Empleo Sectorial (ES)	6.561	12.261
Participación ES en industrial (%)	1.9	2.6
Número de establecimientos sectoriales (NES)	128	178
Participación NES en industrial (%)	1.7	2.7
Consumo energía eléctrica sectorial (CEES) (miles KWH)	28.0	83.1
Participación CEES en industrial (%)	1.0	1.9

Nota. Esta tabla indica la participación en cantidad y porcentaje de la industria del plástico en la industria manufacturera Tomado de: I. Visión Panorámica, “LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO”, Gov.co. [En línea]. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/RevistaPD/1979/pd_vXI_n2_1979_art.4.pdf. [Consultado: 04-jun-2022].

El sector estaba compuesto en 1976 por más o menos 280 empresas dedicadas a la producción de la más variada gama de artículos [11]: Productos para el hogar y de uso personal, productos para la construcción, envases y empaques, productos para ser ensamblados en la producción de otros bienes y productos intermedios para manufacturar otros bienes finales. Estas empresas se localizaron principalmente en las grandes ciudades del país, siendo las preferidas Bogotá y Medellín (Tabla 3) y los principales procesos para la fabricación de plásticos se realizaban por medio de inyección, extrusión, calandrado, compresión y soplado, medios que se siguen utilizando hoy en día.

Tabla 3.*Distribución geográfica de la producción de la industria de plásticos, 1976*

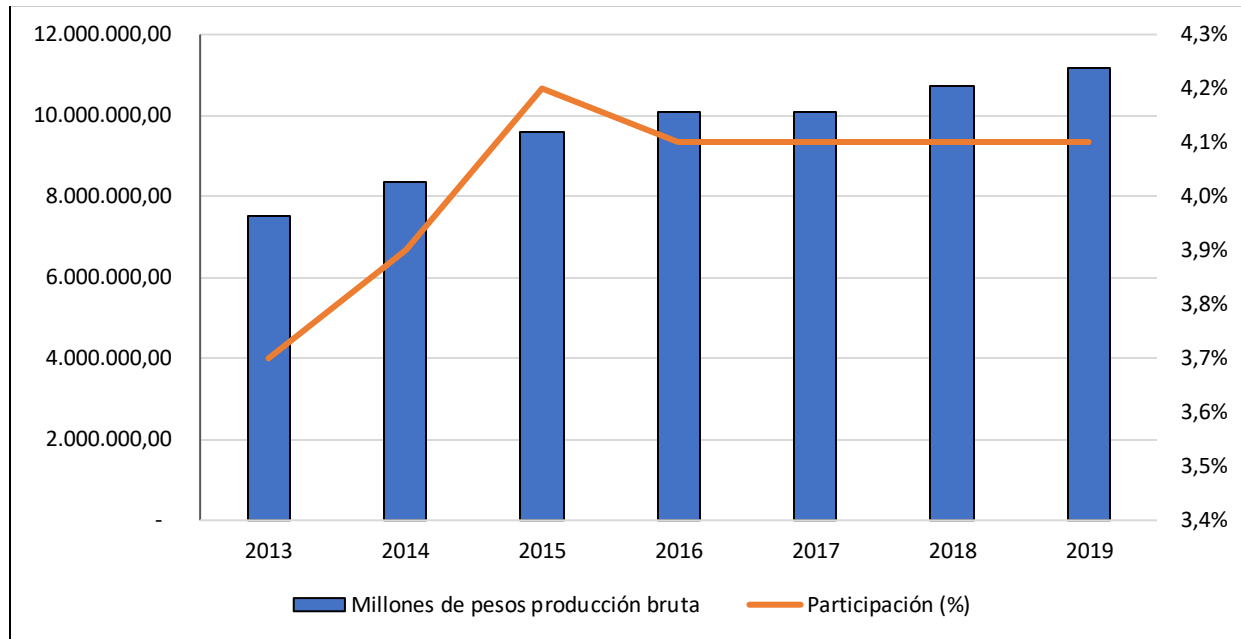
Áreas metropolitanas	Distribución porcentual (%)
Bogotá – Soacha	47.7
Medellín – Valle de Aburrá	28.4
Cali – Yumbo	7.5
Barranquilla – Soledad	7.0
Cartagena	3.3
Manizales	.8
Pereira	.4
Bucaramanga	.2
Otras	4.0

Nota. Esta tabla indica la localización de las industrias productoras de plástico en Colombia en el año 1976. Tomado de: I. Visión Panorámica, “LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO”, Gov.co. [En línea]. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/RevistaPD/1979/pd_vXI_n2_1979_art.4.pdf. [Consultado: 04-jun-2022].

La industria del plástico ha tenido un crecimiento exponencial en todo el mundo al igual que en Colombia, en el país esta industria hace parte de los grupos industriales que concentran la mayor parte de producción bruta según CIIU Rev 4 (Clasificación Internacional Industrial Uniforme, adaptada para Colombia). El Dane tiene boletines con esta información desde el año 1992 pero para efectos de visualizar los datos más relevantes se agrupa la información únicamente desde el año 2013 hasta el año 2019 (Figura 3), donde se visualiza el crecimiento que presenta el sector y su posicionamiento a lo largo de los años como una las industrias que gracias a su gran movimiento aportan a la producción bruta del país, su posición varía entre el lugar 6 y 7 de entre 17 sectores.

Figura 3.

Participación bruta de la industria de los plásticos en el país.



Nota. Esta figura representa la participación que tiene la producción de plásticos a lo largo de los años en la producción bruta total, visualizando el crecimiento y posicionamiento que presenta.

1.3. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los modelos de economía circular usados en el aprovechamiento de residuos plásticos, su impacto a nivel ambiental y productivo?

1.4. Justificación

En la actualidad, el reciclaje juega un papel importante en la conservación y protección del medio ambiente, ya que el plástico en específico el tereftalato de polietileno PET es una de las problemáticas más importantes e influyentes en la contaminación debido a que el periodo de vida de estos productos es bastante extenso y no es biodegradable, las personas no tienen conciencia de donde van a parar estos desechos, la mayoría de estos vuelve al ser humano a través de la cadena alimentaria y el otro porcentaje se transforma en materiales de contaminación que dañan la atmósfera y contaminan el oxígeno que el ser humano necesita.

La presente investigación está alineada con los a los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU o también conocidos ODS que son una herramienta de planificación y

seguimiento, cuenta con 17 objetivos donde cada país llevara un control en cuanto al desarrollo sostenible, donde este proyecto impactaría de cierta manera en los siguientes objetivos: 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), 9 (Industria, Innovación e infraestructura), 12 (Producción y consumo responsable), 13(Acción por el clima) y 14 (Vida submarina) donde se logre generar una conciencia en la reutilización del PET, ciudades tecnificadas y economía circular.

El problema se destaca por el mal manejo y clasificación de estas donde no se logra la separación de los residuos sólidos. En la ciudad de Bogotá se genera 7.500 toneladas de residuos cada día y anualmente 2,7 millones de toneladas, gracias a la consciencia ciudadana y la labor de más de 22 mil recicladores de oficio, se logran aprovechar cerca de 1.200 toneladas, que equivalen al 16% [12]. Un estudio reconoce que en Bogotá existe una ineficiente participación de los ciudadanos para separar los residuos desde casa, una tarea que se ha vuelto fundamental para que de esta forma sea posible recuperar mayores cantidades de residuos. Existe una meta que planteo el Plan de Desarrollo para reducir los residuos que se encuentran en los rellenos sanitarios en un 30%, para ello, se suministra información a los ciudadanos, deben comenzar a manejar bolsas diferenciadas, en la bolsa blanca dispondrán del material que se pueda recuperar y en la negra lo que debe ir a la caneca.[13]

Por ende se quiere fomentar a una cultura más ambiental para así disminuir los residuos sólidos en especial el de las botellas PET y realizar una correcta separación de estos residuos en donde se ponga en práctica en cualquier momento de la vida cotidiana, ya sea en el trabajo, instituciones educativas, espacios públicos entre otros donde cada ciudadano aporte conciencia sobre el cuidado del medio ambiente y crecer como personas siendo conscientes los beneficios que este trae como lo es la preservación del agua, suelo entre otros que son recursos básicos para los seres vivos, sin embargo, los métodos de recolección no han sido aceptados en su totalidad, por ende, esto ha causado que haya aproximadamente 150 millones de toneladas de plástico en los océanos, afectando de manera directa la salud y calidad de vida de las personas y demás seres vivos.

Por ello, para disminuir la contaminación y dar un mejor manejo a estos plásticos se realizará un análisis sobre la recolección de residuos PET, en donde se identificará los beneficios que este trae y los métodos de reciclaje donde se tenga en cuenta las propiedades del PET, donde existe

una alta probabilidad de reuso directo luego de ser desecho debido a que no son procesos complejos; además, se tiene un beneficio ambiental que es el reciclaje de desechos sólidos.

1.5. Objetivo general

Realizar un análisis de los modelos de economía circular utilizados para el aprovechamiento de los residuos PET en Bogotá

1.6. Objetivos específicos

- Caracterizar los métodos de recolección de residuos plásticos reciclables en la ciudad de Bogotá.
- Definir los actores principales que intervienen en la implementación de un modelo de economía circular para los residuos plásticos en Bogotá.
- Diseñar procesos de integración entre los actores en cada etapa de la cadena de suministros.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Métodos de recolección de residuos

El PET es uno de los plásticos más reciclados debido a que es transparente, ligero, seguro, irrompible y reciclable. La infraestructura del reciclado del PET está bien establecida, desde la recogida y separación hasta los procedimientos adicionales y su uso final.

El consumo de PET aumenta año tras año, donde el tiempo de descomposición de este es de 100 años en adelante según las condiciones en que se encuentre. En la actualidad la tasa de reciclado es de 14% es decir que el 86% restante contamina el medioambiente donde su principal destino son los vertederos de basura. Se utilizan recursos naturales no renovables para producir plástico virgen como materia prima, de acuerdo a las premisas anteriores se podría reciclar el PET y de esta forma lograr el múltiple beneficio de no contaminar y ahorrar recursos naturales no renovables donde se genere valor a la basura, en lugar de tirarla.[14] El PET o PETE (polietileno tereftalato) un plástico que se utiliza para envases de bebidas y alimentos tiene un beneficio y es un material que se puede reutilizar, lo que significa que tiene otra vida después de haber cumplido con su “vida útil”.

A continuación, se explica más en detalle las vías que existen en la actualidad para reciclar el PET. Hay 3 maneras de aprovechar los envases una vez termina su vida útil donde pueden someter a un reciclado mecánico, químico o energético.

2.1.1. *Método Mecánico*

Este proceso es el más utilizado y que solo se puede aplicar a los termoplásticos, consiste en varias etapas: separación, limpieza y molido [14]. El proceso empieza con el lavado y la separación de sustancias contaminantes. Una vez limpio, pasa por una secadora y se almacena en un silo intermedio hasta homogeneizar el material y triturarlo, mediante esta técnica es troceado para su posterior reutilización y en función de la utilidad que se le vaya a dar, se puede combinar con otros materiales.

Figura 4.

Proceso de reciclaje de un método mecánico



Nota. Esta figura representa los pasos a seguir para el desarrollo de un método mecánico. Tomado de: "Tecnología de los plásticos". [En línea]. Disponible: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html> [Acceso: abr. 13, 2022].

A continuación, se hace una comparación de ciertas características del PET y RPET (PET reciclado) donde el RPET es más dúctil mientras que el PET virgen es más frágil.

Tabla 4.*Características físicas del plástico PET reciclado mecánicamente*

CARACTERÍSTICAS DEL PET Y RPET		
Propiedad	PET virgen	RPET
Módulo de Young [MPa]	1890	1630
Resistencia de la rotura [Mpa]	47	24
Elongación a la rotura [%]	3,2	110
Resistencia al impacto [J m ⁻¹]	12	20
IV (dl g ⁻¹)	0.72 – 0.84	0.46 – 0.76
Temperatura de fusión (°C)	244 – 254	247 – 253
Peso molecular (g mol ⁻¹)	81600	58400

Nota. Esta tabla nos indica un comparativo de las características del PET virgen y el PET reciclado (RPET) Tomado de: “Materiales plásticos: Tipos, composición y usos”, [En línea]. Disponible: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/> [Acceso: abr. 13, 2022].

2.1.2. Método Químico

Para llevar a cabo el reciclaje químico existen varios procesos, dos de los más destacados son la metanólisis y la glicólisis. Pasar el plástico por este método significa que este se deshace o despolimeriza logrando así separar las moléculas que lo componen, estas se usan posteriormente para fabricar nuevamente el PET. Dependiendo el grado de pureza con el que termine el PET reciclado, este puede usarse nuevamente en envases de alimentos. [14]

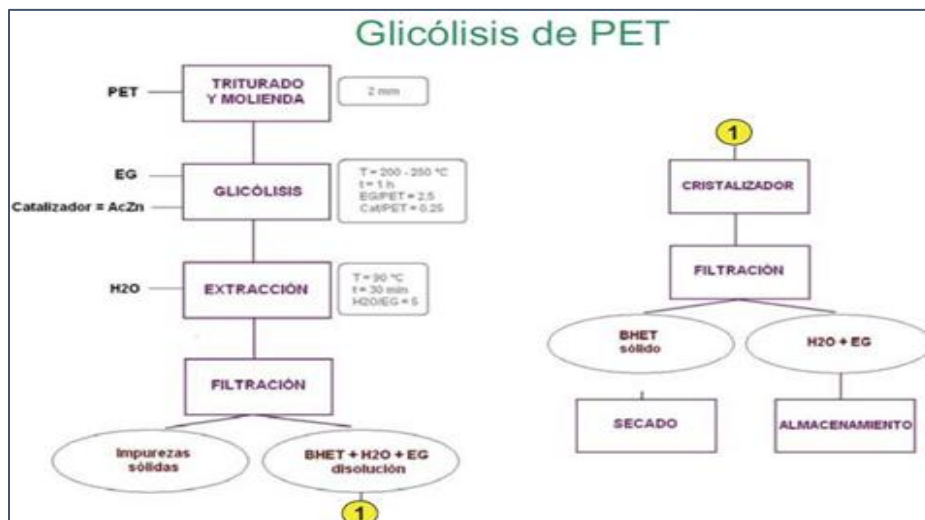
Cabe destacar que previo a todo proceso de reciclaje químico le precede un reciclaje mecánico para la obtención de escamas.

Figura 5.
Proceso de Metanolisis



Nota. Esta figura representa uno de los procesos que se realizan en el método químico y el desglose de su paso a paso. Tomado de: "Tecnología de los plásticos". [En línea]. Disponible: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html> [Acceso: abr. 13, 2022].

Figura 6.
Proceso de Glicólisis



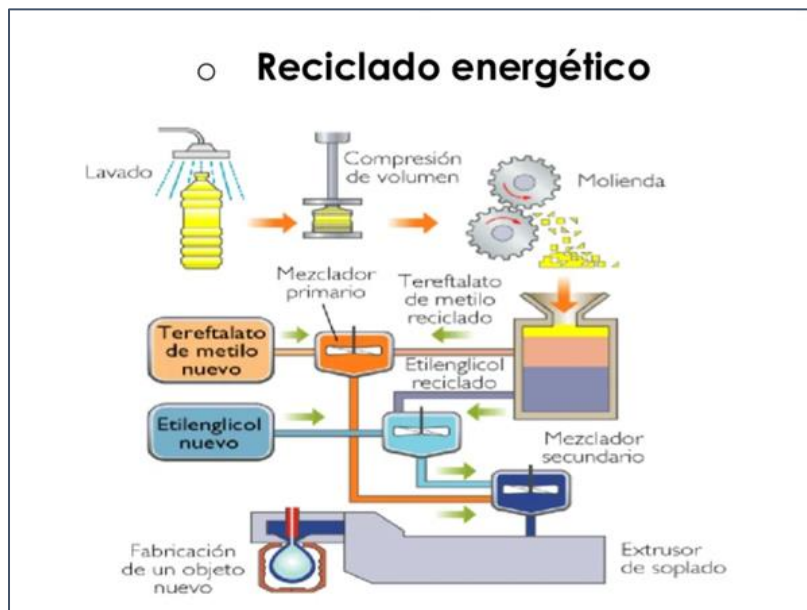
Nota. Esta figura representa el proceso más destacado y utilizado en el método químico. Tomado de: "Tecnología de los plásticos". [En línea]. Disponible: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html> [Acceso: abr. 13, 2022].

2.1.3. Método energético

Es el modo más simple de obtener energía de los desechos plásticos. Consiste en quemar los envases del plástico PET para así generar calor para otro proceso o producir electricidad. Esto es posible ya que durante la fabricación de estos plásticos no se utilizan aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones generadas de la combustión no sean tóxicas, se obtiene tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua.[14]

Figura 7.

Reciclado energético de botellas PET



Nota. Esta figura representa los pasos a seguir para el desarrollo de un reciclado energético. Tomado de: "Proyecto recicla". [En línea]. Disponible: <https://recicla3dplabs.wordpress.com/tratamiento/> [Acceso: abr. 13, 2022].

En Colombia cada persona consume 24 kilos de plástico al año y solo se recicla el 20 % de este, de los 1,4 millones de toneladas de desechos que se generan de este material. Debido a esta problemática se tomaron diferentes medidas en el país, donde una de ellas fue la disminución del uso de bolsas plásticas en un 69% en al año 2020.

De acuerdo con el desempeño de la meta consignada en el Plan Nacional de Desarrollo, se quiere ampliar las tasas de reciclaje y utilización de residuos sólidos para el año 2022. Las ciudades de Bogotá como Medellín son las que más aportan a esta meta, cada mes transforman

13 mil toneladas de residuos plásticos que recolecta apoyando la labor de los recicladores de oficio y la red de cerca de 260 industrias transformadoras.

Refiriéndose un poco más sobre la recolección de estos plásticos en Colombia, en la ciudad de Medellín se ubica una empresa llamada Enka que tiene como enfoque el reciclaje de botellas PET para su reutilización en la producción de nuevas materias primas. El método de recolección que utiliza esta empresa es manual y se apoya a través de recolectores aliados que recorren la ciudad. Debido a que su proceso de transformación de material no está totalmente definido se puede deducir que utilizan dos métodos de recolección, siendo estos el método mecánico y químico expuestos anteriormente.

2.2. Actores dentro de un modelo de economía circular

Se comienza definiendo el concepto de economía circular que permite explicar sus beneficios y principios para de esta manera analizar sin dificultad alguna todos los actores que hacen parte de este modelo.

2.2.1. Economía circular

La economía estudia como las sociedades administran los recursos escasos para producir bienes y servicios, a partir de esto surge lo que es economía circular y lineal, donde la economía lineal es aquella que extrae, produce y desecha [15], donde generalmente son productos que tiene un ciclo de vida corto y productos de un solo uso a diferencia de la economía circular que es un modelo de producción y consumo que garantiza un crecimiento sostenible en el tiempo [16] el cual ha tenido un desarrollo exponencial durante los últimos años debido a la gran problemática que se vive con el cambio climático y el actual modelo económico lineal de “tomar, usar y desechar”. El modelo promueve la optimización de recursos, busca la reducción en el consumo de materias primas nuevas y el aprovechamiento de los residuos mediante el reciclaje, con el fin de darles un nuevo uso y extender su ciclo de vida, con esto entonces la idea es ir más allá del reciclaje y atacar la causa raíz del problema.

Dentro de los beneficios de la economía circular se encuentra principalmente proteger al medio ambiente, beneficiar la economía local, fomentar el empleo y favorecer la independencia de recursos, es decir, disminuir la dependencia de la importación de materias primas o el uso de materias primas vírgenes. Además, los principios de la economía circular se basan en las 3R del

reciclaje: Reducir, reutilizar y reciclar, pero este modelo se extiende con cuatro reglas más, teniendo como resultado los pasos necesarios para alcanzar una economía circular con 7R.

Tabla 5.

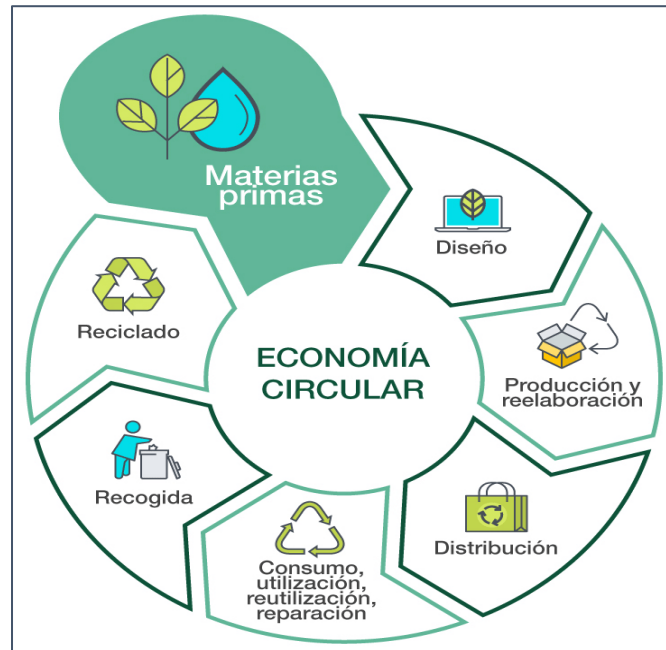
Principios de la economía circular: las 7R

PRINCIPIO	DESCRIPCION
Rediseñar	Consta de pensar y diseñar procesos de fabricación que consuman lo menos posible materias primas vírgenes con el fin de alargar la vida útil de los materiales y generar menos residuos.
Reducir	Es fundamental cambiar los hábitos de consumo (modelo económico lineal actual). Reduciendo esto se evita la generación de residuos, el gasto de materias primas y por lo tanto se reduce el impacto al medio ambiente.
Reutilizar	Dándole otra utilidad a los residuos aprovechables se logra extender la vida útil de estos.
Reparar	Cambiar la mentalidad de que cuando algo se estropea se desecha, la mayoría de las cosas se pueden reparar o incluso utilizar en otra actividad, con esto se evita el uso de nuevas materias primas, ahorra energía y no se genera residuos al medio ambiente.
Renovar	El modelo de economía circular también trata de la innovación, por lo tanto, es posible actualizar objetos antiguos para que puedan volver a ser útiles.
Reciclar	Promover las mejores prácticas en la gestión de residuos y utilizar lo que sea posible para generar un nuevo tipo de materia prima para la fabricación de nuevos productos.
Recuperar	Dar nuevos usos a los productos que se piensan desechar.

Nota. Esta tabla describe cada principio con el fin de comprenderlos mejor y lograr su aplicabilidad.

Figura 8.

Modelo cíclico de la economía circular



Nota. La figura representa el ciclo de la economía circular y facilita el análisis de cuáles son los posibles actores que influyen en el modelo. Tomado de: Especial Ecolec “Economía circular”. [En línea]. Disponible: <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/> [Acceso: abr. 19, 2022].

Además, es primordial dejar bien definido aspectos como reciclaje y logística inversa, muchas de las empresas que deben gestionar mejor sus residuos a lo largo de su cadena productiva asumen que estos dos términos son lo mismo que economía circular, lo cual los lleva muchas veces a no aportar significativamente a sus metas con respecto al desarrollo sostenible y la responsabilidad social empresarial, debido a que solo aplican una de estas herramientas cuando verdaderamente para aplicar un completo modelo de economía circular, hace falta llevar a cabo todas estas metodologías.

2.2.2. Reciclaje

Se entiende como reciclaje al proceso de recolección y transformación de materiales para convertirlos en nuevos productos, es decir, en nuevas materias primas y que de otra forma serían

desechados como basura [17], tabla 5. Lo que busca el reciclaje es recuperar materiales y de alguna forma ayudar a reducir la contaminación con la reutilización de los desechos arrojados ya que el planeta tiene recursos limitados.

2.2.3. Logística directa

La cual es una búsqueda de efectividad en la entrega de productos, el flujo de este dentro de la cadena se mantiene en una única dirección, del fabricante al cliente [18], Por ende, esta si puede llegar a colapsar debido a que solo va en una dirección y este tipo de logística varía paso a paso y cada vez más cuando esta aumenta la distancia entre las materias primas.

2.2.4. Logística inversa

Se encarga de la recuperación de envases, embalajes, productos peligrosos, excesos de inventario, devoluciones de clientes, obsolescencias, excesos de inventario estacionales e incluso productos con su vida útil finalizada, los cuales pueden retornar a la cadena logística directa, pero en mercados secundarios [19]. Es decir, la logística inversa lo que quiere es diseñar procesos eficaces para reusar sus productos, desde el manejo y gestión de equipos para la recuperación de materiales, componentes entre otros.

2.2.5. Logística Verde

Esta se basa en la mejora del uso de todos los materiales logísticos, donde busca impulsar un desarrollo de la economía concentrada en materias primas, almacenamiento, procesos y transporte amigables con el medio ambiente que, combinados con las tácticas de clientes, empresas y estados, forman iniciativas para su implementación y un desarrollo sostenible [20]. Por otro lado, la logística verde está enfocada en los recursos naturales y no renovables, donde quiere medir y minimizar impactos negativos en cuanto al medio ambiente y así poder contribuir a una mejor economía, donde brinde protección ambiental y garantice una mejora en la calidad de vida de las personas generando beneficios.

Para poder aplicar correctamente un modelo de economía circular en cualquier industria, es importante que dentro de nuestro modelo se apliquen las herramientas de logística inversa verde

e indiscutiblemente el reciclaje, ya que de aquí parte el poder fabricar nueva materia prima a partir de los residuos y ofrecer un nuevo valor.

2.2.6. Casos analizados con modelos de economía circular

El movimiento de desarrollo sostenible ha logrado que con el tiempo cada vez más sectores e industrias estén comprometidas con el impacto al medio ambiente y por lo tanto decidan realizar cambios a sus procesos con el fin de trasladarse de un modelo lineal de la economía a uno cíclico, teniendo como beneficio reducir el impacto al ambiente y además generar estrategias que impulsan el negocio en su comunidad.

A nivel mundial son muchas las empresas que se encuentran comprometidas con el cambio y en el año 2018 en el Foro Económico Mundial realizado en Davos, Suiza se dieron a conocer los siete ganadores del premio “*The Circularity People’s Choice*”, el mayor reconocimiento internacional de la economía circular [21]. De estos siete grandes ganadores destaca Banyan Nation, una empresa dedicada al reciclaje de plásticos integrada verticalmente en India, la cual ha logrado cerrar el ciclo de dicho producto en su país gracias a su tecnología patentada de limpieza de plásticos que convierte los desechos posconsumo y posindustriales recolectados en gránulos reciclados de alta calidad, los cuales han decidido nombrar *Better Plastic™*, este nuevo material es comparable en calidad y rendimiento al plástico virgen lo cual también impulsa a las marcas globales a utilizar más plástico reciclado.

Con su iniciativa y gran innovación Banyan empezó alianzas con la empresa automotriz líder de la India (fabricando nuevos parachoques a partir de los desechados) y una empresa global de cosméticos (fabricando nuevas botellas a partir de los desechados), estableciendo un liderazgo en economía circular en el sector automotriz y de la belleza [22]. Además, Banyan es de las primeras empresas en utilizar inteligencia de datos (dispositivos móviles, la nube e IoT) para integrar a miles de recolectores del sector informal en su cadena de suministro, con el fin de recuperar los desechos del posconsumo y posindustria.

En Colombia la compañía más representativa en este ámbito en cuanto al compromiso del reciclaje de plástico se encuentra *Enka*, una empresa de producción industrial que paso a ser una de las plantas de reciclaje más importante de Sudamérica y que se encuentra ubicada en el municipio de Girardota (a 30 minutos de Medellín), ellos con un proceso de alta ingeniería han

logrado llevar el reciclaje de botellas PET a otro nivel, dándoles un nuevo uso en resinas aptas para alimentos, filamentos para textiles y productos eco amigables [23]. Cuentan con variedad de productos dentro de su portafolio, esto con el fin de que su cadena productiva aproveche al 100% los materiales, teniendo como resultado cero desperdicios, además ha logrado construir un esquema de gana-gana para todos los actores de la cadena (Figura 9), parte fundamental en este proyecto.

Figura 9.

Partes interesadas de la empresa Enka



Nota. La figura representa todos los stakeholders dentro de la compañía Enka y su modelo de economía circular. Tomado de: Enka "Informe de sostenibilidad 2019". [En línea]. Disponible: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.enka.com.co%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F05%2FINFORME_SOSTENIBILIDAD_20191.pdf&clen=5986838&chunk=true](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.enka.com.co%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F05%2FINFORME_SOSTENIBILIDAD_20191.pdf&clen=5986838&chunk=true)

[Acceso: abr. 20, 2022].

Como en cualquier empresa, proyecto u organización, cualquier compañía que aplique un modelo de economía circular contará con partes interesadas o stakeholders, el factor diferenciador será en los beneficios que ofrece para cada uno de estos y como los integra en su cadena productiva.

2.3. Integración entre actores

En todo tipo de organización las partes interesadas están constituidas inicialmente por los clientes, proveedores, trabajadores y comunidad, a medida que la organización va creciendo es posible que sus stakeholders igual, debido a que ya empiezan a impactar de una forma más directa a estos nuevos o comienza a generar alianzas teniendo como resultado la ampliación de estos.

Siguiendo con la empresa *Enka*, para ellos es de vital importancia sus partes interesadas ya que gracias a ellos ha logrado posicionarse como una de las plantas de reciclaje más importantes del continente, por lo tanto son conscientes de la responsabilidad que tienen con estos y por tal motivo han adoptado acciones de un buen gobierno corporativo, que según la superintendencia de sociedades “tiene que ver con los estándares mínimos adoptados por una sociedad, con el objeto de garantizar a los accionistas, acreedores y al mercado en general, la responsabilidad de los Órganos directivos, un flujo constante y confiable de información, así como transparencia dentro de sus relaciones” [24].

Enka cuenta con su propio código de buen gobierno corporativo donde garantiza y protege todos los derechos que tienen sus actores dentro de la compañía, tales como, flujo de información oportuna, rendimiento de cuentas, interacción directa o indirecta, entre otros, además posee un código de conducta que permite definir el actuar de directivos y empleados mediante los principios y valores corporativos, con el fin de mantener las buenas relaciones con sus partes interesadas sin ningún inconveniente. Desde 2013 incluyó en su proyecto el interés por el cumplimiento de los principios del Pacto global de las Naciones Unidas (Objetivos de Desarrollo Sostenible), inclusión que permite integrar de una forma más directa a todos los stakeholders con los que cuenta, promoviendo el crecimiento económico sostenible, el trabajo decente, la economía circular y el consumo responsable, todo esto se logra con la correcta planeación de integración entre actores de la cadena de una compañía.

Las partes interesadas dentro de cualquier compañía dependiendo la actividad y estructuración de esta, tienen cierto grado de conexión; dentro de un modelo de economía circular es fundamental que estos actores se encuentren realmente sincronizados, ya que gracias a los roles que cumpla cada uno de estos, los procesos de remanufactura, reciclaje y reutilización se podrán llevar a cabo satisfactoriamente.

Como se nombró en el inciso a) del ítem anterior, para aplicar un correcto modelo de economía circular es fundamental el uso de la logística inversa (verde); uno de los actores con mayor responsabilidad dentro de esta logística en este caso son los recicladores que recogen los productos que desechan los clientes y realizan diversas operaciones, luego pasan a los empleados que tienen directo manejo de estos desechos para realizar la reparación, renovación, remanufactura, reciclaje mediante módulos respetuosos con el medio ambiente [25]. Aquí entra otra herramienta importante y es la remanufactura de los residuos que llegan por medio de esa logística inversa; se entiende por remanufactura que es el “Proceso de devolver un producto / componente a un estado de calidad equivalente o superior al del producto original” y puede incluir una fase de actualización para mejorar las prestaciones del producto respecto al original, por lo que la garantía del producto remanufacturado es al menos como la de un producto nuevo [26], parte fundamental, ya que lo que se pretende es que el resultado del aprovechamiento de estos residuos sea utilizado por diferentes sectores confiando de que se trata de una materia prima reciclada con propiedades iguales o mejores a una materia prima virgen que provenga de recursos naturales.

Como se evidencia, cada método es una red diferente que se va integrando con distintas herramientas, los actores que afectan a la empresa se relacionan gracias a esa logística inversa que abarca a la cadena de suministro de ciclo cerrado, logrando de esta forma que en cada proceso cada actor desarrolle un rol diferente que se complementa con otra parte interesada, creando un ciclo funcional y totalmente conectado, con la finalidad de llegar a tener residuos cero en cada etapa.

2.3.1. Simbiosis industrial

Uno de los conceptos que permite realizar una integración entre actores más completa es la simbiosis industrial, la cual se define como un intercambio de materiales entre varios sistemas productivos, logrando crear una red entre diferentes empresas o industrias, donde los residuos de una se convierten en materia prima para otros [27].

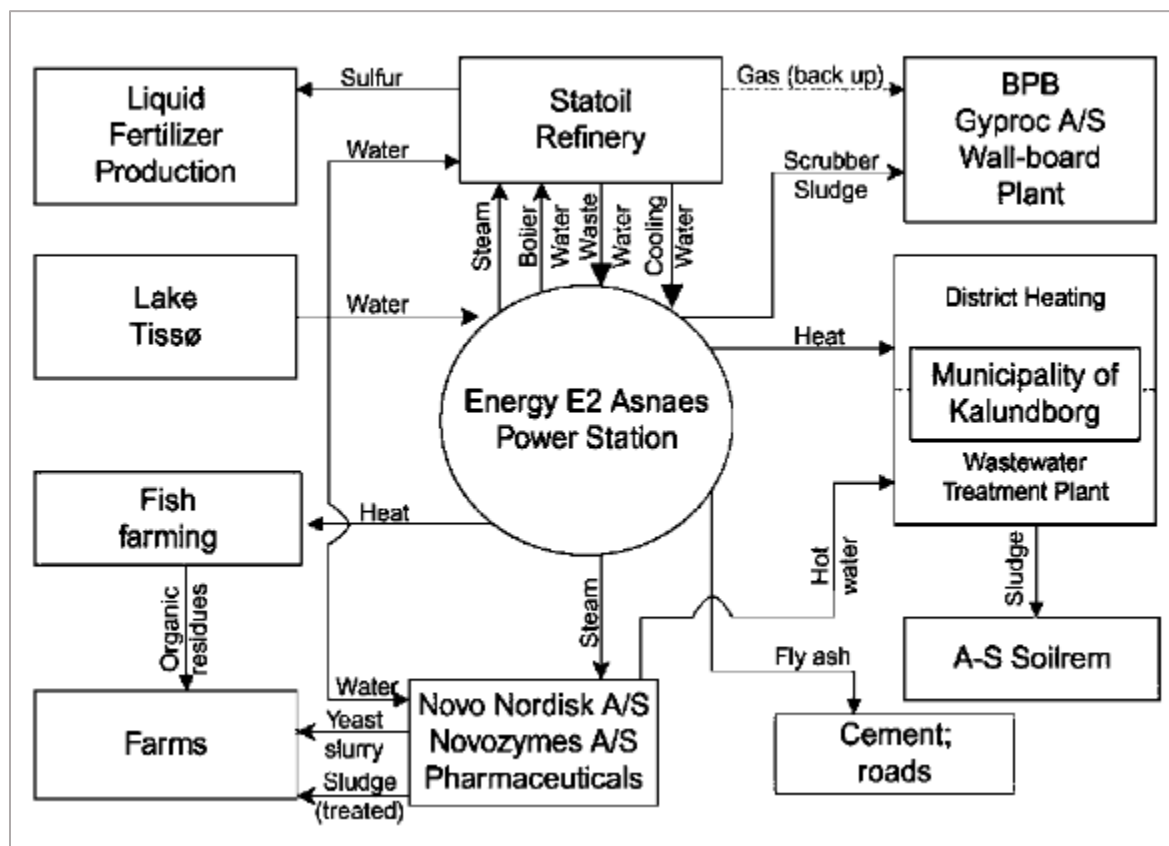
La simbiosis industrial se encuentra dentro de la ecología industrial, por lo tanto, se contemplan aspectos económicos, ambientales y sociales para de esta forma lograr la sostenibilidad y sus diferentes objetivos.

De los modelos de simbiosis industrial más reconocidos se encuentra el desarrollado en la ciudad de Kalundborg Dinamarca, se basa en la asociación de doce (12) empresas diferentes, las cuales están relacionadas a las industrias de refinería de petróleo, central eléctrica, instalación de placas de yeso y una compañía farmacéutica. Estas compañías intercambian variedad de subproductos que se convierten en insumos para otros procesos y los resultados de ahorro que se han logrado obtener anualmente son de:

- 3 millones de metros cúbicos de agua
- 20.000 toneladas de aceite
- 80.000 toneladas de cenizas de carbón
- 200.000 toneladas de yeso virgen

Figura 10.

Red simbiótica desarrollada en Kalundborg Dinamarca



Nota. La figura representa la red de doce empresas que se complementan entre sí, compartiendo diferentes materiales y energías, optimizando procesos y recursos. Tomado de: E. Works, “Simbiosis Industrial; una nueva forma de pensar y gestionar ligada a la economía circular”, Aguasresiduales.info. [En línea]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/simbiosis-industrial-una-nueva-forma-de-pensar-y-g-xrWQn>. [Consultado: 15-nov-2022].

2.3.2. Parque Industrial Ecoeficiente (PIE) o Parque Eco Industrial

Muy de la mano de simbiosis industrial están los PIE'S, lo cual consta de crear polígonos industriales donde se presenta una oportunidad de cooperación mutua, estos se definen como un grupo de empresas ubicadas en el mismo espacio geográfico, donde gracias a esta conexión comparten infraestructura logística (vías, fluviales, puertos), maquinarias y recursos [28].

Por tal motivo podemos encontrar diversos parques industriales y encontramos tres tipologías:

A. Parques industriales Ecoeficientes: está compuesta por un grupo de empresas industriales que están en la misma área geográfica donde buscan mejorar el desempeño económico y ambiental. Existen dos tipos PIE (Parques Industriales Ecoeficiente) la primera es la que agrupa a empresas que realizan diferentes actividades productivas y la segunda es que las empresas realizan la misma actividad. [29]

Los procesos existentes deben hacerse sostenibles mediante el uso de los recursos naturales y minimizar los componentes peligrosos, de tal manera que se genere menor cantidad de residuos y en caso de producirlos poder aprovecharlos donde se busque el equilibrio de los componentes económicos, sociales y ambientales.

B. Redes Eco industrial: las redes de trabajo eco industrial se refieren a empresas y entidades que trabajan en red es decir que interactúan aplicando los criterios de la ecología industrial, pero que no están necesariamente en el mismo espacio físico. Por consiguiente, define un área más amplia donde se coopera con los objetivos de la EI (ecología Industrial) y que puede extenderse a regiones, incluso a países. [30]

C. Redes de Transferencia de Subproductos (RTS): en este parque solo incluye el intercambio de materiales y energía entre empresas para minimizar residuos y recibir incentivos económicos, no existe alguna interacción con la sociedad y se hace con un fin económico y en menor medida ambiental. [31]

3. DISEÑO METODOLOGICO

La propuesta del proyecto se realiza con el fin de exponer con mayor claridad la situación actual que se vive en el país con los plásticos y él porque es fundamental tomar mayor acción respecto a esta problemática, por lo tanto, se seleccionó la metodología con el fin de organizar e identificar todas las herramientas y actividades que serán indispensables implementar para la consecución de cada uno de los objetivos planteados.

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativo con un alcance descriptivo, de tal manera se realizará un análisis que pretende explicar el comportamiento del entorno de este caso de estudio en base a información estadística existente con el fin de poder realizar deducciones propias y llevar a cabo la propuesta.

3.2. Fuentes y técnicas de información

Este proyecto de investigación utilizara información brindada por fuentes secundarias como artículos científicos, tesis, sitios web, libros, monografías, entre otros. Para lograr tener información de fuentes confiables, se hará uso de bases de datos de la Fundación Universidad de América como Sciencedirect, de igual forma, bases de datos como Google académico y Google Books.

La base de datos de Sciencedirect será una de las principales fuentes de información, ya que por medio de esta se logra llegar a documentos de diferentes países, lo cual tiene un mayor alcance, proporciona principalmente artículos que se han publicado con diferentes metodologías y puntos de vista que ayuda a enfocar este proyecto, además de conocer nuevas tendencias y herramientas aplicables según el tema que se está analizando.

3.3. Fase exploratoria

En esta fase se procederá a identificar las herramientas y diferentes recursos que serán indispensables para la obtención de toda la información existente acerca de los diferentes métodos de recolección de plásticos, específicamente los plásticos PET, que tiene actualmente la ciudad de Bogotá, lo cual será de apoyo para lograr desarrollar la propuesta del proyecto.

Dentro de esta fase se realizarán las siguientes actividades:

- Investigar información de fuentes secundarias, tales como, artículos científicos, tesis, sitios web, libros, monografías, revistas, entre otros, sobre la gestión de residuos plásticos.
- Revisar información acerca de los métodos de aprovechamientos de los residuos, para contextualizar y conocer en Colombia cual es el método más adecuado.
- Identificar iniciativas que se han realizado en el país en cuanto a la recolección de residuos PET y como se han llevado a cabo.

3.4. Fase descriptiva

Esta segunda fase se realizará a partir de la información recolectada anteriormente, se procederá a describir principalmente que es, como se realiza y por qué es fundamental aplicar un modelo de economía circular en este tipo de residuos, además definiendo ya esto se describe entonces los diferentes actores dentro de dicha cadena de suministro y cuál será su rol o responsabilidades dentro del modelo y la propuesta, permitiendo de esta forma establecer características fundamentales para la fase de diseño.

Durante el desarrollo de esta fase se realizarán las siguientes actividades:

- Revisar información de fuentes secundarias para definir la importancia de implementar un ciclo cerrado dentro de la industria de los plásticos.
- Analizar e identificar cuáles serían los principales actores del modelo de economía circular y cuáles serían sus aportes para este diseño.
- Definir cuáles son las practicas más comunes que se realizan en la gestión de los residuos plásticos para de esta forma analizar cuál es la más viable y efectiva que se puede integrar al diseño de la propuesta.

3.5. Fase de diseño o desarrollo

Para lograr dar finalidad al proyecto, durante esta fase se procederá a integrar todo lo ejecutado en las fases anteriores (análisis y descriptiva), consiguiendo diseñar la propuesta del modelo de economía circular en la industria de los plásticos en Bogotá, dando cumplimiento al objetivo general y objetivos específicos planteados. El modelo se construirá bajo las características

adecuadas que relacionará a los diferentes actuantes de la cadena de suministro, de tal forma que todos estos tengan beneficios y una respectiva retroalimentación.

Dentro de esta fase se realizarán las siguientes actividades:

- Describir las responsabilidades y roles de cada uno de los actores que se involucran dentro del modelo de ciclo cerrado en la industria de los plásticos.
- Diseño y estructura de la propuesta que se acople a las diferentes características de las industrias y de la ciudad de Bogotá.
- Establecer y describir como el diseño de este modelo aporta al avance de ciertos objetivos del desarrollo sostenible en Colombia.

4. MARCO LEGAL

A continuación, se nombran todas las bases legales, es decir, toda la normatividad existente actualmente que se encuentra relacionado con los temas tratados en el caso de estudio, los cuales son: Reciclaje, uso de plásticos de un solo uso, medio ambiente y economía circular. Esto con el fin de tener una guía de cómo actuar en base a la legislación colombiana.

4.1. Constitución política de Colombia

En la constitución política de Colombia se contempla los diferentes derechos y deberes que tienen todas las personas que se encuentran en el territorio nacional esto incluyendo todo lo relacionado al medio ambiente, lo cual se ve estipulado en los siguientes artículos:

Artículo 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación [32].

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines [33].

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados [34].

Artículo 95. La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades. Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes. Son deberes de la persona y del ciudadano:

8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano [35].

4.2. Proyecto de ley N° 298-2020 del Senado

Con este proyecto de ley se busca incentivar el reciclaje de envases de un solo uso por medio de la creación de un “Sistema de Devolución y Retorno de Envases – SDR” [36]. Consistirá en entregarle al consumidor final el 10% del valor del producto si esta entrega los envases separados en diferentes puntos de recolección que se establecerán por los productores, importadores y comercializadores.

4.3. Decreto 317 de 2021 Alcaldía mayor de Bogotá, D.C.

Se establecen medidas para reducir progresivamente la adquisición y consumo de plásticos de un solo uso en las entidades del Distrito Capital. Se entregará un galardón a las entidades que se destaquen por su compromiso en el desarrollo de estrategias para la reducción progresiva en la utilización de plásticos de un solo uso como parte de su gestión ambiental [37].

4.4. Resolución N° 1407 de 2018

La presente resolución busca “Reglamentar la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones” [38], por lo cual tiene como objetivo establecer a los productores la obligación de formular, implementar y mantener actualizado un Plan de Gestión Ambiental de residuos de envases y empaques, que fomente el aprovechamiento.

4.5. Resolución 2184 de 2019

Esta resolución exige la adopción del código de colores para el correcto aprovechamiento y disposición de los residuos a partir del primero de enero del año 2021. Este código de colores dicta que el verde representará los residuos orgánicos, el blanco representará los residuos como plásticos, vidrio, metales, papel o el cartón, y que el color negro representará todos aquellos residuos que ya no son susceptibles de ser aprovechados [39].

4.6. Documento CONPES 3874 de 2016

Este documento busca implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario, para de esta forma contribuir al fomento de la economía circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático [40].

4.7. Ley 2232 de 2022

Esta Ley habla sobre las medidas que están interesadas en la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos que son de un solo uso.

4.8. Decreto 2811 de 1974

Este decreto hace referencia a la prohibición o evitar el uso de elementos ambientales y recursos naturales renovables que puedan producir deterioro ambiental en países no vecinos o en el entorno, una de sus finalidades es la protección del medio ambiente.

4.9. Ley 430 de 1998

En esta ley, quieren influir en cuanto a las normas que dictan la prohibición en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

4.10. Decreto 2981 de 2013

Este decreto reglamenta la prestación de servicios públicos de aseo donde se favorezca la eficiencia, calidad y continuidad en la prestación del servicio en los términos establecidos de acuerdo con la normatividad vigente sobre la materia.

4.11. Resolución 1407 de 2018

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de los siguientes materiales: papel, cartón, plástico, vidrio y metal.

4.12. Decreto 1505 de 2003

Este decreto habla sobre el debido manejo integral de los residuos sólidos, donde los materiales recuperados se reincorporan en un ciclo tanto económico como productivo en forma eficiente, por medio del reciclaje y la utilización a través del compostaje o cualquier otra modalidad.

5. CARACTERIZAR LOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS PET EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Para entrar a hablar del ciclo de reciclaje del plástico que se da en Colombia, principalmente en la ciudad de estudio la cual es Bogotá, se debe analizar inicialmente como se realiza la clasificación y recolección de diferentes residuos desde los generadores o fuente, es decir, hogares, empresas, centros de estudio, lugares públicos, entre otros, para así pasar a analizar cada etapa de este ciclo.

5.1. Generadores

Como bien se ha dicho a lo largo de la investigación, Bogotá es la ciudad del país que más residuos genera al día, la capital elimina aproximadamente cada 24 horas 7.500 toneladas de desechos, del cual el 56% corresponde a plásticos de distinto tipo [5]. De estas cifras se reutiliza actualmente aproximadamente un 18% por parte de la industria, los recicladores recogen unas 1.500 toneladas al día, 300 más terminan en la calle, alcantarillas, canaletas, ríos, zonas verdes, y el resto (6.400 toneladas) llegan al relleno sanitario de Doña Juana [41], allí se pesan las volquetas que llegan, se rescatan los residuos reciclables que se logran seleccionar y que por alguna razón no fueron separados anteriormente, el resto de residuos pasan a la plataforma final para compactar la basura y distribuirlos en los terrenos dispuestos para ello.

Para los residuos domésticos se contempla en los hogares principalmente dos colores de bolsas; en la bolsa blanca se debe depositar el material aprovechable como la tela, plástico, papel de archivo, metal, latas de aluminio, vidrio, cartón, entre otros, todos estos residuos aprovechables deben ser depositados limpios y secos. Mientras que en la bolsa negra debe depositarse los residuos ordinarios, como desechos de comida, pañales, papel higiénico y desechos generados por el barrido de la casa, loza y vasos muy contaminados.

En empresas, universidades y lugares con alto tránsito de personas se debe contar con los respectivos contenedores para la separación de residuos sólidos según la resolución 2184 de 2019, la cual dispone que: El color verde es para residuos orgánicos aprovechables, el color blanco es para residuos aprovechables y el color negro es para residuos no aprovechables, aquí a diferencia de los hogares se separan los restos de comida y desechos agrícolas de los demás

desechos no aprovechables. El contenedor rojo se encuentra en los lugares donde se manipule desechos peligrosos, como en hospitales y centros de salud [42].

Figura 11.

Código de colores para la clasificación de residuos.



Nota. La figura representa el nuevo código de colores según la resolución 2184 de 2019. Tomado de: "Así es como tendrá que separar sus residuos de acuerdo con el nuevo código de colores", Diario La República. [En línea]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/asi-es-como-tendra-que-separar-sus-residuos-de-acuerdo-al-nuevo-codigo-de-colores-3107293>. [Consultado: 05-sep-2022].

De acuerdo con la alcaldía de Bogotá, de los residuos que se generan cada día en la ciudad, gracias a la conciencia ciudadana y al trabajo de más de 22 mil recicladores de oficio se logra aprovechar aproximadamente 1.200 toneladas, lo cual equivalen al 16% en total; teniendo en cuenta este porcentaje hay una subdivisión de lo recolectado por residuo, lo cual está clasificado de la siguiente manera:

Figura 12.

Composición de los residuos en la ciudad de Bogotá



Nota. La figura representa la clasificación y peso porcentual que tiene cada residuo que se logra reciclar en la ciudad de Bogotá D.C. Tomado de: “Reciclaje, el primer paso responsable para aprovechar la basura que generamos”, Bogota.gov.co, 25-jun-2019. [En línea]. Disponible en: <https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-un-a-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos>. [Consultado: 05-sep-2022].

De acuerdo con el análisis de composición macroscópica de estos residuos sólidos en Bogotá realizada por Consorcio NCU – UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), 2017, se encuentra que, los residuos plásticos son los MPA (Materiales Potencialmente reciclables y aprovechables) con más participación, siendo esta del 16,88%, los cuales se generan principalmente en lugares de estrato 2 [43].

Toda esta cadena de recolección va ligada también con el nuevo esquema de aseo que se implementa en Bogotá. En el año 2019 se instalaron 10.000 contenedores de basura (Figura 13), ubicados en los puntos donde existe mayor concentración de basura en la ciudad [44], de los 10.000 contenedores 5.000 son de tapa blanca, aquí se debe depositar los residuos aprovechables y los 5.000 restantes son de tapa negra para residuos No aprovechables.

Figura 13.

Nuevo esquema de aseo en la ciudad de Bogotá



Nota. La figura representa el nuevo esquema de aseo en la ciudad de Bogotá D.C. Tomado de: “Bogotá está instalando 10.000 contenedores”, Bogota.gov.co, 28-oct-2018. [En línea]. Disponible en: <https://bogota.gov.co/asi-vamos/contenedores-para-residuos-en-bogota>. [Consultado: 05-sep-2022].

Los contenedores están pensados en ser una gran ayuda para los recicladores de oficio, ya que garantiza el acceso directo y seguro al material aprovechable, además deben ser utilizados únicamente para residuos domiciliarios.

Así mismo, existen varias iniciativas en la ciudad para fomentar el reciclaje, en particular del plástico, tal como lo hace Ecobot. Este proyecto son máquinas ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad (universidades y centros comerciales), donde las personas pueden depositar sus residuos plásticos y recibir a cambio cupones de descuento en restaurantes, tiendas, marcas vinculadas y apps [45]. Todo el plástico recolectado por estas máquinas es donado a organizaciones que cuentan con proyectos para el aprovechamiento de los plásticos, en el caso de Bogotá Ecobot dona el material a ARPE.

5.2. Recicladores de oficio

El informe presentado por la UAESP con corte a diciembre de 2020 registra para esa época 24.310 recicladores de oficio registrados en la ciudad de Bogotá [46], a su vez en esta informe encontramos toda una caracterización de los mismos, donde nos permite analizar en que localidades habitan, en que localidades realiza su labor y comercializan todos los materiales recolectados.

Tabla 6.

Localidades en la que habitan y trabajan los recicladores de oficio

Localidad	No. Recicladores que habitan	%	No. Recicladores que trabajan	%	Estrato predominante
Usaquén	743	3%	1.133	5%	5 - 6
Chapinero	294	1%	623	3%	6
Santa Fe	1.396	6%	324	1%	2
San Cristóbal	984	4%	408	2%	2
Usme	951	4%	369	2%	1- 2
Tunjuelito	609	3%	540	2%	2
Bosa	2.401	10%	1.554	6%	2
Kennedy	4.769	20%	2.363	10%	2 - 3
Fontibón	1.108	5%	1.314	5%	3
Engativá	1.321	5%	1.019	4%	3
Suba	2.349	10%	1.210	5%	2 - 3
Barrios Unidos	700	3%	392	2%	3
Teusaquillo	162	1%	387	2%	4 - 5
Los Mártires	952	4%	514	2%	3
Antonio Nariño	136	1%	179	1%	3
Puente Aranda	852	4%	745	3%	3
La Candelaria	98	0%	72	0%	3 - 4
Rafael Uribe Uribe	1.179	5%	576	2%	2 - 3
Ciudad Bolívar	2.949	12%	1.063	4%	1
Sumapaz	14	0%			

Municipios de Cund.	137	1%			
Sin Información	206	1%	9.624	39%	
Total	24.310	100%	24.310	100%	

Nota. La tabla representa información acerca de la cantidad y porcentaje de recicladores que habitan y trabajan en cada localidad de la ciudad de Bogotá.

Con la información presentada en la Tabla 6 se identifica que la zona en donde más habitan y a su vez trabajan recicladores es la localidad de Kennedy, teniendo porcentajes del 20% y 10% respectivamente, en donde predominan los estratos 2 y 3, seguido a esto se observa que las otras dos localidades donde también se presenta mayor presencia de recicladores de oficio es en las localidades de Bosa (6%) y Suba (5%).

Según el informe realizado por el Consorcio NCU – UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), los residuos plásticos se generan principalmente en zonas de la ciudad de Bogotá estratificadas como 2, junto con el análisis de la Tabla 6, observamos que efectivamente las localidades en donde existe mayor porcentaje de recicladores que laboran allí predominan con el estrato 2 y en su defecto con el estrato 3, concluyendo de esta forma que en aquellas zonas se está produciendo mayores residuos que son aprovechables por los recicladores.

5.3. Bodegas o centros de acopio

En la ciudad de Bogotá se encuentran alrededor de 1,600 bodegas las cuales podemos encontrar diferentes entidades ya sean privadas o públicas, pero cabe resaltar que no todas cumplen con los requisitos o normativas y terminan siendo bodegas marginales o hasta ilegales.

Hay que tener en cuenta que estas tienen unas normativas que deben cumplir y una de la normativa primordial es que cada bodega tiene una capacidad o límite diario para recibir y procesar desechos la cual tiene un promedio de 821 toneladas y Como se mencionó anteriormente la Ciudad de Bogotá es una de las ciudades de Colombia que más residuos genera diariamente con una cantidad de 6,250 toneladas diarias esto de acuerdo con la entidad Uaesp, también les brinda a los recicladores o dispone de bodegas en arriendo para que estos puedan

procesar o vender el plástico la cual tiene un precio de 400 a 500 pesos por kilogramo de plástico reciclado.[47]

La administración distrital busca con el decreto que los bodegueros cumplan con los requisitos y aprendan mejores prácticas como la exigencia del descargue dentro de las bodegas, Incluso, se deben cumplir otras obligaciones como la definición del área mínima y el uso del espacio público [48]. Para ello las bodegas que quieran participar del inventario que realiza la Uaesp y así dispondrán de acciones de apoyo y/o acompañamiento en los procesos de formalización y establecer mecanismos para su crecimiento.

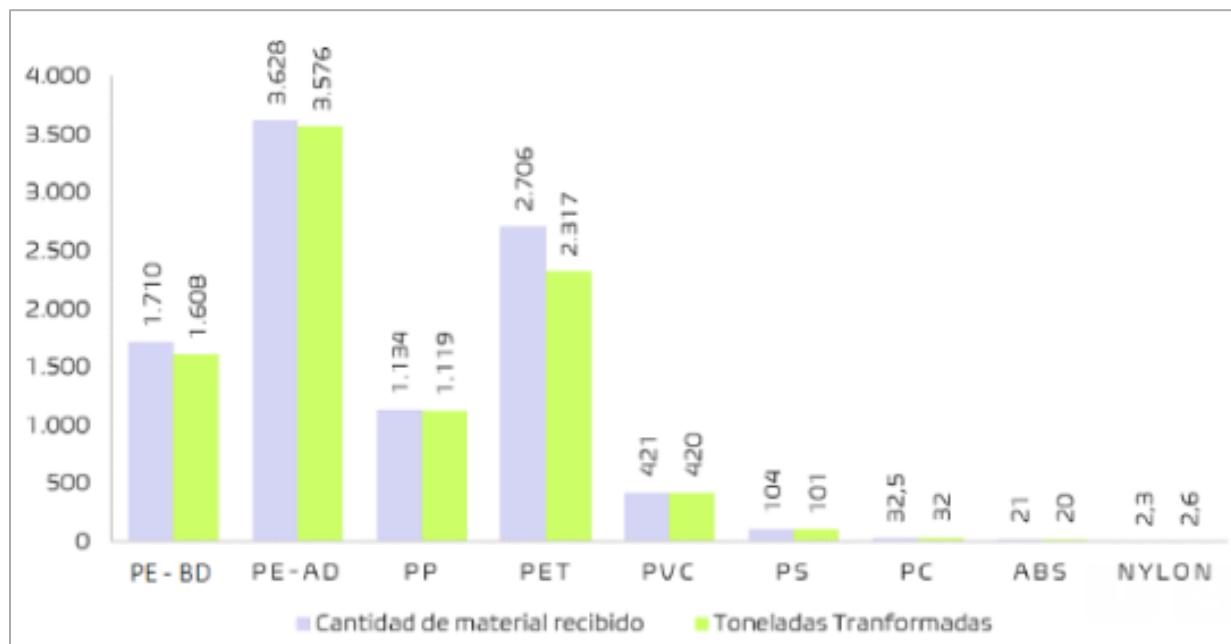
5.4. Comercialización

En Bogotá se estima que hay aproximadamente 200 empresas dedicadas al reciclaje de plástico posconsumo, en donde realizan el proceso de transformación de aproximadamente 9.000 toneladas, es decir, reciclan al año alrededor de 110 mil toneladas de solo desechos plásticos. Según el estudio realizado por Acoplásticos y la universidad Piloto de Colombia, de las 200 empresas identificadas, 104 compran el plástico posconsumo directamente desde la fuente (cadena de restaurantes, comercializadoras, plazas de mercado, entre otros); 90 empresas compran directamente a los recicladores de oficio y 8 empresas hacen la recolección ellos mismos [49], para de esta forma transformar los residuos en productos terminados o materia prima virgen reciclada.

En la figura 14, observamos que el PET es el segundo material plástico reciclable que más reciben y a su vez transforman las empresas en Bogotá. Según el análisis, las empresas están recibiendo mensualmente un aproximado de 2.706 toneladas y transforman alrededor del 88% de ese material recibido.

Figura 14.

Cantidad de material transformado por las empresas en toneladas mensuales



Nota. La figura representa el comparativo de material reciclable recibido por las empresas vs la cantidad reciclada por las mismas en la ciudad de Bogotá D.C. Tomado de: Sistema, “200 empresas DE Bogotá reciclan y transforman Cerca DE 110 mil toneladas DE plástico posconsumo Al Año”, Acoplásticos.org. [En línea]. Disponible en: <https://www.acoplásticos.org/index.php/mnu-noti/330-ns-191125>. [Consultado: 28-sep-2022].

A modo de ejemplo del proceso de comercialización que existe en Bogotá, se encuentran las organizaciones Ekored y Enka. Ekored es una filial de la compañía Enka de Medellín, ubicada en varias ciudades del país, entre esas Bogotá, la cual se encarga de toda la logística, captación, compra, clasificación y transporte de material PET, el cual se distribuye a Enka; donde comienza todo el proceso de transformación de este desecho plástico para convertirlo en materia prima reciclada (resinas).

5.5. Clasificación

Cuando el material llega a los diferentes centros de acopio, bodegas u organizaciones la actividad procedente a esto es realizar la respectiva clasificación y separación de materiales, de esta forma separan inicialmente todo el plástico que llega y luego realizan la clasificación por tipo de plástico, en el caso de Ekored para Enka, deben de seleccionar únicamente el plástico PET,

ya que la compañía realiza el aprovechamiento únicamente de este tipo de residuo plástico, debido a las diferentes propiedades que posee que facilitan su reciclaje, lo cual lo convierte en un empaque más sostenible.

Tabla 7.

Características del Tereftalato de polietileno (PET)

CARACTERÍSTICAS DEL PLÁSTICO PET	
1	Es 100% reciclable innumerable de veces, esto gracias a que es un polímero termoplástico, lo cual le permite volverse a moldear ante temperaturas elevadas por lo tanto tiene excelentes propiedades mecánicas (ver tabla 4) y es fácil su procesado.
2	Este tipo de plástico se identifica gracias a su cristalinidad y transparencia, aunque en algunos casos cuenta con algunos colores.
3	Es un plástico que garantiza la seguridad de los productos que contiene, es decir, este aprobado para uso en productos que deban estar en contacto con productos alimenticios.
4	Permite fabricar botellas al 100% con las resinas obtenidas del reciclaje de botellas PET.
5	Es el material de empaque más sostenible, ya que para su transformación utiliza menos recursos que el resto y genera menos emisiones de gases efecto invernadero.
6	Gracias a la baja relación capacidad/peso del PET lo hace más eficiente en el consumo de energía, requiere menos material y combustible para su transporte.
7	Utilizar PET reciclado evita el consumo de petróleo para materias primas y reduce la energía necesaria para su transformación.
8	Su recolección beneficia al sector reciclador del país, generando miles de empleos.

Nota. La tabla representa algunas de las características físicas del PET y los beneficios que genera el reciclaje de este.

5.6. Transformación de material

Teniendo en cuenta que, para realizar la transformación del plástico, lo primero que se debe hacer es la recolecta, después de tener la recolecta se hace la adecuada separación del plástico

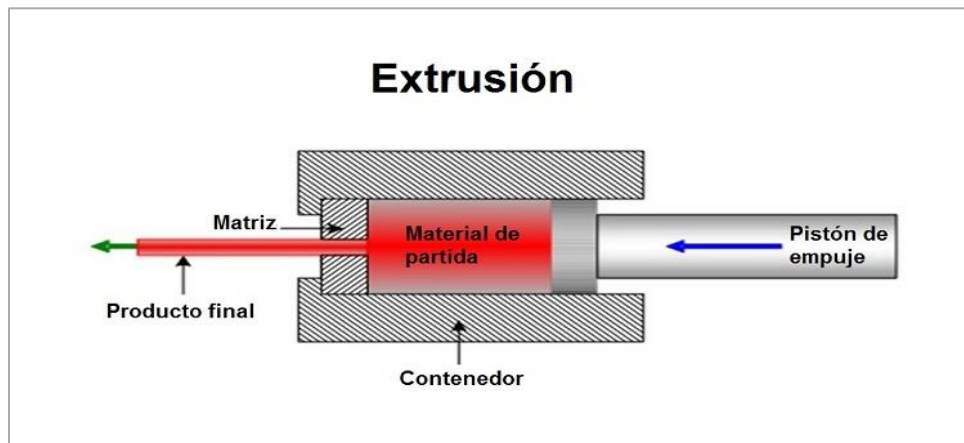
e identificar que sea el plástico requerido, en este caso el PET, paso a seguir es ver en que se quiere transformar este plástico.

Un modelo por seguir es la empresa Enka quien recibe 100 Tn diarias donde transforman el plástico en unas resinas la cual es la nueva materia prima virgen que obtienen a partir del plástico reciclado. El método de reciclaje que ellos utilizan es el método mecánico que consiste en tres (3) etapas: separación, limpieza y molido [50].

Este proceso inicia con el lavado y separación de sustancias contaminantes. Una vez limpio el material este pasa por una secadora y se almacena en un silo intermedio hasta homogeneizar el material y triturarlo, mediante esta técnica es troceado para su posterior reutilización y en función de la utilidad que se le vaya a dar, el proceso para poder hacer la transformación de este se realiza por medio de la extrusión; Este proceso se basa en el flujo continuo de presión y empuje del material en un molde. El polímero se introduce por un cabezal mientras todo gira en un horno a una temperatura determinada. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina. [51]

Figura 15.

Esquema del proceso de extrusión



Nota. La figura presenta paso a paso de cómo es el proceso de extrusión. Tomado de: "Fundamentos de los Procesos de Extrusión," Ingemecanica.com. [En línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn140.html>. [Consultado: 24-Sep-2022].

A partir de este proceso el material llega a Enka compilado en grandes pilas, allí es revisado y se hace una selección minuciosa; donde lavan las tapas y etiquetas que sirven; y posteriormente las muelen en forma de pequeñas hojuelas obteniendo bolitas de resinas llamadas pellets; que pueden reutilizarse en la producción de nuevos envases alimentarios y no alimentarios donde se busca que existan cada vez más empaques reciclados al alcance de los consumidores, por último, el producto final se somete a una nueva revisión de calidad y es empacado.

5.7. Producto terminado (MP virgen)

Después de realizar todo el proceso de reciclaje y transformación del Plástico en este caso el PET, se obtiene una nueva materia prima virgen y esto es un proceso bastante benéfico para las industrias ya que con los residuos desechados durante la producción es una materia prima que se recupera generando gran valor: el reciclaje y la reutilización interna en la propia empresa ahorran costes de materias primas vírgenes y contribuyen a la sostenibilidad de forma ventajosa económicamente.

Ahora bien, hay que tener en cuenta la diferencia entre un material virgen y un material virgen reciclado y es que el material virgen reciclado casi siempre luce distinto a como luce el plástico virgen, probablemente no luzca tan bonito o llamativo, presenta un menor brillo y una mayor opacidad (en pocas palabras ligeramente menos transparente). Sin embargo, la diferencia es mínima en cuanto a la apariencia física, tiene un menor costo ya que es 100% reciclado es decir que cuando eliges fabricar tus envases en plástico 100% reciclado, no sólo estás contribuyendo positivamente al medioambiente, sino que también estás ahorrando dinero y para poderlo distinguir con un material. [52]

Por su funcionalidad es tan buena como la del plástico virgen y en algunos usos específicos es inclusive mejor, de hecho, en algunos otros usos es incluso mejor que otros materiales como la madera, el hierro o el concreto entre otros. Todos estos materiales mencionados contaminan casi tanto o más que el plástico mismo y es una enorme ventaja el poderlos substituir con plástico reciclado.[53]

Figura 16.

Ciclo de material virgen y material reciclado



Nota. La figura presenta el proceso de reciclaje del PET. Tomado de: “Economía circular del plástico,” Blogspot.com. [En línea]. Disponible en: <https://flexivel.blogspot.com/2018/09/economia-circular-del-plastico.html>. [Consultado: 25-Sep-2022].

Como se mencionó anteriormente la empresa modelo es ENKA quien produce nueva materia prima virgen a partir del Plástico PET en resinas, se obtiene dos tipos de resina a partir del PET y del nylon. En esta investigación se centrará en las resinas obtenidas a partir del plástico PET que está dirigido principalmente para los mercados de empaques y envases para alimentos y bebidas. [54]

Del análisis realizado en este capítulo deducimos resultados tales como que, efectivamente los lugares estratificados como 2 y 3 son las zonas donde más se producen desechos plásticos, en específico el PET, esto gracias al informe y caracterización de recicladores de oficio que realizó la unidad administrativa especial de servicios públicos para el año 2020, además de los agregados e investigaciones realizadas; así mismo se confirma que Bogotá es la principal ciudad del país que produce la mayor cantidad de desechos plásticos diarios, con un porcentaje del 56% y que a pesar de los diferentes esfuerzos por la alcaldía, organizaciones e iniciativas de concientizar a la población capitalina, aun hace falta reforzar la cultura del reciclaje,

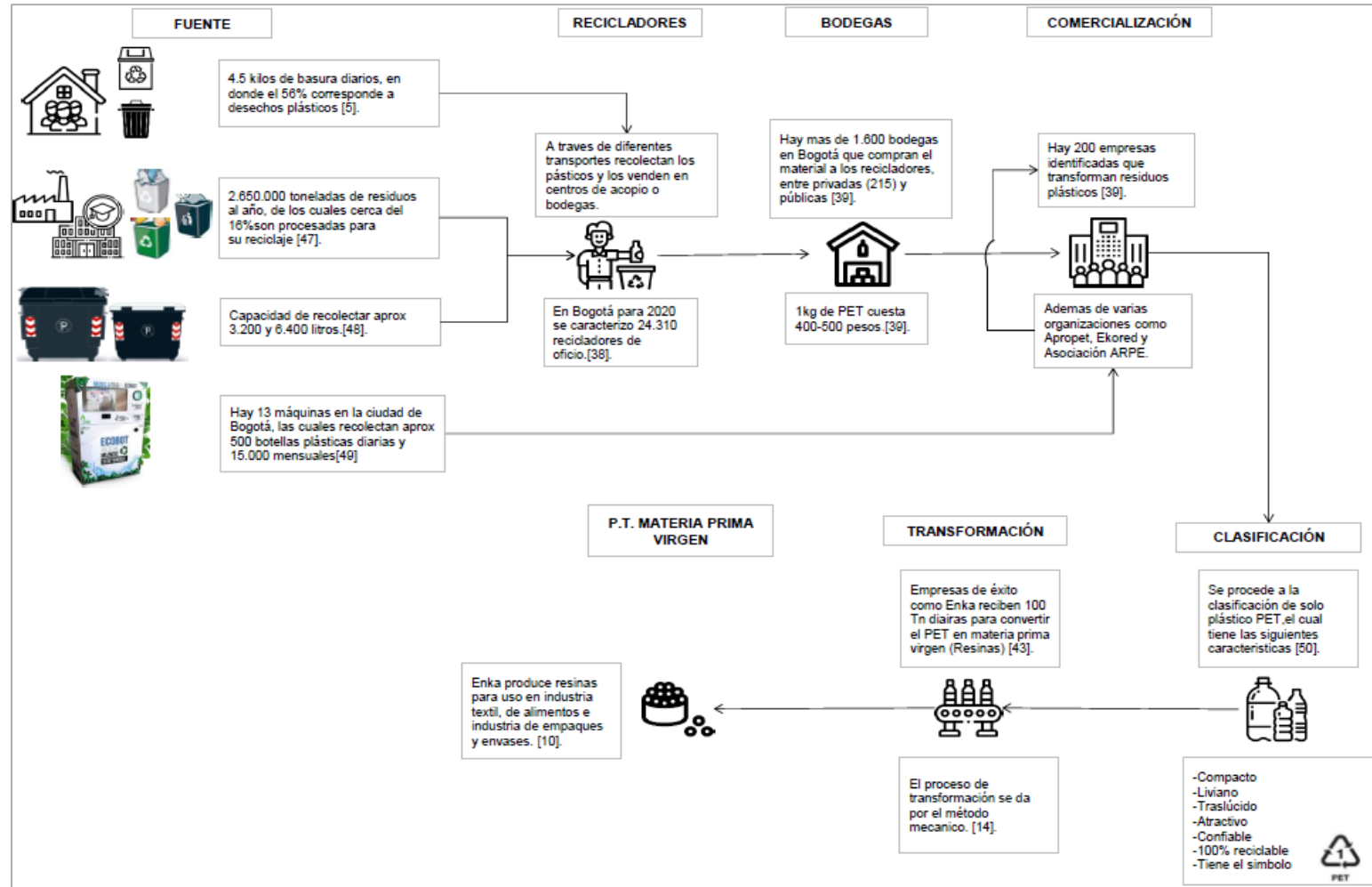
principalmente desde la fuente (Figura 17) e incluir normatividad más específica en cuanto al desecho de materiales y reciclaje del plástico, logrando de esta forma que empresas y demás generadoras de estos residuos tengan claro el manejo de estos y las posibles repercusiones que se pueden presentar si no se realiza el debido manejo, a su vez, estandarizando precios de comercialización para ofrecer a los recicladores de oficio una vida que este en pro a la calidad.

Para ello hay que tener en cuenta con cuantas bodegas dispone la ciudad de Bogotá para poder hacer el adecuado proceso de transformación del plástico a partir del reciclaje. De acuerdo con un análisis se pudo identificar que el precio que tiene un kilogramo de plástico es de 400 a 500 pesos donde cada bodega tiene un límite de recolección de 821 toneladas diarias para poder llegar a la elaboración de nuevas materias primas de acuerdo con el interés de esta. También se identificó que el material virgen obtenido a partir del reciclaje es de igual calidad a un material virgen y en muchas ocasiones este plástico llega a ser mejor que otros materiales tales como la madera, hierro entre otros.

Como se mencionó anteriormente la empresa a ejemplo es ENKA quien a partir de la recolección del plástico (PET) y por medio del reciclaje mecánico que se da a través de un proceso el cual el plástico posconsumo o reciclado, se recupera para su reutilización y aplicación, es decir, un proceso físico-mecánico obtienen unas resinas que es su material virgen reciclado el cual es transformado a partir de la extrusión que es un tipo de transformación de plástico para ya llevarlo al mercado final.

Figura 17.

Diagrama del proceso de recolección de residuos en Bogotá D.C



Nota. La figura representa el proceso de reciclaje en la ciudad de Bogotá donde se identifica cada etapa, desde la generación de residuos en la fuente hasta su transformación final.

6. DEFINIR LOS ACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LOS RESIDUOS PLÁSTICOS EN BOGOTÁ

Con el objeto de identificar los diferentes actores que intervienen en un modelo de economía circular, es indispensable definir cada uno de los modelos o filosofías que se llevan trabajando por diferentes autores desde la década de 1970 y por ende son precursores de esta, analizar sus diferentes factores y diferencias entre sí, para de esta forma llegar a la estandarización de actores y/o factores sin importar bajo qué tipo de modelo se esté hablando.

Estos diferentes modelos abren paso al concepto de economía circular que se tiene hoy en día, todo bajo el modelo multidimensional de la sostenibilidad, que implica la satisfacción de varios objetivos múltiples (Figura 18), los cuales están enfocados en el factor social, económico y medio ambiental [55].

Figura 18.

Principios de la sostenibilidad



Nota. La figura representa los principios de la sostenibilidad (Viabilidad económica, estabilidad ecológica y equidad social) Tomado de: F. Aguayo, P. M. Estela, y J. R. S. V. M. Lama, ECODISEÑO. Ingeniería Sostenible de la Cuna a la Cuna (C2C). RC Libros, 2011. [En línea]. Disponible en https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zwa8Mwqa4XYC&oi=fnd&pg=PR15&dq=modelo+cradle+to+cradle&ots=fl3GTsxr0_&sig=45VZKuccBjkGagm vDnS8EPhowo#v=onepage&q=modelo%20cradle%20to%20cradle&f=false. [Consultado: 12-oct-2022].

6.1. Ecología Industrial

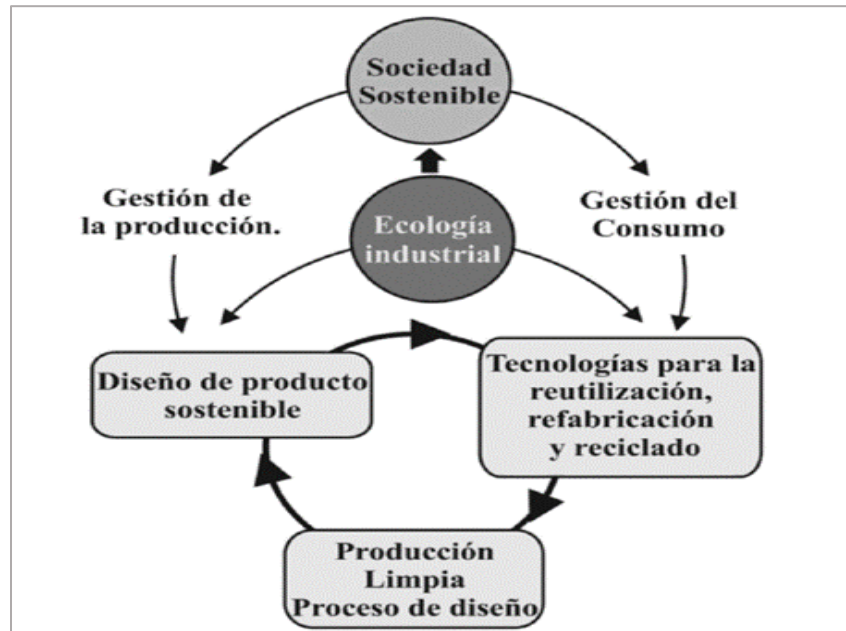
La ecología industrial es aquella que se basa en la extracción de recursos de los ecosistemas y una vez que hayan sido utilizados estos recursos vuelven otra vez a la naturaleza para su degradación, por ende, trata de imitar a la naturaleza al máximo de tal manera que se pueda intercambiar flujos de materia y energía ya sea de manera conjunta o en un solo lugar.

Este modelo industrial tiene como principal objetivo promover el desarrollo sustentable, de manera que el impacto ambiente sea lo menos posible y utilizando los recursos de una manera eficiente. Si bien, la ecología industrial no solo tiene un impacto positivo a nivel ecológico, sino que, a nivel económico también, se trata de un modelo que resulta muy rentable al reducir los costes de mantenimiento de la infraestructura. [56]. Es decir que la ecología industrial no solo abarca temas de medio ambiente y contaminación, sino que también le da importancia a la economía ya sea en los procesos, la tecnología y la interrelación que hay entre los negocios; de tal manera que además de ser una opción viable para la protección del medio ambiente también es una herramienta para la optimización del uso de los recursos naturales no renovables.

Esta alternativa permite que el sistema industrial se base en los ecosistemas biológicos y bajo el modelo de economía circular, incorporando procesos eficientes donde se garantice la sostenibilidad. [57].

Figura 19

Ecología Industrial



Nota. La figura representa la estructura de la ecología industrial. Tomado de: F. Aguayo, P. M. Estela, y J. R. S. V. M. Lama, ECODISEÑO. Ingeniería Sostenible de la Cuna a la Cuna (C2C). RC Libros, 2011. [En línea]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zwa8Mwqa4XYC&oi=fnd&pg=PR15&dq=modelo+cradle+to+cradle&ots=fI3GTsxr0_&sig=45VZKuccBgjkGagmvDnS8EPhowo#v=onepage&q=modelo%20cradle%20to%20cradle&f=false. [Consultado: 12-oct-2022].

Esta teoría intenta recrear el funcionamiento de los ecosistemas naturales en los sistemas industriales, de tal forma que estos utilicen materia prima al mismo ritmo en el que consumen energía, dando un espacio para conseguir reemplazar todos los insumos utilizados en el tiempo debido, tal como lo hace la biosfera en los sistemas naturales; por lo tanto, esta filosofía cuenta con una serie de principios, los cuales son:

- Minimizar las emisiones y la dispersión de productos peligrosos mientras se completa el ciclo de vida de las materias primas.
- Optimizar la recuperación de los residuos en los procesos productivos.
- Involucrar integralmente a toda la empresa y comunidades cercanas en la gestión ambiental.

- Adoptar dentro de sus procesos productivos herramientas que involucren tecnologías más limpias y eficientes

6.2. Leyes de la ecología

Las primeras leyes de la ecología las propusieron Garret Harding y Barry Commoner y encontramos cuatro (4) leyes las cuales se explicarán a continuación.

- *Primera Ley de la Ecología:* Esto involucra que cualquier cosa o persona está conectada y que no se puede hacer sola ya sea por los fenómenos de la vida y los ciclos bio-geoquímicos lo que se realiza en un lugar tiene repercusiones en otras personas y/o lugares.
- *Segunda Ley de la Ecología:* Trata sobre el consumo de la sociedad y que los ecosistemas tienen una capacidad limitada para absorber los desperdicios y así auto depurarse. Por más “lejos” que tratemos de enviar los desperdicios, ellos siempre, de alguna manera regresan. Esto es consecuencia de la gran fuerza de los ciclos bio-geoquímicos y de que, para la naturaleza, no hay fronteras y que todo va a algún lugar.
- *Tercera Ley de la Ecología:* Si se desea realizar algún cambio en el funcionamiento de un ecosistema será mejor hacerlo de acuerdo con el funcionamiento de la naturaleza. Por ejemplo, para repoblar un terreno que ha sufrido una catástrofe, como un incendio, es preferible usar las especies nativas que importar especies exóticas.
- *Cuarta Ley de la Ecología:* Se desprende de las leyes de la termodinámica y de las primeras tres leyes de la ecología mencionadas anteriormente. Cualquier proceso, sea natural o de intervención social, tiene un costo ambiental, lo veamos o no, hay ningún proceso que no tenga un precio. [58]

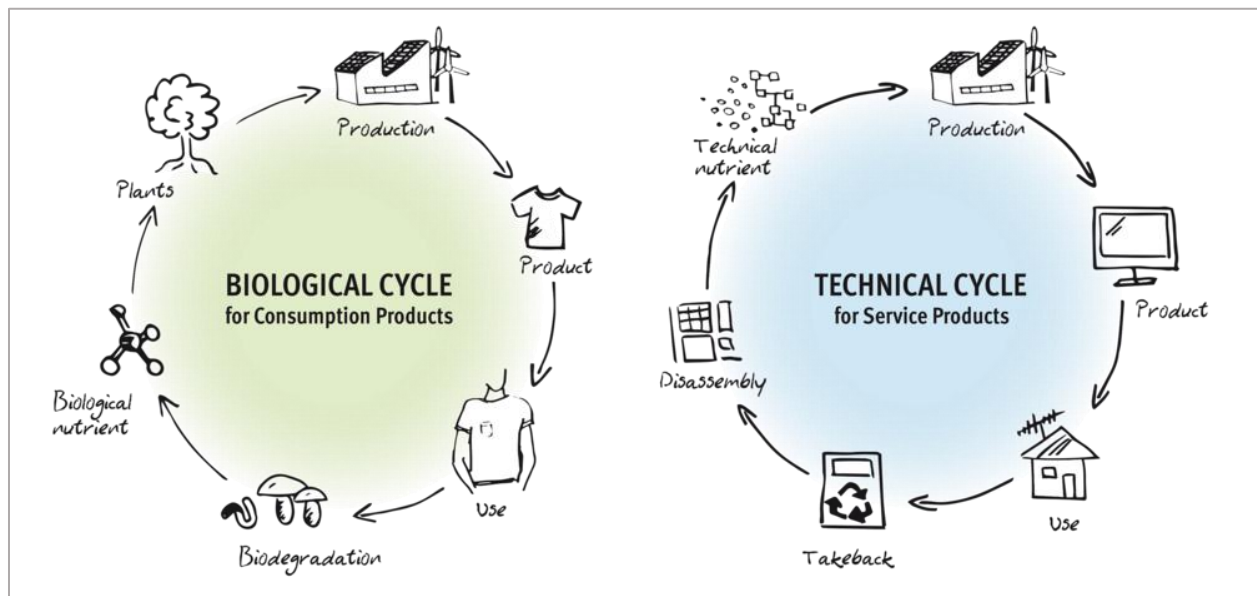
6.3. Cradle to cradle (C2C)

El concepto de Cradle to cradle (De la cuna a la cuna) se acuñó en la década de 1970 por el arquitecto Walter R. Stahel; y que luego, en el año 2002 fue desarrollado por Braungart y William McDonough en su libro “De la cuna a la cuna: Rehaciendo la forma en la que hacemos las cosas”, así mismo, existe actualmente una empresa de consultoría (McDonough Braungart Design Chemistry), donde se otorga a las empresas que cumplen con los requisitos establecidos una certificación de C2C, título que ofrece más confiabilidad en cuanto a los procesos y productos que ofrecen las empresas vinculadas a esta compañía.

Principalmente esta filosofía se basa en el potencial y seguridad de los materiales que son utilizados en cada etapa de la cadena de suministro de un producto para ser utilizados en ciclos, es decir, que todo puede ser un recurso para otra cosa, clasificándolos de esta forma en técnicos (Tecnosfera) y biológicos (Biosfera) [59] (Figura 20), en los cuales se generan beneficios para los tres pilares de la sostenibilidad (Figura 18): Economía, sociedad y medio ambiente.

Figura 20.

Ciclos propuestos por el modelo C2C



Nota. La figura representa los dos ciclos principales en los que se rige la filosofía Cradle to cradle. Tomado de : “Cradle to Cradle®”, Dresco.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.dresco.com/uk/dresco/sustainable/cradle-to-cradle>. [Consultado: 12-oct-2022].

Los dos ciclos principales que se desarrollan bajo la filosofía C2C son:

6.3.1. Ciclo Biológico

Este ciclo está pensado para los productos de consumo, donde nos muestra que todo puede ser diseñado para ser desensamblado y de esta forma regresar los materiales al suelo de forma sana como nutrientes biológicos (Plantas, producción, etapa de uso, biodegradación) [60]; va más ligado a los productos que están hechos con materiales orgánicos y pueden regresar al entorno natural proporcionando alimento a pequeñas formas de vida.

6.3.2. Ciclo Técnico

El segundo ciclo se desarrolló para productos que ofrecen un servicio, todos los elementos utilizados para la fabricación de estos pueden ser reutilizados y reciclados como materiales de alta calidad para otros nuevos productos como nutrientes técnicos; estos se pueden dar en cualquier etapa del ciclo: Producción, producto, etapa de uso y desensamblaje. Se limita a productos sintéticos que no son tóxicos ni dañinos para el medio ambiente.

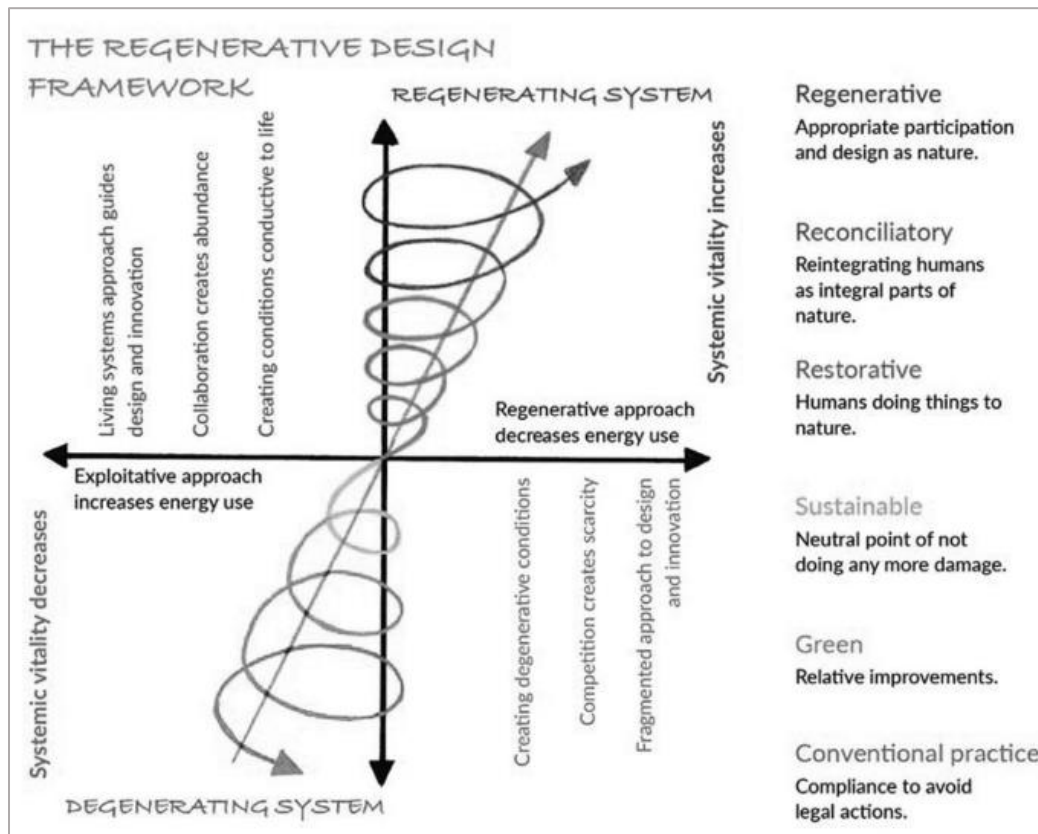
6.4. Regenerative design

La filosofía de diseño regenerativo fue planteada por el profesor John T. Lyle en el año 1994, se basó principalmente en el ámbito de la agricultura, el objetivo es crear sistemas humanos que no tengan que ser desechados [61], donde estos sistemas simulen el funcionamiento de los ecosistemas para que de esta forma los productos se creen e interaccionen sin producir residuos.

La diferencia entre el diseño regenerativo y la sostenibilidad está en que el primero busca mejorar los ecosistemas a medida que se crean nuevos productos y la humanidad avanza, mientras que la sostenibilidad pretende únicamente en mantener lo que ya existe para el uso de las generaciones futuras. [62]. Esta filosofía pretende incluir las estrategias verdes, sostenibles y restauradoras como primer paso para el aprendizaje regenerativo en la tierra y demás sectores.

Figura 21.

Estructura del diseño regenerativo



Nota. La figura representa el marco del diseño regenerativo, donde se evidencia las ventajas de hacer parte de un sistema regenerativo. Tomado de: L. Lares, A. Henríquez, y D. Regenerativo Y Economía, Unirioja.es. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8371845.pdf>. [Consultado: 12-oct-2022].

6.5. Economía azul

La economía azul hace referencia a todas aquellas innovaciones inspiradas en la naturaleza que genera beneficios, ya sea puestos de trabajo o capital social. Para ello, este sistema deberá ser viable y eficiente, aprovechando al máximo todos los recursos que estén al alcance e implementar un sistema de trabajo que imite a la naturaleza de manera que disminuya costes y contaminación.

Este modelo se centra en las actividades que tiene relación con medios marítimos. Es decir, que el concepto de economía azul se centra en el papel de los mares como fuente económica y en

la importancia de gestionar sus recursos de una forma eficiente, restaurando los ecosistemas dañados e introduciendo tecnología e innovación que permitan un aprovechamiento sostenible en el futuro. [63]

El concepto de residuo también juega un papel importante en los planteamientos de la economía azul. Los residuos dejan de ser desechos no utilizables y pasan a convertirse en reutilizables. Por ende, pasan por una cadena de valor en la que cualquier residuo puede ser reutilizado para volver a incorporarse a un ciclo de producción.

Figura 22

Funcionamiento de la economía azul



Nota. La figura representa la importancia de la economía azul y sus objetivos. Tomado de: Murciadiario.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.murciadiario.com/articulo/diccionario-terminos-economicos/economia-azul-que-es-a-que-se-refiere/20220130141208057805.html>. [Consultado: 25-sep-2022].

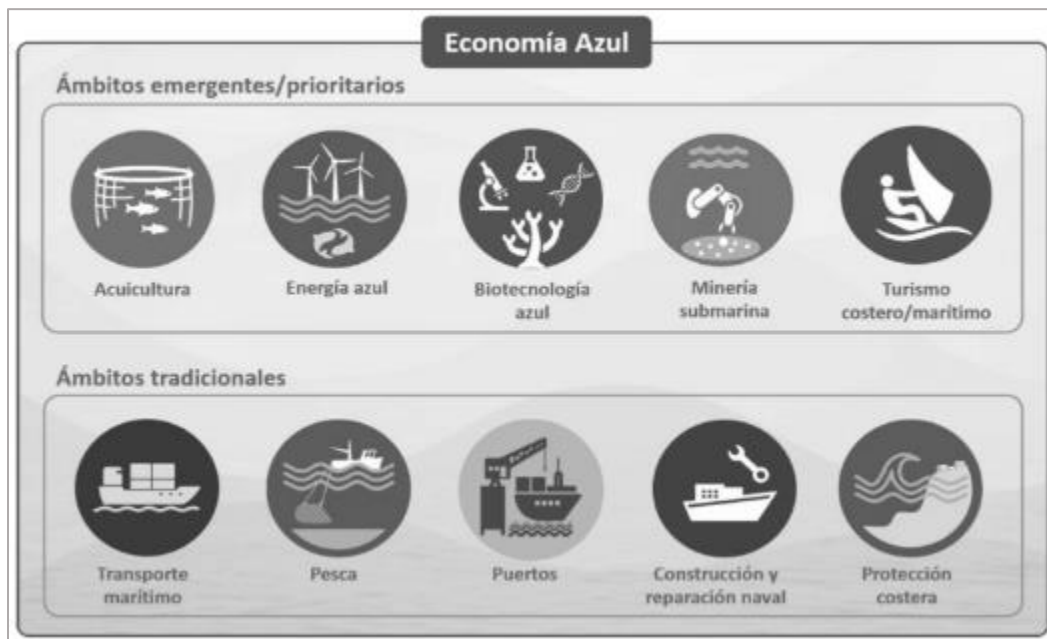
Esta economía presenta grandes retos tanto a nivel económico, social y ambiental, a partir de la estrategia del crecimiento azul, donde se quiere garantizar la sostenibilidad ambiental y la gestión eficiente de los recursos marítimos. En este sentido, los ODS implican que el desarrollo económico sea inclusivo y respetuoso con el medio ambiente. Por ello, el futuro de los mares y océanos constituye un gran desafío a nivel mundial junto con el cambio climático. Es fundamental

realizar una gestión eficiente de los recursos, crear alianzas con los diferentes grupos de interés y encontrar elementos comunes para continuar con el crecimiento económico sostenible en un contexto azul. [64]

En concreto, la economía azul contempla actividades como la pesca, la acuicultura, la minería de lecho marino, la utilización del medio marino para producir distintos tipos de energías renovables, y actividades derivadas como el turismo o la biotecnología azul, que explora la diversidad del medio acuático y para elaborar diferentes productos y materiales de consumo, incluidas medicinas y sustancias claves para la investigación científica. [65].

Figura 23

Actividades de la Economía azul



Nota. La figura representa las actividades que se realizan dentro de un modelo de economía azul Tomado de: “Canarias, paraíso de la Economía Azul,” Ulpqc.es. [En línea]. Disponible en: <https://eldigital.ulpgc.es/noticia/2018/04/27/canarias-paraíso-de-la-economía-azul>. [Consultado: 29-Sep-2022].

6.6. Biomimetismo

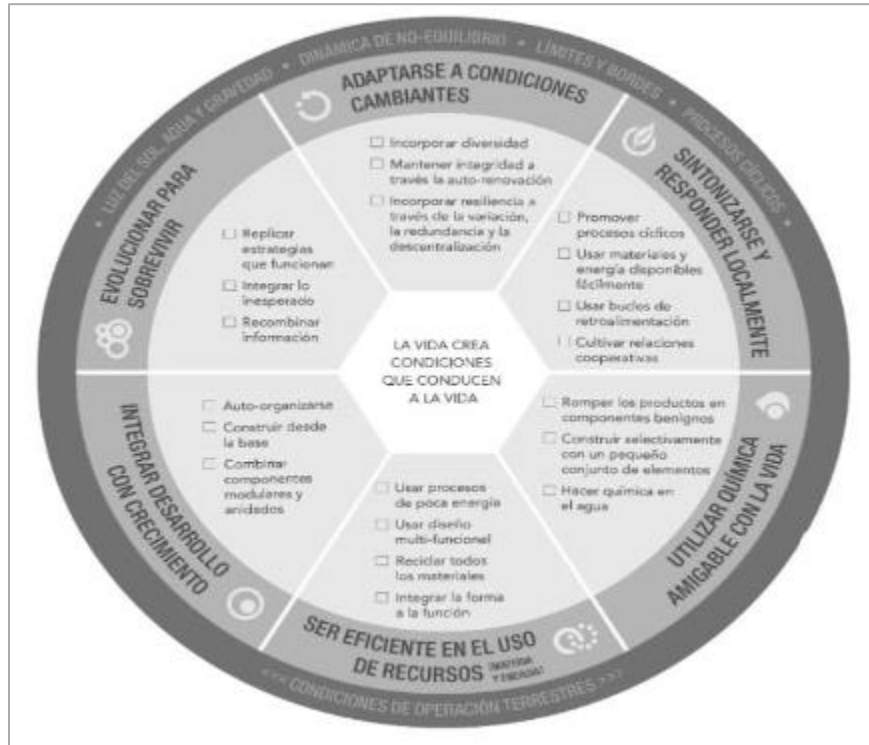
El biomimetismo o biomímesis (de bio “vida” y mimesis “imitar”), es un enfoque que da a conocer en el año 2012 la presidenta del Biomimicry Institute, Janine Benyus; autora de “Biomímesis: Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza”, el cual se basa en estudiar a profundidad los mejores procesos de la naturaleza y luego imitarlos en mecanismos artificiales, aplicando principios de ingeniería, química y biología, dando solución de esta forma a problemas humanos.

El modelo se basa en tres factores principales:

- Tomar a la naturaleza como modelo para el desarrollo de soluciones a diferentes necesidades humanas.
- Naturaleza como medida, utilizar estándares ecológicos para de esta forma cuantificar la sostenibilidad de las diferentes innovaciones.
- Naturaleza como mentor con el fin de valorar lo que podemos aprender del mundo natural en vez de simplemente extraer sus recursos.

Figura 24.

Estructura de la biomimesis



Nota. La figura representa una estructura donde se procura utilizar la biomimesis en cada ámbito y principio de la sostenibilidad. Tomado de: "Biomimesis: observar la naturaleza y emular soluciones en pro de la sostenibilidad", Grupo MAPFRE Corporativo - Acerca de MAPFRE, 03-feb-2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.mapfre.com/actualidad/innovacion/biomimesis/>. [Consultado: 13-oct-2022].

Analizando las seis (6) filosofías precursoras de la sostenibilidad y en su defecto de economía circular se procede a estandarizar los factores que tienen en común todas estas, que a pesar de que cada una cuenta con un pensamiento y método diferente a la final todas buscan obtener los principios nombrados en la tabla No. 8., lo cuales constituyen actualmente un modelo de economía circular, el cual se puede adaptar a cualquier tipo de industria y producto.

Tabla 8.*Estandarización de factores que hacen parte de un modelo de economía circular*

FACTORES A NIVEL GENERAL DE UN MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR	
P1	Enfoque proactivo Se debe actuar desde el problema raíz y antes de generar impactos.
P2	Concepción sistémica e integrada del metabolismo del producto. Desecho = Alimento. La perspectiva holística del ciclo de vida acopla las rutas metabólicas en ciclos cerrados, transformando los desechos de unos en recursos para otros.
P3	Fractalización de la sostenibilidad. Integra la estrategia de las 3E (Figura 17) de forma sinérgica, en donde se aportan soluciones sostenibles transversales al medio ambiente, la sociedad y la economía.
P4	Ecoinnovación bioinspirada (biomimesis). Inspirarse en los ciclos de la naturaleza para ofrecer soluciones innovadoras y eficaces, bioinspiradas para la fabricación de productos y sistemas industriales.
P5	Producto como ser vivo y su sistema asociado como ecosistema. Producto como metáfora de ser vivo, en donde los flujos asociados a este se constituyan nutrientes técnicos y biológicos incluidos en ciclos cerrados, donde no haya pérdida de valor ni daño al medio ambiente.
P6	Ecointeligencia. Concebir productos o sistemas con la mentalidad de que todo su ciclo de vida sea ecocompatible y metabolizable, beneficiando de esta forma al medio ambiente y todos los actores involucrados.
P7	Respetar y fomentar la diversidad. La fabricación, uso y eliminación de producto no debe afectar negativamente al medio ambiente, estas actividades deben fomentar la diversidad natural y técnica, ayudando a crear valor.
P8	Ecoefectividad frente a ecoeficiencia. Actuar “Correctamente”, maximizando los efectos positivos frente a hacer las cosas “bien”, minimizando los efectos negativos que constituye el enfoque de la ecoeficiencia.

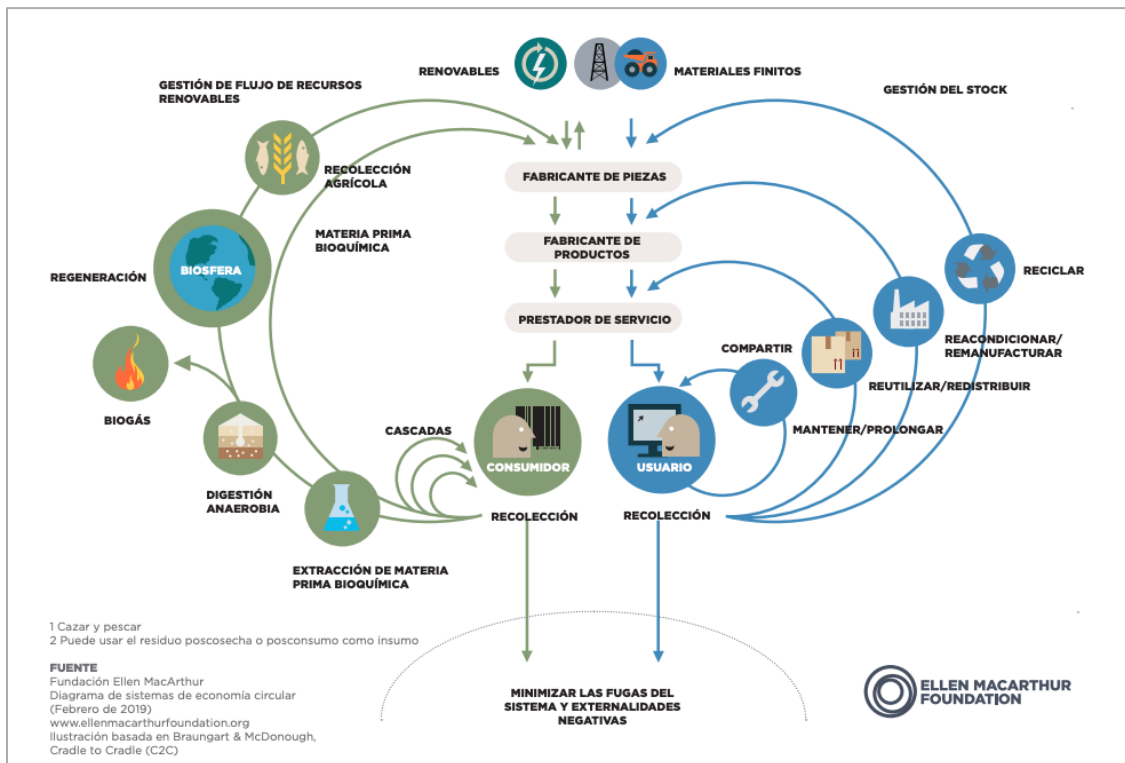
P9 **Utilización de energías renovables.** Eliminar la explotación de los recursos abióticos, es decir, las estructuras donde se alcanzan los ecosistemas, que proporcionan combustibles fósiles.
Incentivar el uso de energías renovables.

Nota. La tabla los factores comúnmente encontrados en todas las filosofías nombradas durante el capítulo.

Así mismo se cuenta ya con un diagrama sistémico (Figura 25) que involucra todos los principios nombrados en la tabla 8, el cual se observa que tiene como base la filosofía del Cradle to Cradle, con sus dos ciclos, biológico y técnico, pero mucho más estructurado y desarrollado, donde se busca reconstruir los recursos financieros, manufacturados, humanos, social y naturales, garantizando flujos mejorados tanto de bienes como de servicios.

Figura 25.

Diagrama sistémico de economía circular (Círculo de valor)



Nota. La figura representa el diagrama sistémico de un modelo de economía circular, el cual incluye los principios estandarizados de un ciclo cerrado. Tomado de: "Diagrama Sistémico", Ellenmacarthurfoundation.org. [En línea]. Disponible en: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/diagrama-sistémico>. [Consultado: 25-oct-2022].

7. DISEÑAR PROCESOS DE INTEGRACIÓN ENTRE LOS ACTORES EN CADA ETAPA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Luego de los análisis realizados en cuanto a cada una de las etapas que recorren los residuos plásticos, desde que son producidos en la fuente hasta su proceso de recolección y transformación, además de la investigación de las diferentes filosofías precursoras de la economía circular, se llega a la conclusión de que es posible, tal como dice el principio No. 4 nombrado en la tabla 8: estandarización de factores, inspirarse en los ciclos de la naturaleza para de esta forma crear sistemas industriales que funcionen de esta misma forma, por lo tanto, se planea realizar una simbiosis industrial entre varias industrias en donde el desecho de una logre ser el alimento de otra y se produzca un flujo de material óptimo.

7.1. Análisis de la cadena del plástico PET

La cadena de suministro actual del plástico PET inicia por la extracción de petróleo crudo y gas natural, los cuales proporcionan la materia prima para el 99% de la producción de todos los tipos de plástico, el petróleo crudo debe pasar por el proceso de refinación para extraer gran parte de la variedad de componentes que contiene, este proceso se realiza por métodos de destilación o separación física, para luego pasar por procesos químicos [66] y obtener los dos compuestos principales para la producción de plástico PET: Acido tereftálico (TPA) y Etilen glicol (EG), posteriormente el monómero pasa por el proceso químico de policondensación para dar como resultado la cadena extendida del Tereftalato de polietileno (PET), el cual físicamente son unos pequeños gránulos de color blanco a los cuales se les llama Resina de PET virgen; por último se debe fundir esta resina para crear la pre forma, el cual está diseñada con la capacidad de tomar cualquier forma y grosor que requiera la industria.

Ya que el plástico PET es utilizado principalmente en Colombia para la fabricación de envases, donde el 62% de este producto va dirigido al sector de alimentos, y dentro de este sector el envase de bebidas es el que tiene el mayor porcentaje de consumo (22%) [2], la preforma pasa por el método de inyección soplado-estirado, donde se calienta en un horno a altas temperaturas, ablandándola y dándole elasticidad para lograr tomar la forma del molde, apenas se sople la botella se debe enfriar inmediatamente para mantener la forma, luego se llena la botella con el producto destinado a envasar y se obtiene el producto terminado listo para su embalaje y distribución. Como etapa final de la cadena lineal está el consumidor junto con los desechos que

son dirigidos a vertederos y lugares no óptimos para estos desechos como por ejemplo las diferentes fuentes hidrográficas.

Precisamente para lograr cerrar el ciclo se proponen cuatro (4) etapas adicionales: Reciclador/Recogedor, clasificación, reacondicionamiento, y suministro de componentes (Figura 26), donde se pretende en cada línea de flujo utilizar alguna de las 7R del reciclaje tratadas en la tabla No. 5.

7.1.1. Rediseñar

Este principio consta de pensar y diseñar procesos que consuman lo menos posibles materias primas vírgenes, por lo tanto, dentro de nuestro ciclo cerrado este componente está situado en la etapa siguiente de la clasificación y suministrador de componentes, en ambas las líneas de flujo van directamente a la etapa donde se produce la resina o preforma, ya que gracias a los residuos que se están generando, estos serán recolectados y pasaran por el proceso de Reciclaje tratado en toda la presente investigación, utilizando el método de reciclaje mecánico, el cual rediseño todo el proceso para la obtención de la resina, eliminando la necesidad de materia prima a partir del petróleo, el cual es uno de los factores más cruciales de la problemática actual en cuanto al uso y desecho de estos productos.

7.1.2. Reducir

La R de Reducir está muy ligada al consumo acelerado y poco consciente del plástico, por lo tanto, está ubicada en la etapa de Clientes, además también tiene como objetivo disminuir el porcentaje de desechos e incentivar la correcta clasificación de residuos desde los hogares o fuentes. En todo el país y en especial en Bogotá existen varias campañas en cuanto al manejo adecuado de residuos, en qué tipo de bolsa debe ir cada desecho o incluso como pueden reutilizar alguno de estos.

A pesar de que existen muchas campañas que tratan de concientizar a la ciudadanía en la correcta clasificación de residuos, según la superintendente de servicios públicos Natasha Avendaño, el 78% de los hogares colombianos no recicla ni separa correctamente sus residuos [67], complicando la tarea de clasificación de recicladores y el reciclaje en general.

A través de la solución que se plantea en este capítulo se puede trabajar con las diferentes industrias que hagan parte del parque ecoindustrial para fomentar diferentes campañas, concientizar a nuestros consumidores, ofreciendo como ejemplo principal la simbiosis que se realiza entre las diferentes industrias, además se puede ofrecer capacitaciones cada cierto tiempo a los colaboradores del parque, creando y reforzando mejores hábitos de consumo que siempre logran tener un impacto y trascendencia.

Asimismo, el Reducir este ligado en la etapa de transformación o fabricantes, se debe buscar la reducción de mudas, las cuales pueden estar presentes en:

- **Procesos:** hace referencia a la línea de producción de la industria, aquí es importante tener procesos controlados y operaciones estandarizadas, ya que estos factores afectan directamente a la calidad del producto y de igual manera al generamiento de mermas dentro de cada proceso de producción.

Aunque es inevitable no tener cierto porcentaje de desechos post industria y más cuando se trata de un proceso por inyección, donde se asume la pérdida de partes del producto que son necesarias para el proceso de fabricación pero, al terminar, no forman parte del producto final, tal como sucede con la rebaba que queda en la pieza debido a fallas esporádicas en las cuales el molde no se llena lo suficiente o productos que por alguna u otra razón terminan siendo considerados como No conformes debido a que no se puede controlar todo el tiempo al 100% los procesos, por esto mismo es crucial contar con auditorías internas de calidad constantes y procesos estandarizados, con el fin de minimizar al máximo dichos eventos en los que se generan estos residuos, así mismo, los que se generen pueden introducirse de nuevo al proceso de fabricación, si es un producto No conforme se puede triturar y volver a fundir para formar una preforma lo mismo sucede con la rebaba.

- **Defectos:** Es importante definir adecuadamente en que etapa se implementaran procesos de inspección de calidad, hay puntos críticos donde gracias a este control se puede evitar seguir con la operación si se sabe que posiblemente se genere un defecto y esto eventualmente se convierta en una merma. Uno de estos puntos vitales, por ejemplo, se encuentra antes de comenzar el proceso de producción, inspeccionando la materia prima, evaluando correctamente si esta es óptima para seguir con la operación, así mismo, cada vez que el producto salga de

algún proceso, inspeccionar rápidamente si este cumple con las especificaciones requeridas, así se evita defectos en procesos posteriores y en el producto terminado (PT).

- **Transportes:** Este tipo de merma se da en los movimientos innecesarios de productos y materias primas, por lo tanto, es importante tener una distribución de planta adecuada donde el producto en proceso (PP) fluya continuamente, así mismo en la distribución de PT pensar en cual es el embalaje adecuado para el transporte y no producir mudas.
- **Sobreproducción:** Con el fin de evitar la sobreproducción se debe implementar inicialmente como en cualquier empresa ya sea pequeña o grande, pronósticos de demanda, buscar el método que mejor se acople a la compañía y empezar a emplearlo para así tener una buena gestión en la toma de decisiones, además, el plan de producción podría cambiar de un sistema Push a un Pull, es decir, la producción se adapta a la demanda efectiva y se adopta un sistema de Just in time (JIT), lo cual significa que el producto se fabrica únicamente cuando se genera una compra, aquí es importante la comunicación entre cliente, fabricante y proveedores con el fin de tener el producto solicitado en las cantidades requeridas y en el tiempo establecido sin ningún inconveniente.
- **Inventario:** Logrando controlar la sobreproducción en la compañía, el manejo de inventarios se convierte en una tarea más sencilla y se disminuyen los costos de almacenaje, aunque de igual forma se debe tener este proceso controlado con registros de movimientos y evaluando la cantidad de productos en stock. Las herramientas más útiles y conocidas para llevar a cabo este control de inventarios son un Enterprise Resource Planning (ERP) y un Material Requirements Plannig (MRP).

7.1.3. Reutilizar

Tal como nos dice la Tabla No.5, reutilizar hace referencia a darle otra utilidad a los residuos aprovechables extendiendo de esta forma la vida útil de estos, por lo tanto esta R se ubica en el flujo de material que va desde clasificación hacia el reacondicionamiento, en esta parte se ubica uno de los factores más importantes de la simbiosis industrial, debido que al realizar el reacondicionamiento de los residuos clasificados, serán utilizados por las industrias que se ven beneficiadas por esto, además gracias a que estarán ubicadas prácticamente en el mismo lugar los costos de movimiento de material y los tiempos en que serán transportados se optimizaran

considerablemente, aportando grandes herramientas para lograr tener una producción Just in time y que cada compañía logre entregar productos de calidad en sus tiempos establecidos.

7.1.4. Reparar

Varias de las mudas que se presentan en las diferentes etapas de las cadenas de suministro pueden retornar a procesos anteriores y ser reparados para de esta forma volver a ser utilizables, la mayoría de las veces es más económico reparar aquellos productos que por alguna u otra razón están siendo desechados en vez de comprar uno nuevo, por ejemplo, muchos de los componentes que se encuentren dentro de este producto desechado pueden ser utilizados en MP de diferentes procesos; se ahorra energía y se acerca cada vez más al objetivo de industrias con residuos cero.

Por esta razón es que esta R se ubica principalmente en el flujo desde clientes hacia fabricantes, es importante tener un plan de acción en cuanto al producto en cada una de sus etapas, incluyendo la de consumidor final, ya que aquí es donde se presentan los mayores residuos pos consumo y es vital tener un plan de retorno para así aprovecharlos al máximo, ya sea por la misma industria o por otras, a su vez, el Reparar se ubica dentro de la misma industria en su procesos de fabricación, aquí se encuentran los desechos pos industria y de producción, los cuales también pueden ser identificados y reparados.

7.1.5. Renovar

Está ligada a darle una nueva función a lo ya creado, logrando así darle una nueva vida útil al producto, en cuanto a nuestro ciclo cerrado se puede evidenciar que se hace uso de esta R, después de que el cliente haya terminado o utilizado el producto y este culmine el ciclo de vida desde la fabricación con materia virgen y a partir del reciclaje a este se la da una nueva vida útil donde será utilizado de acuerdo con las necesidades o darle el mismo funcionamiento que ya tenía.

Para hacer uso de esta R (renovación) se tendrá en cuenta en nuestra cadena de suministro después de la selección y reciclaje del material, donde por medio de procesos se logrará darle un nuevo uso es decir renovar lo que ya existía y darle un nuevo objetivo a este donde se verá beneficiado tanto la empresa como el cliente debido a que para la empresa será un precio menor

al momento de adquirir la materia prima y para el cliente el precio de este será menor y donde la calidad será igual que la materia prima virgen.

7.1.6. Reciclar

En esta R, lo que se quiere lograr principalmente es realizar la adecuada separación de residuos para después aprovecharlos, ya que el reciclar habla de que el desecho deberá pasar por un proceso de transformación para ser utilizado nuevamente, en especial para producción de MP. Este factor está presente cuando el consumidor desecha los productos que utiliza, donde debido a la problemática de no clasificar adecuadamente muchos residuos aprovechables terminan en vertederos y/o rellenos, los desechos que se logran recuperar son seleccionados por recicladores, quienes los llevan a puntos de recolecta de plástico y estos pasan por nuevos procesos para darles un nuevo uso.

Como se ha ido mencionando durante el desarrollo de este proyecto, en la ciudad de Bogotá se realiza el proceso de reciclaje por varios métodos, uno de ellos es a partir de los recicladores de oficio, otros por las diferentes iniciativas que han creado fundaciones o grupos de interés como Ecobot, el cual cuenta con máquinas en puntos estratégicos de la ciudad y por último aquellas empresas que compran el directamente el plástico o ellas mismas lo hacen retornar a si cadena de suministro, sin intermediarios, luego de la recolección de todos los residuos el proceso posterior a este, es decir, el reciclado se realiza por el método mecánico, donde pasa principalmente por una extrusora.

Ahora bien, estos materiales reciclables son depositados en sus correspondientes contenedores, lo que se quiere lograr con este principio es ahorrar materias primas vírgenes y a su vez cuidar el medio ambiente a través de la menor emisión de gases durante los procesos de producción y disminuir la contaminación de este plástico en el medio ambiente, ya que la durabilidad de estas es de más de 100 años.

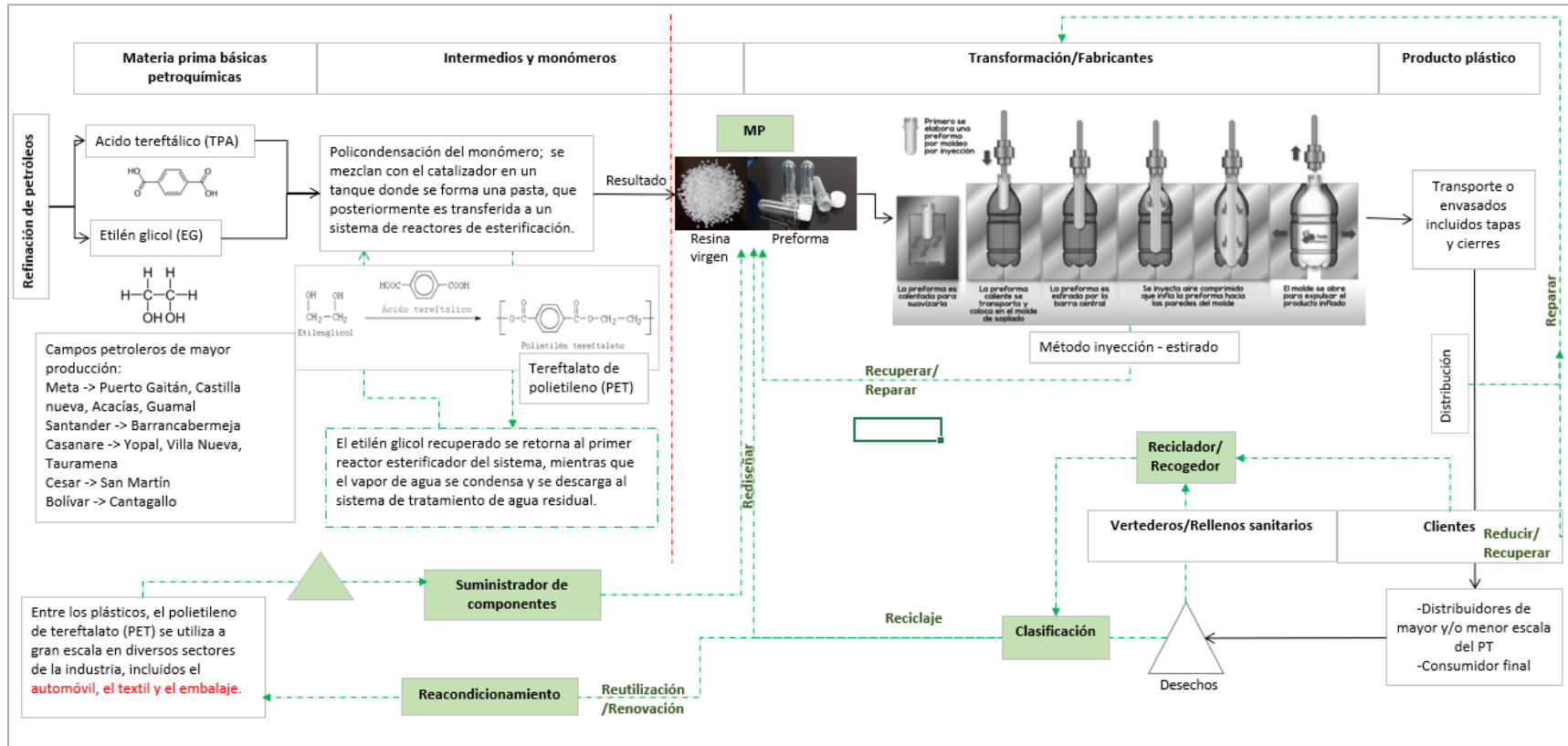
7.1.7. Recuperar

El objetivo de esta R es poder recuperar y aprovechar todos aquellos desechos que se generan en algún punto dentro de la cadena de suministro de la compañía y que por algún motivo se cree que no son utilizables , de acuerdo con la cadena de suministro hay dos momentos en donde se

hace uso de esta R, el primer momento es durante la fabricación del producto como se sabe, durante este proceso los desechos que se arrojan pueden volver a utilizarse, de este modo la empresa podrá reaprovechar estos residuos por medio de resinas o preforma de tal modo que será beneficioso económicamente ya que la materia prima se está reutilizando y el segundo momento es cuando el cliente desecha el producto en ese momento es recuperado por los recicladores para proceder a darle un nuevo uso.

Figura 26.

Diseño de ciclo cerrado para la cadena de suministro del plástico PET



Nota. La figura representa inicialmente la cadena de suministro lineal del plástico PET, con un agregado de líneas punteadas que transforman la cadena de suministro en un ciclo cerrado, eliminando la obtención de MP inicial por refinación de petróleos. (Se tienen en cuenta las 7R nombradas en la tabla 5)

La idea de implementar las 7R dentro del ciclo permite ampliar el espectro que se tiene de economía circular y tener más posibilidades que solo las 3R comúnmente conocidas: Reducir, reutilizar y reciclar, además como se nombró en la justificación del presente proyecto, también se pretende generar un impacto significativo en 5 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), los cuales son:

- *Objetivo 8 Trabajo decente y crecimiento económico:* Con la caracterización analizada de los recicladores de oficio de Bogotá y generando el reconocimiento que realmente merecen por el debido trabajo que realizan recolectando estos desechos, se planea crear la iniciativa por la cual haya una normatividad estandarizada en cuanto a la comercialización de residuos aprovechables, tales como el plástico, el cual es el material en cuestión; todo esto con el fin de brindarle a este grupo de partes interesadas una calidad de vida más dignificada, donde los precios que se pagan por los residuos aprovechables que se llevan a los centros de acopio no sean impuestos por las personas que manejan estas bodegas, sino que exista realmente una estandarización de estos.

Además, todo el trabajo que se realiza en este proyecto impulsa también a la posible innovación de nuevos productos a partir de estos residuos plásticos, creando y apoyando nuevos emprendimientos, incentivando a la ciudadanía a empezar con su independencia y a la creación de empleo.

- *Objetivo 9 Industria, innovación e infraestructura:* Este objetivo va ligado principalmente a la industrialización inclusiva y sostenible, la cual con innovación e infraestructura genera fuerzas económicas que generan empleo e ingresos. La idea de realizar un parque eco industrial con simbiosis industrial se da con el fin de ser sostenibles a largo plazo, buscando alternativas de recursos con el fin de preservar los recursos naturales al máximo, desde el uso de diferentes materias primas hasta el correcto manejo y disposición de residuos. Sin lugar a duda este proyecto requiere de infraestructura e innovación constante en los procesos para alcanzar una mejora continua y así mismo aportar a la economía del país por medio de todo lo especificado anteriormente, generando empleos dignificados y emprendimientos que generan fuentes de ingreso.

- *Objetivo 12 Producción y consumo responsables:* El principio de Reducir está ligado a hacer énfasis principalmente en cuanto al consumo consciente de productos plásticos y a su vez

de una producción en la cual se reduzcan al máximo las mermas que pueden darse en los diferentes procesos y su debida disposición, logrando que las diferentes industrias que hacen parte de la simbiosis propuesta apliquen una producción y un consumo responsable, donde se aumente la eficiencia de los recursos (MP, agua, energía, etc.) que se utilizan, creando un crecimiento económico de la mano con el cuidado del medio ambiente, además de promover estilos de vida saludables e industrias sostenibles.

- *Objetivo 13 Acción por el clima:* La fabricación de plástico con materia prima petroquímica tiene como resultado grandes huellas de carbono e hídricas, con la eliminación de esta etapa y el uso de materia prima reciclada se reducen las emisiones de gases infecto invernadero de 3,5 Kg a 1,7 Kg de CO₂ [68], aunque no se logra eliminar el 100% las emisiones, se puede realizar una acción alternativa que ayude a esta problemática la cual puede ser la compra de bonos de carbono, en los cuales este dinero recaudado se invierte en diferentes proyectos de energía renovable, reforestación, entre otros. Lo mismo sucede con la huella hídrica, la cual está ligada principalmente a la contaminación que sufre por la pésima disposición de residuos, los cuales terminan en fuentes hídricas afectando los ecosistemas y la vida marítima. Por dicha razón es que el trabajo planea implementar procesos más rigurosos a la hora de recolección de estos desechos aprovechables que afectan profundamente al medio ambiente debido a que no son biodegradables.

- *Objetivo 14 Vida submarina:* Proteger los océanos es una prioridad, la biodiversidad marina es vital para la salud de las personas y el planeta, por lo tanto, este proyecto busca la reducción exponencial de la cantidad de plástico que llega a los océanos, generando consciencia no solo a los consumidores, sino a los diferentes sectores de la economía que hacen uso de este material, además de crear procesos realmente óptimos para la recolección de estos residuos, incluyendo en la cadena de abastecimiento con más fuerza e impacto a los recicladores de oficio y la concientización de la ciudadanía.

7.2. Mapeo de actores

Se realizó un mapeo para poder identificar cuáles son los grupos de interés que hay así podemos identificar las organizaciones o empresas que están implicados directamente en el desarrollo de este proyecto. Los stakeholders representan un factor importante para la conformación de un

ecoparque por tal motivo es indispensable determinar los grupos de interés y que presión estos ejercen.

Para ello hay que tener en cuenta que estos actores son claves para el desarrollo del proyecto debido ya que promueven o incitan nel desarrollo de proyectos que generen beneficios, dentro de los actores identificados se encuentran las fundaciones, empresas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, universidades que invierten y apoyan proyectos de innovación, desarrollo e investigación de parques industriales ecoeficientes, los bancos y fondos que ofrecen beneficios en préstamos.

Iniciaremos con las fuentes de apoyo financiero las cuales encontramos tres (3) organizaciones como lo son el fondo Nacional de garantías S.A también conocido como el FNG, el Banco Bancóldex y por último la organización Colciencias, a continuación, se explicará más a fondo acerca de cada una de las entidades mencionadas anteriormente

7.2.1. Fuentes de apoyo financiero

7.2.1.a. Fondo Nacional de Garantías S.A o FNG. es una de las entidades que tiene como fin facilitar a las micro, pequeñas y medianas empresas para que puedan acceder a la financiación de recursos para que mejoren su competitividad. busca promover el desarrollo empresarial facilitando el acceso al crédito para este tipo de organizaciones. Su principal función es servir como un aval de las operaciones de crédito que son otorgadas por las entidades financieras, siempre y cuando el destino del crédito sea para las empresas mencionadas anteriormente y Promovemos el desarrollo empresarial de las mipymes. [69]

7.2.1.b. Banco Bancóldex: establecimiento de crédito bancario que opera como un "banco de segundo piso", socio de los empresarios que se atreven a crecer, pone a disposición del sector empresarial colombiano las diferentes alternativas de financiación y líneas de crédito incluidas donde su objetivo es financiar las necesidades de capital de trabajos y activos fijos de proyectos o empresas que estén dentro de su portafolio de productos y servicios financieros y no financieros, para empresas de todos los tamaños sin importar la región o el sector al que pertenezcan de la economía colombiana. [70]

7.2.1.c. COLCIENCIAS: el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCT) tiene como entidad líder el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS que se encarga de la investigación con el fin de fomentar la búsqueda y generación de conocimiento e innovación para lograr la transformación productiva y social del país, definir los programas estratégicos para el desarrollo del país, la complementariedad de esfuerzos, uso y apropiación de los conocimientos producidos por nuestras comunidades de investigadores e innovadores. fortalecer la institucionalidad y vincular el capital humano y a las empresas quienes pueden obtener beneficios económicos ya sea formular y ejecutar proyectos de investigación e innovación o tributarios al realizar inversiones en los mismos, según lo establece la ley 633 de 2000 en el artículo 12. [71].

7.2.2. Poder de los grupos de interés

Una vez se identifique los actores sociales que influyen a nivel financiero en el desarrollo del proyecto es necesario determinar el poder que ejercen dentro del mismo y los intereses que los motivan a involucrarse.

En cuanto al ámbito nacional encontramos diferentes entidades que tienen interés en promover y regular la creación de industrias para fortalecer la economía nacional y que esta esté mucho más activa donde estas cumplan con la legislación y normatividad vigente. En la siguiente tabla se observará los grupos o entidades a nivel nacional que tienen interés de qué modo y como influyen.

Tabla 9.*Actores de interés a nivel nacional*

NACIONAL		
Actor	Poder/Dominio	Influencia/ Interés
Universidades	Académico	Formulación y ejecución de proyectos en grupos y semilleros, desarrollo tecnológico, mejora de procesos y desarrollo de innovación e investigación.
Empresas	Económico	Desarrollar beneficios económicos y reducción de costos de materia prima, transporte y manejo de residuos. Optimizar recursos y crear redes de cooperación empresarial e incentivar la transferencia tecnológica donde se genere valor agregado.
Fondos y Bancos	Económico	Apoyo financiero a proyectos donde brinden fácil acceso a créditos y tasas bajas de interés para la creación de empresas para generar desarrollo económico e industrial.
Fundaciones	Social y ambiental	Cuenta con su propio consejo de administración y tiene la misión de trabajar para el bien de los ciudadanos y sus fondos provienen de múltiples donantes y también ofrecen aportaciones a otras entidades sin fines de lucro.
	Político económico	Encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental de tal modo se pueda definir políticas y regulaciones. Realizar investigaciones, análisis y estudios económicos y fiscales en relación con

Ministerios de Ambiente y Desarrollo		los recursos presupuestales y financieros del sector de gestión ambiental, tales como, impuestos, tasas, contribuciones, derechos, multas entre otras.
--------------------------------------	--	--

Nota. La tabla indica los grupos de interés y cuál es la influencia que este tiene a nivel nacional respecto al proyecto.

En cuanto a nivel regional se espera una mayor contribución de los grupos de interés ya que se encuentran en la zona de influencia del parque, además de eso, el apoyo y participación de entidades públicas y privadas, empresas, centros educativos e instituciones que son fundamentales tendrán mayor incidencia en las decisiones y actividades de las industrias que lo conforman. Por otro lado, en la siguiente tabla están los grupos de interés a nivel regional.

Tabla 10.

Actores de interés a nivel regional

REGIONAL		
Actores	Dominio	Influencia/Interés
Gobernación de Bogotá	Institucional económico	Fortalecimiento y ejecución de políticas públicas, Inclusión social, desarrollo socioambiental y económico de la región. De modo que se planifique y se formule proyectos de distribución territorial.
Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)	Institucional económico	Formular y proponer políticas, planes, proyectos y programas encaminados al desarrollo de la misión de la Unidad, cumpliendo objetivos y metas planeados en sectores distritales y nacionales.
Alcaldía de Bogotá	Institucional económico	Liderar, orientar y coordinar la formulación y cumplimiento de políticas, planes, programas y proyectos encaminados a garantizar la participación de los

		habitantes y el control social a la gestión pública en el marco del Sistema Distrital de Participación.
Recicladores	Social y Económico	Comúnmente llamados recicladores de oficio, son los encargados de la recolección de residuos donde se puede reciclar materiales tales como el plástico, papel, cartón entre otros, para la fabricación de materia prima (MP) para la elaboración de nuevos productos.
Usuarios residenciales	Social y ambiental	Encargados de arrojar los residuos sólidos que serán recolectados para la elaboración de MP a partir del reciclaje de estos, teniendo en cuenta la debida separación, de modo que ayudarán a la reducción de la contaminación y mejora del medio ambiente.

Nota. La tabla indica los grupos de interés y cuál es la influencia que este tiene a nivel regional respecto al proyecto.

7.3. Valoración de los actores

Posterior a la identificación de actores o grupos de interés, es necesario realizar una valoración de los mismos para determinar cuál es el grado de importancia durante el desarrollo y ejecución de los proyectos y por lo tanto priorizar y fortalecer las relaciones con aquellos que representan un mayor valor.

Figura 27.

Diagrama de Venn



Nota. La figura representa el diagrama de venn donde se prioriza los grupos interesados de acuerdo con los atributos existentes en el mapeo de actores.

A continuación, se dará una breve explicación sobre cada uno de los atributos que se observan en el diagrama de venn (Figura 27).

- **Partes interesadas inactivas:** sus características son el poder, con ello pueden imponer su voluntad. Hay que tener en cuenta que pueden llegar a adquirir uno de los dos atributos faltantes ya sea legitimidad o urgencia, por eso se deben tener presentes.
- **Partes interesadas discrecionales:** estos grupos o personas poseen el atributo de legitimidad, pero no tienen poder para influir ni pedidos urgentes. Por lo que simplemente están para velar por los valores, normas y creencias.
- **Partes interesadas demandantes:** El único atributo que poseen es la urgencia. Debido a que no tienen ni poder ni legitimidad. Hasta que no adquieran otro atributo necesario, su urgencia seguirá siendo insuficiente para captar la atención.

- **Partes interesadas dominantes:** Poseen dos de los tres atributos, los cuales son el poder y legitimidad por lo tanto su influencia está garantizada ya que tienen reclamos legítimos y la capacidad de actuar e influir.
- **Partes interesadas Peligrosas:** La urgencia y el poder que caracterizan a este grupo pueden volverlo restrictivo. El uso del poder coercitivo a menudo acompaña una solicitud ilegítima. Hay que tener mucho cuidado con ellos y nunca ignorarlos.
- **Partes interesadas Dependientes:** Tienen pedidos legítimos y urgentes. Se les denomina “dependientes” porque dependen de otros grupos de interés para obtener el poder necesario y llevar a cabo su voluntad. Dado que el poder no es recíproco, su ejercicio se rige ya sea a través de la tutela de otros grupos de interés o de su alineamiento con los valores de la empresa.

De acuerdo con la información anterior, en la siguiente tabla se verá explícitamente a que atributo hace parte cada uno de los grupos interesados.

Tabla 11.
Valoración de actores

Valoración de Actores			
Actores	Poder	Legitimidad	Urgencia
Bancos o entidades financieras	X	X	X
Empresas	X	X	
Universidad			X
Ministerios		X	X
Fundaciones			X
Entidades Regionales	X	X	
Entidades gubernamentales	X	X	X
Recicladores	X	X	
Usuarios Residenciales	X		X

Nota. La tabla muestra la valoración de actores a la cual pertenece los grupos de interés, la cual se clasifican en tres (3).

7.4. Matriz PESTEL

Luego de analizar los diferentes actores que influyen en el proyecto y la respectiva influencia que pueden llegar a tener, se considera pertinente aplicar la matriz PESTEL, la cual comprende un estudio estratégico del entorno global de la empresa, donde se consideran elementos políticos, económicos, sociocultural, tecnológicos, ambientales y legales, factores que por lo general se encuentran fuera del control de análisis, por lo tanto, se evalúan como amenazas y oportunidades. [72].

Para este caso se analizan varios factores externos que afectan directamente a la conformación del parque eco industrial, los cuales se deben analizar para tener en cuenta en tomas de decisiones y futuras estrategias administrativas. A continuación, se muestra la matriz planteada, evaluando los diferentes factores descritos anteriormente con sus respectivas oportunidades y amenazas frente al proyecto.

Tabla 12.
Matriz PESTEL

		Oportunidades	Amenazas
P	Político	-Fortalecimiento de políticas gubernamentales -Incentivos e iniciativas empresariales	-Regulación y legislación ambiental futura
E	Económico	-Incentivos tributarios por el cumplimiento de normatividad en cuanto al óptimo manejo de residuos y recursos. -Fuentes de financiación a proyectos ambientales y empresariales.	-Ingreso de competidores en el mercado -Altos costos al inicio del proyecto -Altos costos de reconversión tecnológica para los sectores implicados, asociados a la

		<ul style="list-style-type: none"> -Economía y tendencias internacionales. -Mejora en la seguridad de suministro de MP 	<p>importación debido a la devaluación del peso y la valorización del dólar</p>
S	Socio – cultural	<ul style="list-style-type: none"> -Tendencias hacia el consumismo responsable con el medio ambiente -Participación de centros educativos que apoyen el desarrollo de proyectos económicos, sociales y principalmente ambientales. -Generación de riqueza y empleo, beneficio en la comunidad local. -Mejor calidad de vida en zonas con alto grado de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> -Resistencia al cambio -Desinformación y desconfianza frente a los productos que se pretenden realizar. -Poca cultura de reciclaje por parte de la ciudadanía
T	Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> -Innovación en procesos y técnicas productivas. -Desarrollo de nuevas tecnologías e impulsa el I+D+i -Tendencias a nivel internacional con capacidad de aprendizaje 	<p>-Grandes inversiones en infraestructura y tecnología.</p>

E	Ecológico	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de la cultura ecológica y mercados amigables con el medio ambiente -Disminución en huellas de carbono e hídricas (Consumo responsable) -Nuevo ciclo de vida a productos desechados 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanciones ambientales -Aún se requiere uso de algunos recursos naturales, principalmente el agua y energía.
L	Legal	<ul style="list-style-type: none"> - Documento CONPES 3874 de 2016, busca implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario. -Acceso a incentivos tributarios del Estado por reducción de las tasas de contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> -Modificaciones legislativas con respecto al medio ambiente. -Diferentes normativas del uso de recursos (Agua)

Nota. La tabla representa los diferentes factores externos para tener en cuenta en la realización de cualquier proyecto, analizando amenazas y oportunidades.

7.5. Proceso metodológico para la conformación del parque eco industrial con criterios de simbiosis

En el desarrollo de esta etapa se pretende realizar principalmente una descripción de las principales características de las diferentes industrias que harían parte del parque eco industrial, esto con ayuda de diagramas de flujo en donde se evidencian entradas y salidas, a su vez, al

finalizar se analiza una matriz MED (Materiales, Energía y Desechos) en donde se sintetiza aún más el proceso de producción de cada una y los flujos de materia que se pueden presentar con el fin de realizar la simbiosis entre industrias más optima.

7.5.1. Planta de transformación del Plástico

Tabla 13.

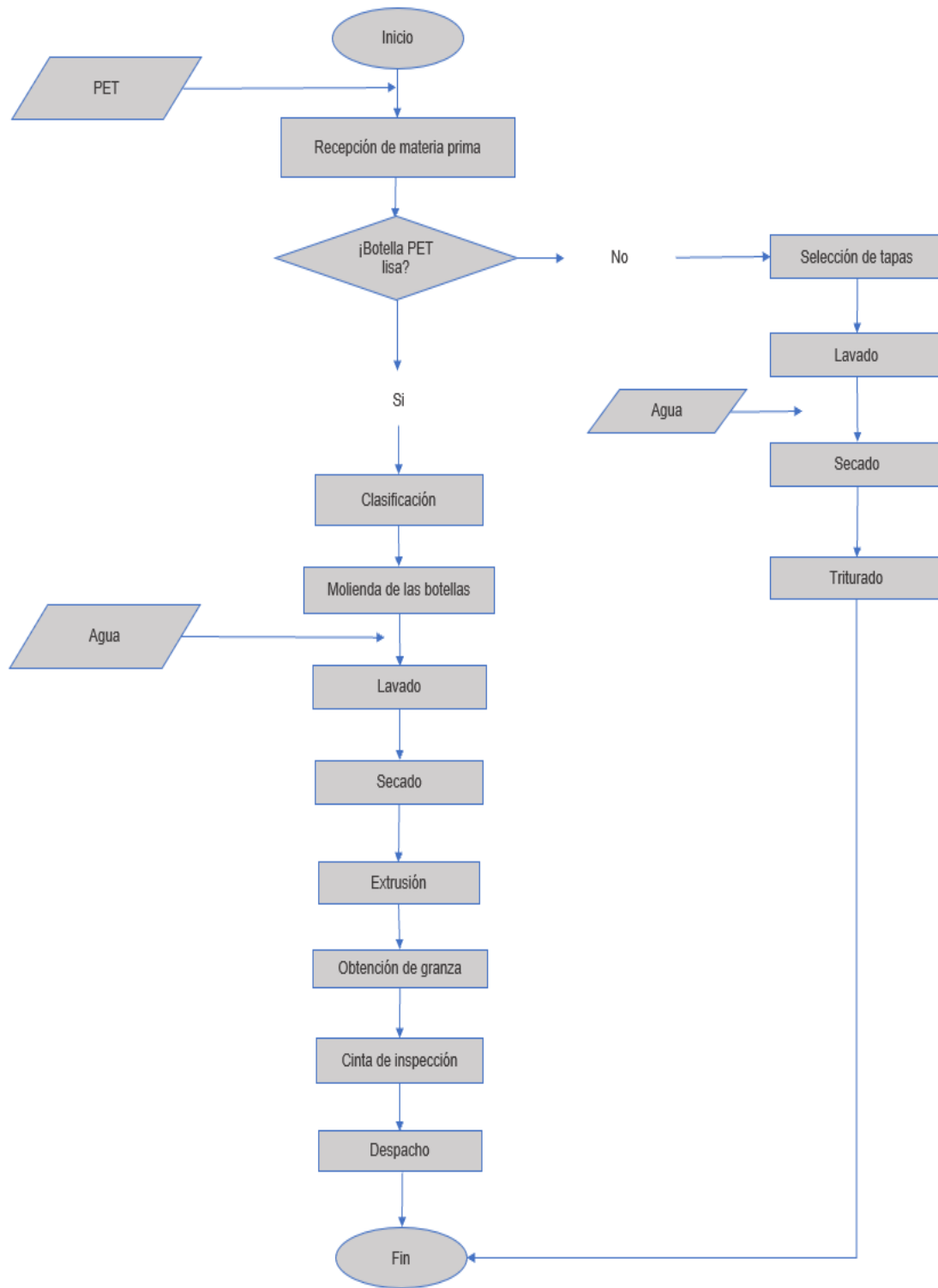
Recopilación de la planta de transformación del plástico.

Actividad económica	Transformación de botellas PET a resinas o fibras para distribuir a diferentes industrias que lo necesiten, por otro lado, también se reutilizaran las tapas de las botellas para la fabricación de pedales, cajas de calefacción, componentes de puertas entre otros para la industria automotriz.
Proceso productivo	Consiste en triturar el PET para darle un nuevo proceso; cuando este es triturado se obtienen unas granzas que después pasan por una inspección para ver la calidad para así poder realizar su distribución, por otro lado, el proceso para las tapas va desde el lavo hasta la trituración donde se obtiene las características necesarias para su distribución.
Materiales y energías	Como el plástico se fabrica a partir del petróleo se requiere del 4% para su elaboración. Pero como estos plásticos se reutilizan ya no se necesita de petróleo es más con el plástico reciclado es posible conseguir petróleo sintético el cual también ayudara para la elaboración nuevas botellas, por otro lado, también se necesita energía eléctrica para el funcionamiento de las maquinas e iluminación de instalaciones.
Maquinaria	La maquinaria que se utiliza para este proceso son máquinas de lavado, máquinas de inyección, máquinas trituradoras, máquinas de sople, máquinas compactas y equipos de extrusión.

Nota. La tabla facilita la información acerca del proceso productivo de la planta transformación del plástico, tanto los diferentes materiales y energía que utiliza como la maquinaria para su proceso.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso de la planta transformación del plástico.

Figura 28.
 Diagrama de flujo de la planta transformación del plástico.

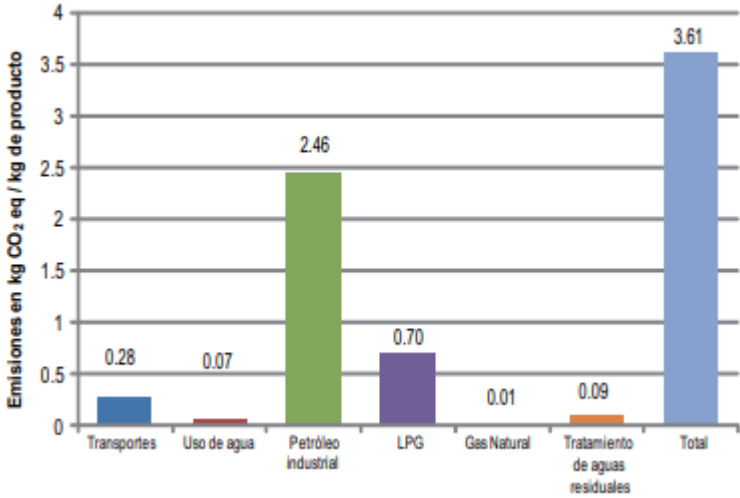


Nota. La figura representa la secuencia que sigue el proceso productivo de la planta transformación del plástico.

7.5.2. Industria textil

Tabla 14.

Recopilación de datos de la industria textil

Actividad económica	Fabricar y comercializar telas a partir de fibras sintéticas para la producción de prendas de vestir y otros.																
Proceso productivo	Las telas se fabrican según requerimientos del cliente (Color y grosor de hilatura), se tiene el proceso desde la materia prima reciclada, hasta conseguir los rollos del telar para la confección.																
Materiales y energía	<p>La huella de carbono debido a la MP de esta industria (cuando se trata de poliéster proveniente de la industria petroquímica) es de 3,6² Kg de CO₂ por Kg de producto terminado, teniendo en cuenta que se puede tener una producción de 7000 Tn anuales, la huella de carbono sería entonces de aprox 24.200 Tn [73], lo cual convierte a esta industria en una de las mayores generadoras de gases efecto invernadero (GEI) al ambiente.</p>  <table border="1" data-bbox="669 1081 1404 1575"> <caption>Emisiones en kg CO₂ eq / kg de producto</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Emisiones (kg CO₂ eq / kg de producto)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transportes</td> <td>0.28</td> </tr> <tr> <td>Uso de agua</td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td>Petróleo industrial</td> <td>2.46</td> </tr> <tr> <td>LPG</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>Gas Natural</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>Tratamiento de aguas residuales</td> <td>0.09</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>3.61</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: G. Salas, C Condorhuaman, "HUELLA DE CARBONO EN LA INDUSTRIA TEXTIL", vol. 12, No. 2, pp. 25-28</p> <p>Al utilizar fibras de PET reciclado como MP se disminuye considerablemente los GEI emitidos y el consumo de algunos recursos.</p>	Categoría	Emisiones (kg CO ₂ eq / kg de producto)	Transportes	0.28	Uso de agua	0.07	Petróleo industrial	2.46	LPG	0.70	Gas Natural	0.01	Tratamiento de aguas residuales	0.09	Total	3.61
Categoría	Emisiones (kg CO ₂ eq / kg de producto)																
Transportes	0.28																
Uso de agua	0.07																
Petróleo industrial	2.46																
LPG	0.70																
Gas Natural	0.01																
Tratamiento de aguas residuales	0.09																
Total	3.61																

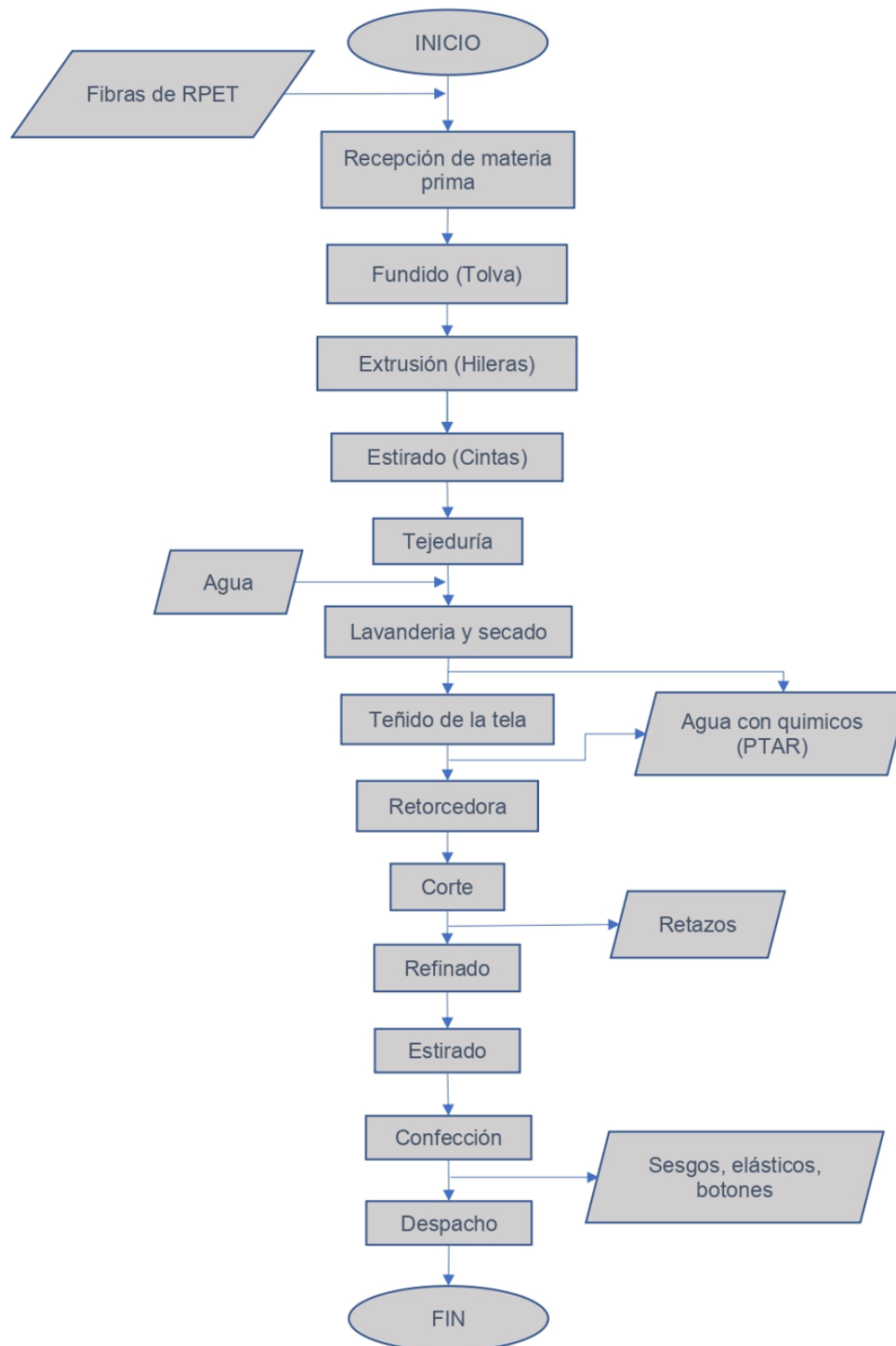
	<p>En la producción se utiliza energía durante todo el proceso productivo debido a las máquinas e iluminación, así mismo aún se requiere de agua en procesos de lavado.</p> <p>Desechan grandes cantidades de material reciclable como retazos, sesgos, elásticos, botones y cremalleras, algunos están mezclados con grasa de máquina o tintes.</p>
Maquinaria	<p>Los procesos son automatizados así que se tienen maquinas como tolvas, cortadoras, extrusoras, máquinas de hilar, telares, lavadoras.</p>

Nota. La tabla facilita la información acerca del proceso productivo de la industria textil, tanto los diferentes materiales y energía que utiliza como la maquinaria.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso productivo de fibras sintéticas de la industria textil.

Figura 29.

Diagrama de flujo de la industria textil



Nota. La figura representa la secuencia que sigue el proceso productivo de la industria textil.

7.5.3. Industria de empaques de farmacia.

Tabla 15.

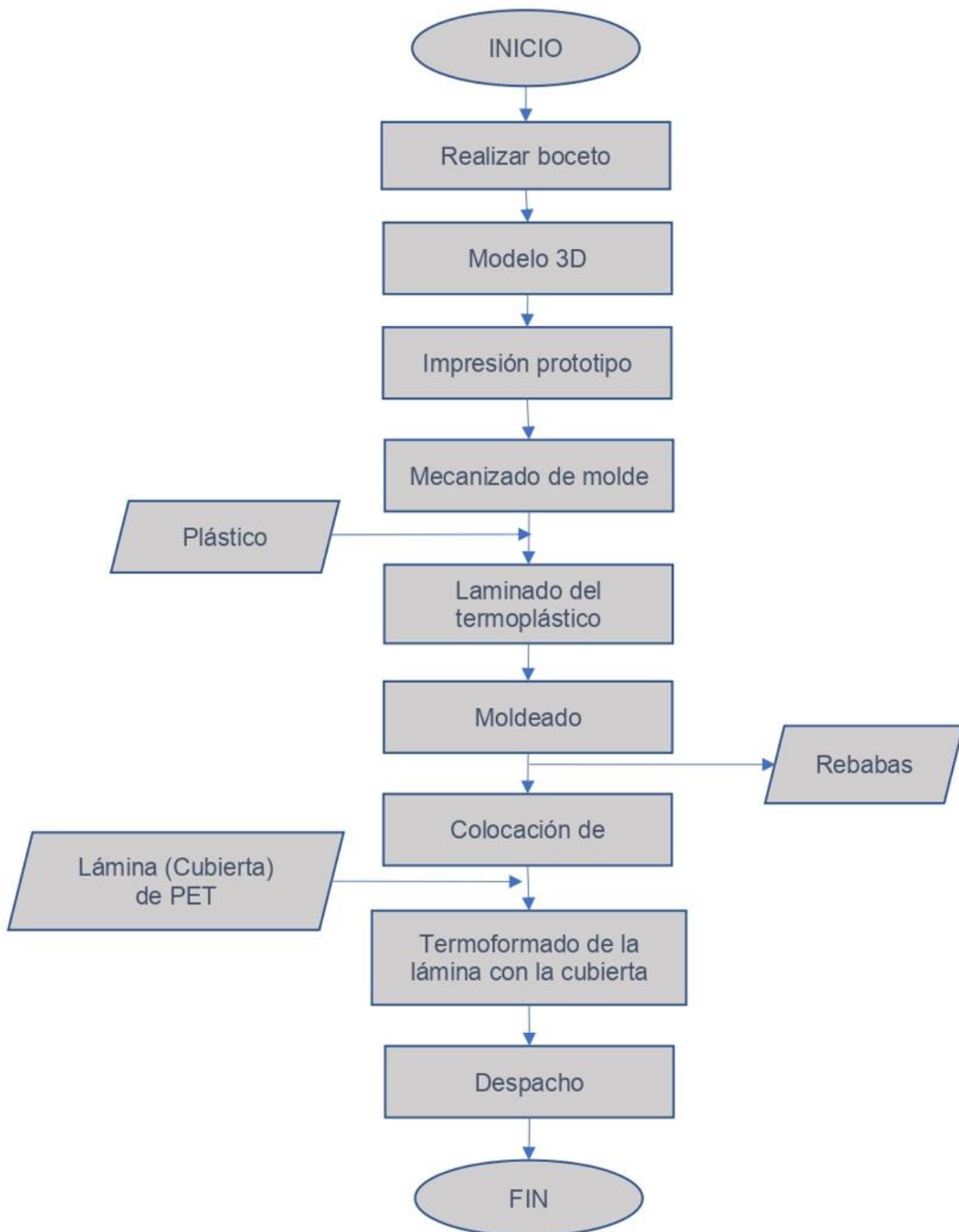
Recopilación de datos de la industria farmacéutica

Actividad económica	Fabricar y comercializar los empaques de diferentes medicamentos, en especial los blísteres para pastillas/píldoras.
Proceso productivo	El blíster se fabrica según requerimientos del cliente (Molde), se tiene el proceso desde la realización del boceto, hasta la colocación del producto (píldoras) y su respectivo termosellado para dar finalidad al empaçado.
Materiales y energía	<p>Se hace gran uso de energía eléctrica en la iluminación de las instalaciones y maquinaria.</p> <p>El desecho que se presenta ocasionalmente en este proceso es la rebaba en los moldes.</p> <p>Al utilizar únicamente PET reciclado para la fabricación de este empaque (Blíster) se disminuye los GEI provenientes de esta industria y la dificultad de su reciclado, ya que antes se realizaba termosellado con plástico y aluminio, convirtiendo en este tipo de empaque casi imposible de reciclar</p> <p>Se utiliza energía y combustible en el transporte de materiales.</p>
Maquinaria	Equipos especializados en los estudios de diseño gráfico como impresoras, computadores, cortadoras y el proceso productivo se cuenta con máquina extrusora y de termoconformado.

Nota. La tabla facilita la información acerca del proceso productivo de envases utilizados en la industria farmacéutica, tanto los diferentes materiales y energía que utiliza como la maquinaria.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso productivo de empaques blísters de uso en la industria farmacéutica.

Figura 30.
Diagrama de flujo de empaques farmacéuticos



Nota. La figura representa la secuencia que sigue el proceso productivo de empaques de farmacia, específicamente el blíster.

7.5.4. Industria automotriz

Tabla 16.

Recopilación de datos de la industria automotriz.

Actividad económica	Fabricación y comercialización de acabados en la parte interior de los vehículos como lo son tapices para pisos y revestimiento de maleteros, puertas y techos y con el plástico de las tapas de las botellas PET para la fabricación de cajas de calefacción, pedales entre otros.
Proceso productivo	Se fabrica a partir de fibras PET y este tiene el mismo procedimiento que un polímero virgen para la elaboración de tapices y sus revestimientos donde la elaboración de estas piezas depende del modelo del automóvil. Este material es beneficioso ya que habría bastante materia prima, tiene menor peso, menor contaminación en cuanto a la producción y tiene mayor potencial para diseños innovadores.
Materiales y energía	Es una de las industrias que más consumo de energía y gas tiene durante su producción. Esto se debe a que manipulan diferentes materiales durante el proceso tales como acero, hierro, plástico entre otros, teniendo en cuenta esto, para la fabricación de un vehículo se necesita de 55.000 MJ (mega julios) donde se expulsa dióxido de carbono (CO ₂) y esto es equivalente a la energía contenida en casi 1.800 litros de gasolina. [75]. Ahora bien, con la reutilización de los plásticos en las partes de los vehículos pueden producir ahorros y reducir emisiones hasta un 34% de GEI. [76] Electricidad para la utilización de maquinaria e iluminación de instalaciones.
Maquinaria	Equipos o herramientas que sirvan para diferentes funciones durante el proceso como máquinas de drenaje de fluidos, compresor de aire, escáner, torno rectificador de frenos, cargador de batería, gato y elevador de

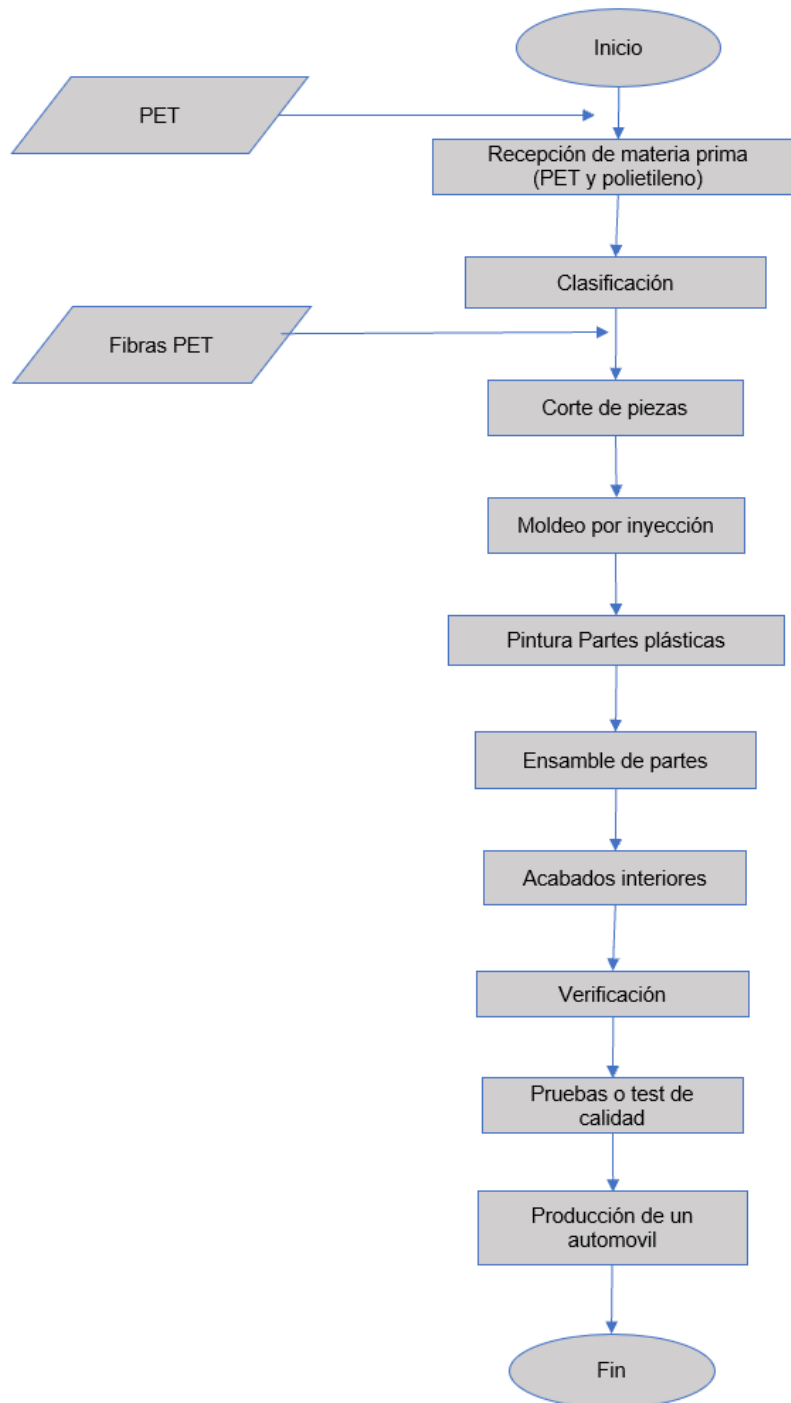
	vehículos, por otro lado, se necesitan ciertas tecnologías para poder llevar a cabo estos procesos, visión de maquina (VM), inteligencia artificial (IA), computación cognitiva en autos conectados de IoT y Robots colaborativos.
--	--

Nota. La tabla facilita la información acerca del proceso productivo de envases utilizados en la industria automotriz, tanto los diferentes materiales y energía que utiliza como la maquinaria.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso productivo de la industria automotriz

Figura 31.

Diagrama de flujo de la industria automotriz



Nota. La figura representa la secuencia que sigue el proceso productivo de la industria automotriz.

7.5.5. Industria de envases de alimentos

Tabla 17.

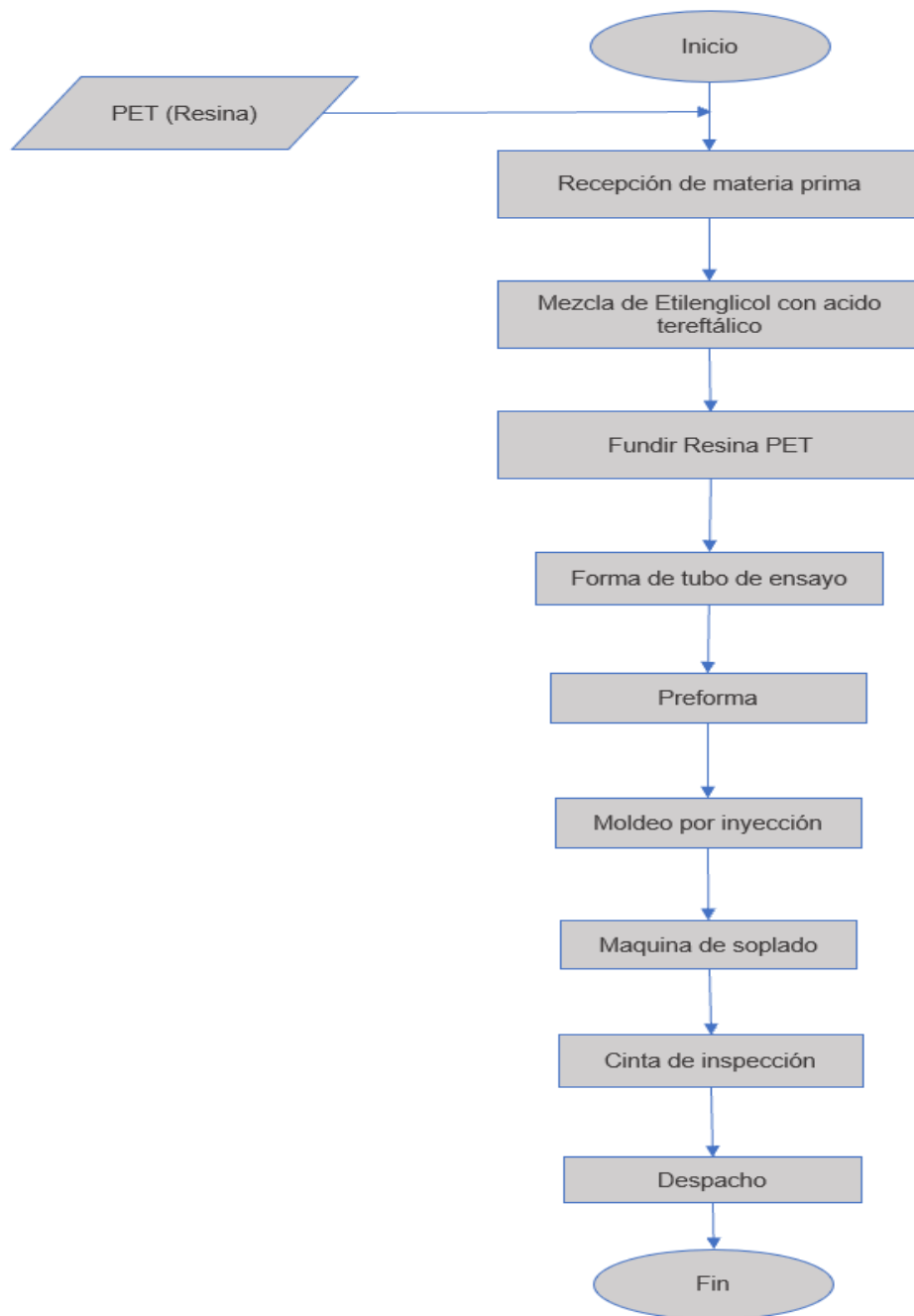
Recopilación de la industria de envasados de alimentos.

Actividad económica	Fabricar a partir de resinas de plásticos y comercializar los nuevos envases de plástico para alimentos.
Proceso productivo	Los envases se realizan de acuerdo con los productos requeridos donde el proceso se da a partir del reciclaje del plástico de esta manera la materia prima será de menor costo, pero el producto tendrá la misma calidad que una de materia prima virgen.
Materiales y energías	Como el plástico se fabrica a partir del petróleo se requiere de mucha energía, lo que quiere decir, que es seis veces el consumo eléctrico anual de una familia. Pero como estos plásticos se reutilizan el consumo es menor en cuanto a la energía como de agua. Incluso, con los plásticos usados se pueden obtener combustibles y petróleo sintético. También se necesita energía eléctrica para el funcionamiento de las maquinas e iluminación de instalaciones.
Maquinaria	La maquinaria que se utiliza para este proceso son máquinas de lavado, máquinas trituradoras, máquinas compactas y equipos de extrusión (soplo).

Nota. La tabla facilita la información acerca del proceso productivo de la industria de envasado alimentario, tanto los diferentes materiales y energía que utiliza como la maquinaria para su proceso.

Figura 32.

Diagrama de flujo de la industria de envasados de alimentos.



Nota. La figura representa la secuencia que sigue el proceso productivo de la industria envasados de alimentos.

7.6. MATRIZ MED

Con la idea de tener una producción más limpia en las diferentes industrias tratadas se hace uso de la herramienta Matriz MED (materiales, energía, desechos), la cual se conforma a partir del proceso productivo de cada uno de estos sectores, y se sintetiza las entradas/salidas de estos [74].

Tabla 18.
Matriz MED

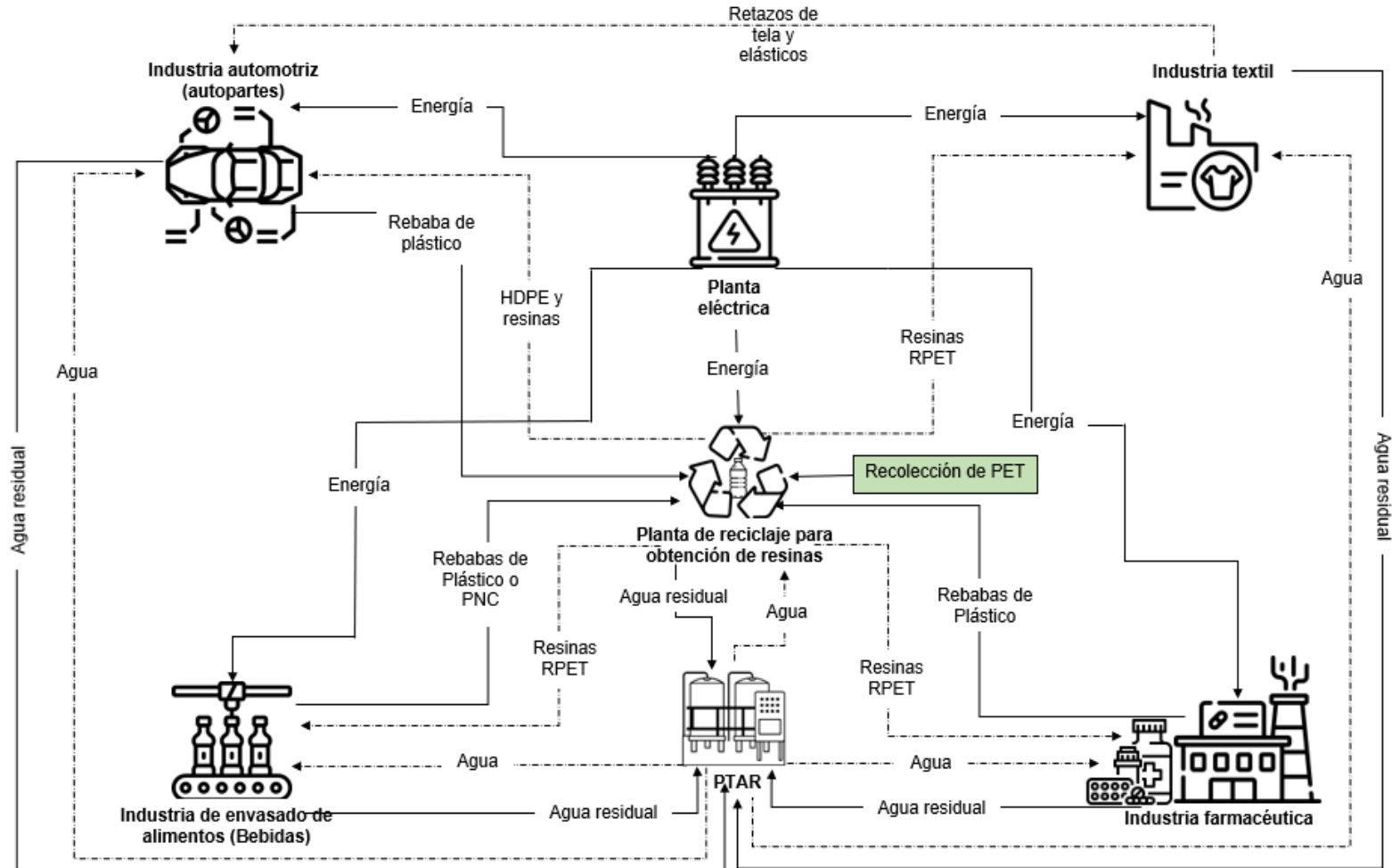
No	Industria	Proceso	M Materiales (Entradas)	E Energía (Entradas)	D Desechos (Salidas)
1	Planta de transformación PET	Fabricación de resinas o granza a partir del PET.	- Botellas PET -Agua -Tapas y etiquetas	-Electricidad para el funcionamiento de las máquinas. -Iluminación en las instalaciones.	-Resinas de RPET -Resinas de polietileno de alta densidad (HDPE)-
2	Textil	Fabricación de fibras sintéticas.	-Fibras RPET -Agua -Tintes -Otros productos para dar acabado a las piezas Ej: Lycra	-Transporte desde la fábrica los puntos de comercialización -Gasolina -Electricidad: Maquinaria, iluminación y equipo.	-Emisiones de GEI (CO ₂) -Agua con algunos químicos y tintes -Sesgos, elásticos, botones, cremalleras -Retazos o pedazos de tela -Se tiene en cuenta también desechos post consumo

3	Farmacéutica	Fabricación y comercialización de empaque para medicamentos (Pastillas).	-Plástico RPET -Cartón (Ocasionalmente)	-Transporte del producto final -Gasolina -Electricidad: Maquinaria, iluminación y equipo.	-Emisiones de GEI (CO ₂) -Rebabas de plástico -Trozos de cartón
4	Automotriz	Fabricación de tapices para pisos y revestimiento de maleteros, puertas y techos.	-Acero -Hierro -Plástico (RPET) -Pintura -Telas	-Electricidad para el funcionamiento de las maquinas e iluminación de instalaciones.	-Emisiones de GEI (CO ₂) -Rebabas de plástico y acero -
5	Envasado de alimentos (Botellas)	Fabricación de botellas a partir del RPET.	- PET -Agua	-Transporte en la distribución del producto final. -Gasolina para los vehículos -Electricidad para el funcionamiento de las máquinas. -Iluminación en las instalaciones.	-Emisiones a la atmosfera -Rebabas de plástico -Producto No Conforme (PNC)

Nota. La tabla representa la síntesis de Materiales, energía y desechos utilizados por cada tipo de industria, así como el proceso que se lleva a cabo.

7.6.1. Red simbiótica del parque eco industrial

Figura 33.
Red de simbiosis entre diferentes industrias



Nota. La figura representa la conexión entre industrias, como se complementan entre sí y como se logra plantear una propuesta de simbiosis entre estas.

Como se ha nombrado en capítulos anteriores del presente documento, la etapa inicial se da con la recolección de los residuos posconsumo del plástico PET, el cual es utilizado en mayor cantidad por la industria de envasados de alimentos, principalmente en las botellas de bebidas, por dicha razón es que la transformación de este material en resinas va ligado con las botellas PET, por lo tanto se plantea la recolección desde las diferentes fuentes generadoras de residuos, posteriormente transportarlo al conglomerado y realizar la respectiva transformación de material en la planta que se pretende instalar y de esta forma servir de insumo para las diferentes empresas.

Las cuatro industrias tratadas en dicho análisis pueden integrar el plástico PET en sus procesos productivos de la siguiente manera:

- **Industria de envasados (Bebidas y fármacos):** en la industria de envasado de bebidas no existe mayor complejidad en cuanto al uso del plástico PET, mientras que en la industria farmacéutica existe variedad de empaques, siendo uno de los más comunes el Blíster, utilizado para el envasado de pastillas, este comúnmente está conformado por una lámina de plástico (PVC) que se une a una lámina de aluminio por medio de proceso de termosellado, lo cual hace casi imposible su reciclaje, por esta razón KIÖckner Pentaplast (kp) fabricante de plásticos líder en el mercado rediseño este envasado para crear la primera película de embalaje de Blíster con PET reciclable [77], el proceso se realiza por termo conformado, facilitando el proceso de reciclaje, lo cual facilita que la mayoría de empaques de uso farmacéutico se empiecen a emplear con RPET.
- **Industria de autopartes:** en esta industria el uso de las botellas PET es importante ya que no solo se utilizaría la transformación de la botella sino que también se reutiliza las tapas que estas tienen debido a que en la industria automotriz se manejan diferentes plásticos la cual uno de ellos son polímeros con alta densidad por ende, el plástico que cumple con esas características es el Polietileno; plástico que está conformado las tapas, este plástico al ser tan resistente se utiliza para las partes internas como externas de los automóviles en cambio el plástico adquirido a partir de las resinas PET solo son para la fabricación de partes internas.
- **Industria textil:** gracias a la variedad de fibras que existe hoy en día, es posible hablar de fabricar sintéticos a partir de plástico reciclado, el cual reemplazaría el poliéster comúnmente

utilizado, evitando materia prima virgen proveniente de la industria petroquímica y se contribuye a los diferentes ODS como a la innovación e infraestructura.

La simbiosis industrial que se plantea tiene como objetivo principal obtener prácticas más limpias en la obtención de materias primas, en los cuatro sectores tratados se disminuye la generación de GEI de CO₂ gracias a que el reciclaje de todos los residuos se realiza por el método mecánico, el cual según informes de Oko – institut , institución independiente de investigación y consultoría de Europa para un futuro sostenible, es el método que más posibilidades tiene de alcanzar la neutralidad de carbono respecto al método de reciclaje químico, ya que reduce las emisiones en un 10% aproximadamente [78], es decir que la cantidad de emisiones de CO₂ que se genera se van a reducir, teniendo en cuenta que para la elaboración de un kilogramo de plástico se expulsa 3,5 kilogramos de CO₂ al reutilizar esta misma cantidad de plástico las emisiones pasarían a un 1,7 kilogramo de CO₂ [79]. así mismo la cantidad de agua que se utiliza en la obtención de materia prima proveniente de la industria petroquímica se elimina, contribuyendo aún más en la huella hidrográfica de cada uno de estos sectores.

Dentro del diseño del parque se tendría una planta eléctrica e instalación de paneles solares para contribuir al ahorro de energía debido a que la maquinaria utilizada consume grandes cantidades además para el ahorro de agua se tiene una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la cual vuelve a cada industria como agua limpia tratada, disponible para utilizar nuevamente en procesos y actividades no influyentes en la producción.

8. CONCLUSIONES

La caracterización que se realizó más a fondo de los diferentes métodos de recolección de residuos nos permitió reafirmar el gran uso y potencial de los productos posconsumo del plástico PET, donde en Bogotá el 56% de residuos corresponde únicamente a este tipo, aunque en el país solo se recicle la tercera parte de la totalidad de botellas que se consumen. Sin embargo, se evidencio también de que aún no están caracterizados todos los productos en su totalidad, existen más tipos de residuos que pueden hacer parte de esta metodología, lo cual motiva a continuar con esta investigación ahondando en aspectos ya propios de la caracterización de demás materiales, que se generan en la industria del plástico.

Así mismo se evidencia que aún hace falta ampliar la cultura del reciclaje desde los generadores de residuos, el cual será una tarea que se pretende realizar de la mano con los diferentes actores que hacen parte del proyecto, ya que para obtener la cantidad necesaria de residuos para abastecer la producción de diferentes industrias, es necesario aumentar el porcentaje de reciclaje del plástico, labor que los más de 24.000 recicladores de oficio tratan de realizar día a día, a los cuales también se les pretende proponer estandarización de precios de comercialización de tal forma que logren tener ingresos fijos con este tipo de trabajo, por lo tanto, se recomienda hacer una comparación de precios entre resina virgen proveniente de la industria petroquímica y la resina proveniente del plástico PET reciclado, esto para lograr analizar la brecha que existe entre lo que se le paga al reciclador, lo que recibe la bodega o centro de acopio y lo que recibe la industria que realiza el proceso de transformación del material; debido a que en Colombia estos datos aún no son tan conocidos no se puede realizar esta comparación, pero al seguir adelante con la investigación esta es una de las primeras tareas que se deben realizar.

Además, para lograr la consecución de los diferentes objetivos planteados en el proyecto, el concepto de logística inversa se convierte en un punto clave para esto; Esta se divide en tres actividades clave: recolección, transporte y clasificación, y en cada una de estas etapas se debe asegurar el menor impacto ambiental posible para no continuar con el incremento de huella de carbono que es producida tanto directa como indirectamente por los seres humanos.

Dentro de las diferentes filosofías analizadas acerca de economía circular se logra una síntesis de todas estas en nueve factores: Enfoque proactivo, Concepción sistémica e integrada, Fractalización de la sostenibilidad, Ecoinnovación bioinspirada, producto como ser vivo,

ecointeligencia, Respetar y fomentar la diversidad, Ecoefectividad y utilización de energías renovables, teniendo como resultado el modelo de economía circular que se rige hoy en día, además se logró identificar que dos de las metodologías expuestas son las que funcionan como guía a la solución planteada, siendo estas Ecología industrial, la cual pretende crear sistemas industriales basados en ecosistemas biológicos para incorporar procesos eficientes que garanticen la sostenibilidad; y Cradle to Cradle, el cual básicamente con sus dos diferentes ciclos pretende cerrar la cadena, convirtiendo la basura de uno en el alimento de otro, igualmente basándose en entornos biológicos.

Para poder realizar el parque ecoindustrial primero se tuvo que identificar cuáles eran los grupos de interés, ya que estos apoyan proyectos financieramente y a su vez ejercen un nivel de poder, lo cual es importante tener en cuenta a la hora de desarrollar o plantear proyectos. Por consiguiente, se pudo identificar que había grupos de interés tanto a nivel regional como nacional donde encontramos entidades como la alcaldía, gobernación, ministerios de ambiente, fundaciones, empresas, universidades entre otros. Por otro lado, hay entidades financieras como el FNG, banco Bancóldex y Colciencias, que buscan financiar y/o invertir en empresas que deseen ejercer proyectos, de modo que, estos actores tendrán un dominio tanto institucional, político o académico. Después de identificar los grupos de interés, se le asigna a cada uno de estos una valoración la cual se divide en tres grupos: urgencia, poder y legitimidad, donde estos tendrán unos atributos que podrán caracterizar a cada actor más a fondo. Todo esto será ejecutado teniendo en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que se establecieron y que son útiles para el desarrollo de este proyecto, los cuales son: el objetivo 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), 9 (Industria, Innovación e infraestructura), 12 (Producción y consumo responsable), 13 (Acción por el clima) y 14 (Vida submarina) donde se logre generar una conciencia en la reutilización del PET.

Para lograr prácticas más limpias en diferentes procesos se diseña un parque ecológico industrial basado en simbiosis industrial, donde los diferentes sectores que intervienen son aquellos que pueden reutilizar el PET para la elaboración de productos de acuerdo al sector que pertenezcan, para ello, se realizó inicialmente un análisis del reciclaje del plástico PET el cual tiene una participación en Colombia del 62%, dirigido y utilizado principalmente para productos de envases de alimentos, por ende, se incita a la utilización de las 7R: rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar, reciclar y recuperar, las cuales permiten ampliar el espectro a las industrias sobre la economía circular y las comúnmente conocidas 3R, de tal manera que en cada paso del ciclo de

un producto se pueda reaprovechar, desde la creación de este hasta su destino final que en muchos casos suelen ser vertederos, por lo tanto la red de simbiosis permite observar como las industrias mencionadas en el proyecto se favorecen con la reutilización y transformación del PET, para la elaboración de nuevos productos dependiendo de cada sector.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Miranda, “20 datos sobre el problema del plástico en el mundo”, *National Geographic*, nov. 2021. [En línea]. Disponible: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282 [Acceso: marzo 28, 2022]
- [2] SICEX Promoting Global Trade. “La industria del plástico representa un mercado muy productivo en Colombia”, [En línea]. <https://sicex.com/blog/la-industria-del-plastico-representa-un-mercado-muy-productivo-en-colombia/#:~:text=De%20todo%20el%20pl%C3%A1stico%20que,productos%20de%20aseo%20y%20cosm%C3%A9ticos>. [Acceso: marzo 28, 2022]
- [3] Cámara de comercio de Bogotá. “Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar”, [En línea]. <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Julio-2019/Colombia-entierra-anualmente-2-billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar/#:~:text=En%20Colombia%2C%20el%20sector%20pl%C3%A1stico,%2C%20son%20cerca%20del%203%20%25>. [Acceso: marzo 28, 2022]
- [4] Elempaque.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.elempaque.com/temas/Colombia-se-podria-enfrentar-a-un-tsunami-plastico+128876>. [Consultado: 07-jun-2022].
- [5] “Situación de los plásticos en Colombia”, Edu.co. [En línea]. Disponible en: <https://derecho.uniandes.edu.co/es/informe-situacion-actual-de-los-plasticos-en-colombia>. [Consultado: 07-jun-2022].
- [6] Greenpeace.co. [En línea]. Disponible en: http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf. [Consultado: 07-jun-2022].
- [7] “Ciencias para el mundo contemporáneo”, *Gobiernodecanarias.org*. [En línea]. Disponible en: http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u8/contenido4.8_u8.html. [Consultado: 28-mar-2022].

- [8] Quiminet.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/historia-del-pet-2561181.htm>. [Consultado: 28-mar-2022].
- [9] “Materiales plásticos: Tipos, composición y usos”, Infinitia Industrial Consulting, 14-may-2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/>. [Consultado: 28-mar-2022].
- [10] “La historia del plástico en Colombia”, Cauchos y Plásticos - CAELCA S.A.S, 27-abr-2022. [En línea]. Disponible en: <https://caelca.com.co/blog/historia-del-plastico-en-colombia/>. [Consultado: 04-jun-2022].
- [11] I. Visión Panorámica, “LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO”, Gov.co. [En línea]. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/RevistaPD/1979/pd_vXI_n2_1979_art.4.pdf. [Consultado: 04-jun-2022].
- [12] A. Matrícula, “Reciclado de PET a partir de botellas post consumo,” *Edu.ar*. [Online]. Available: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5567/PAZ%2C%20MARIA%20-%20PI%20Reciclado%20de%20PET%20a%20partir%20de%20botellas%20post%20consumo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 08-Jun-2022].
- [13] “Es la hora de reciclar - Bogotá Cómo Vamos,” *Bogotá Cómo Vamos*, 10-Jul-2014. [Online]. Available: <https://bogotacomovamos.org/es-la-hora-de-reciclar/>. [Consultado: 08-Jun-2022].
- [14] V. T. mi Perfil, “PROCESO DE RECICLAJE DEL PET,” *Blogspot.com*. [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>. [Consultado: 08-Jun-2022].
- [15] P. Contador, P. Partidor, and L. E. Bohm, *Edu.ar*. [Online]. Available: http://planificacion.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf. [Consultado: 07-Jun-2022].

- [16] REPSOL Global. “Qué es la economía circular y por qué es importante”, [En línea]. <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/index.cshtml>. [Acceso: abril 19, 2022]
- [17] S. Romero, “¿Qué es el reciclaje y por qué es importante reciclar?”, BBVA. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-reciclaje-y-por-que-es-importante-reciclar/>. [Consultado: 06-jun-2022].
- [18] “Logística inversa vs logística directa”, Logística de Aprovisionamiento y Distribución, 24-abr-2020. [En línea]. Disponible en: <https://logisticamuiapcsupv.wordpress.com/2020/04/24/logistica-inversa-vs-logistica-directa/>. [Consultado: 06-jun-2022].
- [19] J. Cisneros, “QUÉ ES LA LOGÍSTICA INVERSA”, Datadec.es, 09-dic-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.datadec.es/blog/que-es-la-logistica-inversa> [Consultado: 06-jun-2022].
- [20] N. Chacin, J. Carlos, A. Quintero, y Y. Josefina, “Logística Verde y Economía Circular Green Logistics and Circular Economics”, Spentamexico.org. [En línea]. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A7.10\(3\)80-91.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A7.10(3)80-91.pdf). [Consultado: 07-jun-2022].
- [21] ECOPOST, “Economía circular”, 27, enero, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.ecopost.info/los-mejores-ejemplos-economia-circular-2018/>. [Acceso: abril 19, 2022]
- [22] Banyan Nation. Banyanation.com, [En línea]. <https://banyannation.com/#ourwork>. [Acceso: abril 19, 2022]
- [23] Forbes, “Cómo Enka se convirtió en un maestro de la transformación”, 23, diciembre, 2021, [En línea]. Disponible: <https://forbes.co/2021/12/23/empresas/esta-es-la-apuesta-de-enka-ara-convertir-botellas-de-plastico-y-productos-sostenibles/>. [Acceso: abril 20, 2022]
- [24] Superintendencia, “Gobierno corporativo”, Superintendencia de Sociedades, [En línea]. Disponible:

https://www.supersociedades.gov.co/Servicio_Ciudadano/Paginas/preguntas_frecuentes/gobierno_corporativo.aspx. [Acceso: abril 20, 2022]

- [25] Shafiee Roudbari, E., Fatemi Ghomi, S. M. T. and M. S. Sajadieh, (2021). "Reverse logistics network design for product reuse, remanufacturing, recycling and refurbishing under uncertainty." *J. Manuf. Syst.* Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612521001369>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.06.012>.
- [26] Euskadi.eus. [En línea]. Disponible en: https://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso13856/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas1.pdf. [Consultado: 07-jun-2022].
- [27] L. Alejandra, S. Torres, y P. A. Ortiz Sáenz, "BASES METODOLÓGICAS PARA CONFORMAR UN PARQUE INDUSTRIAL ECOEFICIENTE EN EL COMPLEJO SAN JORGE DE MOSQUERA", *Edu.co*. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/download/9747/10865/44720>. [Consultado: 15-nov-2022].
- [28] "Parques industriales ecoeficientes", *Gov.co*. [En línea]. Disponible en: <https://economiecircular.minambiente.gov.co/index.php/transicion-a-la-economia-circular/parques-industriales-ecoeeficientes/>. [Consultado: 15-nov-2022].
- [29] "Parque industrial ecoeficiente," *Issuu*, 01-Dec-2012. [Online]. Available: https://issuu.com/quin_11/docs/parque_industrial_. [Accessed: 17-Nov-2022].
- [30] *Upc.edu*. [Online]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11914/58-78%20Cervantes_Ecologia%20ind.pdf. [Accessed: 17-Nov-2022].
- [31] *Edu.co*. [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3909/SalamancaTorresLisethAlejandra2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accessed: 17-Nov-2022].

- [32] ASAMBLE NACIONAL CONSTITUYENTE, «CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA DE 1991» secretario general, asamblea nacional constituyente 1991.
- [33] EL CONGRESO DE COLOMBIA, «PROYECTO DE LEY N° 298 DE 2020», Senado de la república.
- [34] LA ALCLADESA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C., «DECRETO 317 DE 2021», Alcaldía mayor de Bogotá, D.C., 2021.
- [35] EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, «RESOLUCIÓN N° 1407 DE 2018»
- [36] EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA SECRETARIA GENERAL DEL MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, «RESOLUCIÓN N° 2184 DE 2019», Dado en Bogotá, D.C.
- [37] CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL, «DOCUMENTO CONPES 3874 DE 2016», Departamento nacional de planeación.
- [38] “Los residuos sólidos son la segunda fuente de mayor contaminación en Bogotá”, ColombiaCheck. [En línea]. Disponible en: <https://colombiacheck.com/chequeos/los-residuos-solidos-son-la-segunda-fuente-de-mayor-contaminacion-en-bogota>. [Consultado: 22-sep-2022].
- [39] “Así es como tendrá que separar sus residuos de acuerdo al nuevo código de colores”, Diario La República. [En línea]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/asi-es-como-tendra-que-separar-sus-residuos-de-acuerdo-al-nuevo-codigo-de-colores-3107293>. [Consultado: 05-sep-2022].
- [40] Gov.co. [En línea]. Disponible en: <https://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/documentos/Resumen%20ejecutivo.pdf>. [Consultado: 05-sep-2022].

- [41] “Bogotá está instalando 10.000 contenedores”, Bogota.gov.co, 28-oct-2018. [En línea]. Disponible en: <https://bogota.gov.co/asi-vamos/contenedores-para-residuos-en-bogota>. [Consultado: 05-sep-2022].
- [42] “Ecobot - Reciclar Invita”, Ecobot. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecobot.com.co/>. [Consultado: 09-sep-2022].
- [43] “CARACTERIZACIÓN POBLACIÓN RECICLADORA 2020 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS SUBDIRECCIÓN DE APROVECHAMIENTO BOGOTÁ D.C., ENERO DE 2021”, Gov.co. [En línea]. Disponible en: <https://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/documentos/Caracterizacion%20poblacion%20Orecicladora%202020%20publicar.pdf>. [Consultado: 27-sep-2022].
- [44] M. La Recicladora, “Así se recicla el PET en Bogotá - Marce La Recicladora”, 11-ene-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=YRopiMDODvI>. [Consultado: 19-oct-2022].
- [45] J. Segura, “Al menos 1.600 bodegas de reciclaje en Bogotá podrían ser selladas,” Pulzo, 28-Mar-2016. [Online]. Available: <https://www.pulzo.com/nacion/al-menos-1-600-bodegas-de-reciclaje-en-bogota-podrian-ser-selladas-PP15786>. [Accessed: 24-Sep-2022].
- [46] Sistema, “200 empresas DE Bogotá reciclan y transforman Cerca DE 110 mil toneladas DE plástico posconsumo Al Año”, Acoplasticos.org. [En línea]. Disponible en: <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-noti/330-ns-191125>. [Consultado: 28-sep-2022].
- [47] “Transformación de plásticos,” Rotobasque, 20-Sep-2017.
- [48] V. T. mi Perfil, “PROCESO DE RECICLAJE DEL PET,” Blogspot.com. [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>. [Consultado: 08-Jun-2022].

- [49] S. De embalaje, “♻️ Envases de Plástico Reciclado: Diferencias + Ventajas,” Soluciones de embalaje, 13-Jan-2021. [Online]. Available: <https://solucionesdeembalaje.com/envases-plastico-reciclado-que-diferencias-hay/>. [Accessed: 25-Sep-2022].
- [50] “¿Usar Plástico Virgen o Plástico Reciclado? Blog,” Cap Mexico, 08-Jan-2019. [Online]. Available: <https://www.capmexico.com/plastico-virgen-reciclado/>. [Accessed: 25-Sep-2022].
- [51] O. P. R. Marulanda, “Dow y Enka le apuestan a resina de plástico reciclado,” Elcolombiano.com, 26-Sep-2021. [Online]. Available: <https://www.elcolombiano.com/negocios/dow-y-enka-le-apuestan-a-resina-de-plastico-reciclado-JA15734915>. [Accessed: 25-Sep-2022].
- [52] R. Ovalle, “Contenedores de reciclaje: ¿cómo usarlos?”, Manos Verdes, 08-dic-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.manosverdes.co/como-usar-contenedores-de-reciclaje/>. [Consultado: 09-sep-2022].
- [53] Semana, “Así funcionan los nuevos contenedores para la recolección de basura en Bogotá”, Revista Semana, 09-mar-2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/actualidad/articulo/asi-funcionan-los-nuevos-contenedores-para-la-recoleccion-de-basura-en-bogota/202232/>. [Consultado: 09-sep-2022].
- [54] Radio, B, “Ecobot, la iniciativa que cuida el planeta y se lleva los aplausos en Héroes Fest”. (2018, octubre 11), [En línea]. Disponible en: <https://www.ecobot.com.co/single-post/2018/10/11/ecobot-la-iniciativa-que-cuida-el-planeta-y-se-lleva-los-aplausos-en-h%C3%A9roes-fest>. [Consultado: 09-sep-2022].
- [55] “¿Por qué el PET?”, Enka, 20-may-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.enka.com.co/sostenibilidad/por-que-el-pet/>. [Consultado: 28-sep-2022].
- [56] F. Aguayo, P. M. Estela, y J. R. S. V. M. Lama, ECODISEÑO. Ingeniería Sostenible de la Cuna a la Cuna (C2C). RC Libros, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zwa8Mwqa4XYC&oi=fnd&pg=PR15&dq=mo>

delo+cradle+to+cradle&ots=f13GTsxr0_&sig=45VZKuccBgjkGagmvDnS8EPhowo#v=onepage&q=modelo%20cradle%20to%20cradle&f=false. [Consultado: 12-oct-2022].

[57] [En línea]. Disponible en: [http://file:///C:/Users/aguir/Dropbox/Mi%20PC%20\(DESKTOP-FGH2GHL\)/Downloads/Dialnet-EconomiaAzulComoFuenteDeDesarrolloEnLaUnionEuropea-8229874.pdf](http://file:///C:/Users/aguir/Dropbox/Mi%20PC%20(DESKTOP-FGH2GHL)/Downloads/Dialnet-EconomiaAzulComoFuenteDeDesarrolloEnLaUnionEuropea-8229874.pdf). [Consultado: 18-oct-2022].

[58] “Ecología industrial: ¿cómo pueden las empresas producir sin afectar el medio ambiente?”, Universidad EAN. [En línea]. Disponible en: <https://universidadean.edu.co/noticias/ecologia-industrial-como-pueden-las-empresas-producir-sin-afectar-el-medio-ambiente>. [Consultado: 25-sep-2022].

[59] M. Algara Sánchez De Las Matas, “Las ‘Leyes’ de la Ecología”, Edu.co. [En línea]. Disponible en: <https://ecologia.unibague.edu.co/leyesecologia.pdf>. [Consultado: 19-oct-2022].

[60] Y. Quartino, “Cradle to cradle”, Yquartinotendencias, 16-dic-2019. [En línea]. Disponible en: <https://ylequartino.wixsite.com/yquartinotendencias/post/cradle-to-cradle> [Consultado: 12-oct-2022].

[61] “Vista de Economía circular como marco para el ecodiseño:el modelo ECO-3”, Edu.co. [En línea]. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/71/85. [Consultado: 12-oct-2022].

[62] L. Hernández, “Qué es y quién hay detrás del diseño regenerativo”, Ediciones EL PAÍS S.L, 22-dic-2021. [En línea]. Disponible en: <https://elpais.com/planeta-futuro/alterconsumismo/2021-12-22/que-es-y-quien-hay-detras-del-diseno-regenerativo.html>. [Consultado: 12-oct-2022].

[63] L. Hernández, “Qué es y quién hay detrás del diseño regenerativo”, Ediciones EL PAÍS S.L, 22-dic-2021. [En línea]. Disponible en: <https://elpais.com/planeta-futuro/alterconsumismo/2021-12-22/que-es-y-quien-hay-detras-del-diseno-regenerativo.html>. [Consultado: 12-oct-2022].

- [64] “¿Qué es la economía azul y cómo ayuda al planeta?”, Santander.com, 08-ago-2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.santander.com/es/stories/economia-azul>. [Consultado: 25-sep-2022].
- [65] “Qué es la economía circular y por qué es importante”, REPSOL, 16-sep-2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/index.cshhtml>. [Consultado: 25-sep-2022].
- [66] J. David, P. Uribe, J. Francisco, S. Ramos, y O. Plata González, Com.co. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/wcm/connect/aafcca72-30ac-4320-9294-177abfcde944/el-petroleo-y-su-mundo-comprimido.pdf?MOD=AJPERES&attachment=true&id=1588040270272>. [Consultado: 27-oct-2022].
- [67] Semana, “El 78% de los hogares colombianos no recicla”, Revista Semana, 01-mar-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/el-78-de-los-hogares-colombianos-no-recicla/44231/>. [Consultado: 31-oct-2022].
- [68] M. Soler, “el reciclaje reduce las emisiones de co2, pero también es necesario compensarlas”, ALLCOT, 12-dic-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.allcot.com/es/el-reciclaje-reduce-las-emisiones-de-co2-pero-tambien-es-necesario-compensarlas/>. [Consultado: 08-nov-2022].
- [69] “FGA Fondo de Garantías,” FGA Fondo de Garantías, 07-Jul-2021. [En línea]. Disponible en: <https://fga.com.co/fng-fondo-nacional-de-garantias/>. [Consultado: 07-Nov-2022].
- [70] “Funciones,” Bancoldex, 13-Nov-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.bancoldex.com/es/transparencia-y-mas/funciones-2314>. [Consultado: 07-Nov-2022].
- [71] “¿Qué es Colciencias?,” Gov.co. [En línea]. Disponible en: <https://legadoweb.minciencias.gov.co/faq/qu-es-colciencias>. [Consultado: 07-Nov-2022].

- [72] M. R. Barroeta, “Análisis PESTEL: ¿Qué es y para qué sirve? Ejemplo”, Ruiz Barroeta Consultoria Estratégica, 26-jul-2020. [En línea]. Disponible en: <https://milagrosruizbarroeta.com/analisis-pestel/>. [Consultado: 11-nov-2022].
- [73] G. Salas, C Condorhuaman, “HUELLA DE CARBONO EN LA INDUSTRIA TEXTIL”, vol. 12, No. 2, pp. 25-28
- [74] E. Barrios y D. Loreto, Unirioja.es. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4003891.pdf>. [Consultado: 15-nov-2022].
- [75] Agnieszka, “Eficiencia energética en la industria de la automoción,” Knauf Industries Automotive, 04-Jul-2022. [Online]. Available: <https://knaufautomotive.com/es/eficiencia-energetica-en-la-industria-de-la-automocion/>. [Accessed: 17-Nov-2022].
- [76] diario_responsable, “La industria automotriz podría reducir sus emisiones de carbono de forma rentable - Diario Responsable,” 2020.
- [77] E. Escudero, “Lanzan la primera película de embalaje de blíster de PET reciclable”, Ambiente Plástico, 26-ago-2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ambienteplastico.com/lanzan-la-primera-pelicula-de-embalaje-de-blister-de-pet-reciclable/>. [Consultado: 20-nov-2022].
- [78] E. Empaque, “Estudio revela las emisiones de carbono en los procesos de reciclaje”, El Empaque, 10-oct-2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.eempaques.com/es/noticias/estudio-revela-las-emisiones-de-carbono-en-los-procesos-de-reciclaje>. [Consultado: 21-nov-2022].
- [79] M. Soler, “el reciclaje reduce las emisiones de co2, pero también es necesario compensarlas,” ALLCOT, 12-Dec-2016. [Online]. Available: <https://www.allcot.com/es/el-reciclaje-reduce-las-emisiones-de-co2-pero-tambien-es-necesario-compensarlas/>. [Accessed: 21-Nov-2022].