



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS DE LA PIRÓLISIS DE RESIDUOS PLÁSTICOS URBANOS”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: MARLY CAROLINA SÁNCHEZ TORO

DIRECTOR: ING. SOFÍA CAROLINA GODOY PONCE Mgs.

Riobamba- Ecuador

2023

©2023, Marly Carolina Sánchez Toro

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Marly Carolina Sánchez Toro, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de febrero del 2023



Marly Carolina Sánchez Toro

0705915437

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS DE LA PIRÓLISIS DE RESIDUOS PLÁSTICOS URBANOS”**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia, MsC PRESIDENTE DE TRIBUNAL		22-02-2023
Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce, Mgs DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		22-02-2023
Ing. Paúl Gustavo Palmay Paredes, MsC. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		22-02-2023

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación a mis padres Nervo y Jenny porque sin su apoyo incondicional y por la voluntad de haberme dado las alas no habría podido estar en donde estoy hoy, por mostrarme lo que es el amor sin medidas y sin interés. A mis hermanos Diego y Marcela ya que sin su cariño y amor infinito no hubiera podido lograrlo. A mis sobrinos que tienen un pedacito de mi corazón para toda la vida. A Marcelo que sin su ayuda y apoyo incondicional no podría haber avanzado y decidido continuar en un inicio.

Marly

AGRADECIMIENTO

Al ser espiritual que me iluminó y me dio la esperanza cuando la necesitaba en los momentos de fatiga, a lo largo de mi carrera y durante el desarrollo de la investigación.

A mis padres y hermanos por nunca dejarme desmayar y estar disponibles para mí cada vez que lo necesité, a mis tíos y primos que nunca fallaron con sus palabras de aliento y ánimo a lo largo del camino.

A mis tutores Ing. Sofía Godoy e Ing. Paúl Palmay por haberme permitido ser parte de esta investigación, por ayudarme y compartirme sus conocimientos durante el desarrollo de este proyecto; agradezco también al Ing. Andrés Beltrán por su gran gestión y ayuda en los trámites que me correspondían cuando fue pertinente.

A mis amigas Lizé, Wen, Jessi y Fran por su apoyo, compañía, paciencia y comprensión, por ayudarme en aquellos días cuando el colapso era inminente y supieron estar, para todos los que creyeron que con mi tema no podía llegar, agradezco toda la importancia e inspiración que me brindaron. A todos aquellos amigos que se quedaron a un lado del camino, pero que formaron parte importante de mi vida como estudiante.

A la querida ESPOCH por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme como profesional.

A todos gracias por hacer un aporte a la profesional que estoy logrando ser y a la persona que soy y espero convertirme.

Marly

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1.	Antecedentes	4
1.2.	Economía circular	7
1.2.1.	<i>Principios de la Economía circular</i>	8
1.2.2.	<i>Estrategias de la economía circular</i>	8
1.3.	Análisis del ciclo de vida	9
1.3.1.	<i>Etapas del ciclo de vida</i>	10
1.4.	Índice de sostenibilidad.....	10
1.5.	Índice de factibilidad.....	10
1.6.	Métodos para identificar índices de factibilidad de residuos	11
1.6.1.	<i>Metodología para investigación de tipo descriptiva</i>	11
1.6.1.1.	<i>Viabilidad comercial.</i>	11
1.6.1.2.	<i>Estudio técnico productivo.....</i>	12
1.6.1.3.	<i>Estudio ambiental</i>	12
1.6.1.4.	<i>Estudio administrativo legal</i>	12
1.6.1.5.	<i>Estudio econpomico financiero</i>	12

1.7.	Residuos Sólidos Urbanos	12
1.8.	Residuos plásticos	13
1.8.1.	<i>Plásticos</i>	13
1.8.2.	<i>Los plásticos según su origen</i>	14
1.8.2.1.	<i>Origen fósil</i>	14
1.8.2.2.	<i>Biobasados</i>	14
1.8.3.	<i>Tipos de plásticos</i>	15
1.9.	Técnicas de valoración general de residuos plásticos	15
1.9.1.	<i>Reciclado mecánico</i>	15
1.9.2.	<i>Reciclado químico</i>	16
1.10.	Pirólisis	17
1.10.1.	<i>Hidro craqueo</i>	17
1.10.2.	<i>Pirólisis térmica</i>	17
1.10.3.	<i>Pirólisis catalítica</i>	18
1.11.	Maquinarias y equipos que intervienen en el proceso de pirólisis	18
1.12.	Evaluación de Impactos Ambientales (EIA)	18
1.13.	Evaluación de Impactos mediante Matriz de Leopold	19
1.14.	Evaluación del potencial ambiental	19
1.15.	Marco Legal	20
1.15.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	20
1.15.2.	<i>Código Orgánico del Ambiente</i>	21
1.15.3.	<i>Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva</i>	23
1.15.4.	<i>Acuerdo de París sobre cambio climático</i>	24
1.15.5.	<i>Acuerdo Ministerial 061. Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria</i>	24

CAPÍTULO II

2	MARCO METODOLÓGICO.....	27
2.1.	Tipo y Diseño de Investigación.....	27
2.1.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	<i>27</i>
2.1.2.	<i>Diseño de la Investigación</i>	<i>27</i>
2.2.	Población de Estudio.....	27
2.3.	Localización del Estudio.....	27
2.4.	Técnicas de Recolección de Datos.....	28
2.4.1.	<i>Recopilación de información</i>	<i>28</i>
2.4.2.	<i>Cálculos sobre el consumo de recursos</i>	<i>28</i>
2.4.3.	<i>Comparación de información</i>	<i>29</i>
2.4.4.	<i>Determinación y calificación de impactos.....</i>	<i>30</i>
2.4.5.	<i>Comparación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial respecto al manejo de residuos sólidos.....</i>	<i>30</i>
2.4.6.	<i>Recolección de los Objetivos del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 del Gobierno del Encuentro relacionados con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y de relevancia para la investigación</i>	<i>31</i>
2.4.7.	<i>Determinación del potencial ambiental.....</i>	<i>32</i>
2.4.8.	<i>Determinación de grado de desarrollo sostenible</i>	<i>34</i>
2.4.9.	<i>Índice de factibilidad.....</i>	<i>34</i>

CAPÍTULO III

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
3.1.	Cantidad de residuos generados en la ciudad de Riobamba.....	35
3.2.	Cantidad de productos que se generan a partir de la pirólisis de plásticos	35
3.3.	Descripción del proceso de adecuación de los plásticos para iniciar el proceso	37
3.3.1.	<i>Recursos consumidos por maquinarias y equipos durante el proceso de pirólisis</i>	<i>38</i>

3.3.1.1.	<i>Consumo de energía eléctrica</i>	38
3.3.1.2.	<i>Consumo de agua para el condensador</i>	39
3.3.1.3.	<i>Consumo de recursos económicos</i>	39
3.4.	Poder calórico de la fracción gaseosa de la fracción líquida de los productos obtenidos	40
3.5.	Resultados de las emisiones gaseosas de bio oil como aditivo en quemadores industriales	41
3.6.	Tipos de residuos plásticos encontrados en el estudio “Revalorización energética de residuos plásticos urbanos mediante pirólisis: estudio termodinámico, experimentación, aplicación y usos.”	43
3.7.	Pirólisis de plásticos de acuerdo con la alimentación de recursos	44
3.8.	Aplicaciones de los residuos de pirólisis a nivel mundial	44
3.9.	Usos principales del Bio Oil:	45
3.10.	Principales usos de las Ceras:	46
3.11.	Principales usos de los Gases:	46
3.12.	Usos de productos en el país	46
3.13.	Desventajas generales del proceso	48
3.14.	Actividades generadoras de impactos	50
3.15.	Calificación por importancia de los impactos	52
3.16.	Comparación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) de las ciudades capitales de las provincias del Ecuador de acuerdo a sus planes de manejo de residuos sólidos.	54
3.17.	Recolección de los Objetivos del Plan de Creación de Oportunidades 2021- 2025 del Gobierno del Encuentro	74
3.18.	Evaluación de las Metas del Plan de Creación de Oportunidades como indicadores del desarrollo sostenible de acuerdo a la dimensión de importancia que tengan en el proyecto	83
3.19.	Determinación del índice de grado de desarrollo sostenible (S’3)	86
3.20.	Índice de factibilidad	86

CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Esquema de matriz de Leopold para valoración de importancia de impactos.....	30
Tabla 2-2: Esquema para la descripción y comparación de los PDyOT.....	31
Tabla 3-2: Resumen de objetivos, políticas, lineamientos y metas del Plan de Creación de Oportunidades	31
Tabla 4-2: Esquema para la evaluación de las Metas del Plan de Creación de Oportunidades .	32
Tabla 1-3: Detalle de plástico generado en la ciudad de Riobamba	35
Tabla 2-3: Rendimientos de fracciones, pirólisis.....	36
Tabla 3-3: Porcentajes de productos obtenidos.....	36
Tabla 4-3: Contenidos de carbono en productos de acuerdo con la temperatura.....	37
Tabla 5-3: Total de energía eléctrica consumida	38
Tabla 6-3: Consumo total de agua	39
Tabla 7-3: Costo de proceso de pirólisis por recursos consumidos	40
Tabla 8-3: Valores de la fracción gaseosa del producto líquido	40
Tabla 9-3: Valores de emisiones gaseosas del bio oil en quemadores industriales	41
Tabla 10-3: Comparación con normativa de emisiones a nivel nacional.....	41
Tabla 11-3: Tipos de residuos plásticos encontrados.....	43
Tabla 12-3: Rendimiento de pirólisis y destilación de productos de la pirólisis.....	44
Tabla 13-3: Aspectos causantes de los posibles impactos en el proceso de pirólisis y uso de sus residuos.	50
Tabla 14-3: Importancia de los impactos de acuerdo con los aspectos con los que se relacionan.	52
Tabla 15-3: Descripción por cantones capitales y sus PDyOT respecto al manejo de residuos sólidos	54
Tabla 16-3: Objetivos, Políticas, Lineamientos y Metas del Plan de Generación de Oportunidades	78
Tabla 17-3: Calificación de las Metas planteadas en el Plan de Creación de Oportunidades según la influencia en el proyecto.	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Gráfico 1-2: Modelo de un diagrama de tela de araña	33
Gráfico 2-2: Esquema para valoración del Índice de Desarrollo Sostenible.....	33
Gráfico 1-3: Índice de sostenibilidad bajo tres ejes	84

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TABLA USADA PARA COMPARA VALORES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL TEXTO UNIFICADO DE LESGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue la evaluación del índice de factibilidad para el aprovechamiento sostenible de los productos obtenidos de la pirólisis de residuos plásticos urbanos, para lo cual se realizó una recolección de datos e información tanto a nivel local, nacional e internacional misma que permitió situar a la investigación en un contexto general para la evaluación posterior a realizarse. Para la determinación del índice de factibilidad tomando como punto de partida la información previamente recolectada, de inició se realizó la determinación de los posibles impactos ambientales, económicos y sociales mismos que fueron evaluados según su nivel de importancia mediante la matriz de Leopold, posterior a esto se usaron las metas de los objetivos del Plan de Creación de Oportunidades del gobierno vigente para poder determinar el índice de sostenibilidad bajo tres ejes; tanto la valoración de impactos como la determinación del índice de sostenibilidad dan paso a la determinación del índice de factibilidad. La información fue recolectada, ordenada y evaluada. En la matriz de Leopold se determinó que el factor de mayor importancia fue el económico, seguido por el ambiental y el social respectivamente; de igual manera en la evaluación del índice de sostenibilidad y factibilidad se determinó el eje mayormente problemático es el económico. Se concluye que el índice de factibilidad se encuentra en un rango inestable, lo que significa que el proyecto es apenas viable. Se recomienda que se continúen las investigaciones a cerca de la factibilidad de la pirólisis de residuos plásticos debido a escasez de información existente en esta área.

Palabras clave: <PIRÓLISIS DE PLÁSTICOS>, <ECONOMÍA CIRCULAR>, <DESARROLLO SOSTENIBLE>, <ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD>, <ÍNDICE DE FACTIBILIDAD>, <RIOBAMBA>.

0431-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The objective of this investigation was the evaluation of the feasibility index for the sustainable use of the products obtained from the pyrolysis of urban plastic waste, for which a collection of data and information was carried out at a local, national and international level, which allowed situate the research in a general context for subsequent evaluation to be carried out. To determine the feasibility index, taking the information previously collected as a starting point, the possible environmental, economic and social impacts were initially determined, which were evaluated according to their level of importance using the Leopold matrix after this. The goals of objectives of the Plan for the Creation of Opportunities of the current government were used to determine the sustainability index under three axes; both the assessment of impacts and the determination of the sustainability index gives way to determination of the feasibility index. The information was collected, ordered and evaluated. In the Leopold matrix, it was determined that the most crucial factor was economic, followed by environmental and social, respectively; in the same way, in evaluating the sustainability and feasibility index, the most problematic axis was the economic one. It is concluded that the feasibility index is in an unstable range, which means that the project could be more viable. Therefore, it is recommended that investigations be continued about the feasibility of plastic waste pyrolysis due to the need for more current information in this area.

Keywords: <PYROLISIS OF PLASTICS>, <CIRCULAR ECONOMY>, <SUSTAINABLE DEVELOPMENT>, <SUSTAINABLE INDEX>, <FEASIBILITY INDEX>, <RIOBAMBA>.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'Paul Obregón'.

Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se han desarrollado numerosos materiales que permiten fabricar un sinnúmero de productos que facilitan la vida y la existencia de los seres humanos, tal es el caso de la creación del plástico como material alrededor del siglo XX y desde entonces su uso y producción ha aumentado exponencialmente (Charro, 2015, pp-1-3), los productos plásticos presentan variados beneficios principalmente por el bajo costo que tienen en el mercado y por la facilidad en su fabricación, además los productos plásticos están presentes en prácticamente todas las actividades que realiza el ser humano debido a su fácil disponibilidad de adquisición y uso.

Los plásticos industrialmente se sintetizan a partir de distintas bases monoméricas, sin embargo, todas estas han resultado altamente contaminantes a largo plazo. Con el tiempo se han desarrollado plásticos teniendo como base distintos materiales, tal es el caso en el año de 1832 aparece por primera vez el término polímero, mientras que seis años más tarde se aísla y se da nombre al primer polímero natural: la celulosa; en el mismo año Henri Victor Regnault descubre el policloruro de vinilo al exponer el cloruro de vinilo a la luz solar y actualmente se conoce como PVC que no fue fabricado industrialmente hasta el año de 1919, mientras que en el año de 1866 aparece el primer polímero sintético estireno hoy por hoy llamado poliestireno gracias al descubrimiento de Marcellin P.E. Berhelot (García Pérez, 2014, pp-15-35). En la actualidad la mayoría de los plásticos se elaboran a partir de combustibles fósiles como bien pueden ser el petróleo o el gas natural, mismos que se transforman mediante procesos de refinamiento en nafta en el caso del petróleo y en etano del gas, obteniendo a partir de ellos monómeros que posteriormente serán polimerizados para el desarrollo de plásticos (Vazquez et al., 2016: pp.2-11). Existen distintos tipos de plásticos que se han desarrollado para los cuales se han establecido algunas clasificaciones, pero una de las más simples está dada por dos grupos; el primero grupo corresponde a los termoplásticos dentro de los que podemos encontrar al politetrafluoroetileno (PTFE), polimetacrilato de metilo (PMMA), policarbonato (PC), polipropileno (PP), poliestireno (PS), polietileno (PE); mientras que el segundo grupo corresponde a los termoestables como fenol-formaldehído (PF), urea-formaldehído (UF), melamina-formaldehído (MF), tereftalato de polietileno (PET), poliéster insaturado (UP) y expoxi (EP) (García Pérez, 2014, pp-15-35).

El plástico es muy difícil de degradar, debido a su composición química de polímeros y estructura ya que además de ser derivados del petróleo pueden estar conformados por sustancias adicionales con el objetivo de mejorar el rendimiento o abaratar costes de producción, además este polímero no tiene la capacidad de biodegradación sino que tiene la posibilidad de foto-degradación lo que implica que piezas grandes formadas por plásticos permanezcan en ecosistemas por períodos

prolongados de tiempo (Campos Granados, 2021, pp-9-10), o lleguen a descomponerse en pequeñas partes generando micro- plásticos, estos al ser más pequeños y difíciles de recolectar se quedan en ecosistemas terrestres incluyendo playas desde donde pueden llegar a ecosistemas acuáticos y posterior a ello representan un riesgo para la fauna terrestre y marina por ingesta (Rivera Garibay et al., 2020: pp.4-8), sumado a esto se puede mencionar la agudización del problema de contaminación por las fundas plásticas que al estar elaboradas de plásticos más livianos y por su diseño tienen mayor facilidad de ser arrastradas por el viento o por el agua ocasionando alteraciones en la fauna que compone los ecosistemas afectado (ONU, 2018). Debido a su difícil degradación los plásticos y sus residuos tienen la capacidad de generar altos impactos en el ambiente, por lo tanto, en vista de la creciente destrucción y deterioro de los ecosistemas se ha instalado la preocupación por desarrollar mecanismo que permitan tratar dichos residuos; sin embargo, los tratamientos alternativos representan una problemática, pues como se menciona anteriormente la complejidad de la composición de los desechos plásticos no permite que los procesos de reciclado o para la composición de los mismos se requieran tratamientos químicos de despolimerización con el objeto de obtener materiales que se puedan reutilizar (Palma y Tenesaca, 2020: pp.1-10).

Los plásticos que se encuentran dentro de los residuos sólidos urbanos son los que comúnmente se usan en procesos de envasado, embalaje; es decir están presentes en la mayoría de las actividades diarias del ser humano. Los plásticos usados para los fines antes mencionados generalmente corresponden a la categoría de termoplásticos, los cuales tienen las características de maleabilidad y deformación a elevadas temperaturas y pueden volver a solidificarse cuando se enfrían lo suficiente; dicha propiedad hace que los plásticos urbanos sean candidatos para ser reciclados (Bolaños Zea, 2019: pp.1-5).

Por otro lado, se debe mencionar que la fabricación de plásticos contribuye al agotamiento de recursos naturales no renovables que se usan como materia prima, aparte de los impactos ambientales que se generan. Durante largos años se han desarrollado propuestas de tratamientos para los residuos plásticos, donde la mayoría de estos apuntan a usar los mismos residuos como materia prima para la elaboración de otros productos o para reingresarlos en sistemas de producción como recursos para dar lugar a productos similares, por otro lado; existen otro tipo de tratamientos de tipo mecánico o químico que presentan ventajas, un ejemplo claro es la pirólisis de plásticos cuyo proceso permite el procesamiento de distintos tipos de plásticos en conjuntos y puede ser una opción para la generación de fuentes de energía alternativas (Botet, 2019: pp.4-28).

Con las pautas de conservación, reducción de los impactos ambientales y sobre todo por la necesidad de preservar el ambiente se considera necesario generar al fin un sistema de

recirculación y ahorro de recursos naturales para la producción; por tal razón, que dentro de los sistemas económicos se estudian tales mecanismos para conocer la viabilidad resultante de su aplicación dependiendo del método seleccionado para el tratamiento de residuos plásticos, realizando una evaluación de las condiciones sociales y económicas dentro de la localidad objeto de estudio.

El presente trabajo pretende procesar e interpretar los datos obtenidos del proceso de pirólisis llevado a cabo con tres tipos diferentes de plásticos provenientes de los residuos sólidos urbanos que se generan en la ciudad de Riobamba como continuación del trabajo realizado por (Palmy Paredes, 2022b, pp-75-135) “Revalorización energética de residuos plásticos urbanos mediante pirólisis: estudio termodinámico, experimentación, aplicación y usos” con el objeto de evaluar la viabilidad de la pirólisis y el uso de los productos que se obtienen de dicho proceso.

OBJETIVOS

General

Evaluar el índice de factibilidad para el aprovechamiento sostenible de los productos obtenidos de la pirólisis de residuos plásticos urbanos.

Específicos

- Establecer una base de datos provenientes del proceso de pirólisis de residuos plásticos urbanos obtenidos de la ciudad de Riobamba.
- Determinar los impactos ambientales de los productos obtenidos del proceso de pirólisis de residuos plásticos urbanos.
- Obtener el potencial medioambiental con base en el impacto de los residuos con el reciclaje químico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Alrededor del mundo existen estudios directamente relacionados con evaluaciones económicas que permiten determinar índice de factibilidad del tratamiento de residuos sólidos urbanos principalmente, dentro de los cuales se encuentran los residuos plásticos. En el caso de los productos de la pirólisis de plásticos se encuentran referencias de diferentes formas del mismo tratamiento, dependiendo del tipo de polímero que se procese los productos obtenidos poseen diferentes características, mismos que tras ser sometidos a evaluaciones se puede determinar los posibles usos que pueden los productos (PlasticsEurope, 2019, pp.5-26). Cabe mencionar que existe escasa información o muy poco detallada que sirva de referencia para realizar un enfoque que permita conocer la viabilidad de estos tratamientos dentro de un sistema de economía circular. A continuación, se hace referencia a algunos de los artículos que se podrían considerar relevantes para el caso.

Es de conocimiento que los residuos plásticos en general afectan a la sostenibilidad de los ecosistemas y sistemas económicos, por lo que con el tiempo se van fijando objetivos rigurosos relacionados con el reciclaje de estos residuos que a su vez guardan relación con los sistemas de economía circular. En la investigación desarrollada por (Meys et al., 2020, pp-1-10), analiza la posibilidad de implementación de una economía circular mediante la comparación de distintas tecnologías de reciclaje químico. Para este estudio se considera al potencial ambiental mediante un Análisis del Ciclo de Vida que analiza el reciclaje químico como opción para tratamiento de residuos, todo esto mediante el cálculo del potencial ambiental, donde el análisis realizado permite determinar las tecnologías de reciclaje químico que podrían reducir el calentamiento global. Finalmente, los resultados de los análisis presentados muestran que este método podría reducir el calentamiento global y el agotamiento de los recursos fósiles, y al tratarse de un análisis comparativo permite identificar las vías que no ofrecen ningún potencial de reducción de los impactos sobre el calentamiento global.

Algunos estudios revelan que el análisis del ciclo de vida es fundamental para determinar la viabilidad del reciclaje y permiten identificar las consideraciones para llevar a cabo esta metodología. En el estudio publicado por (Fernández Nava et al., 2014, pp-178-189), analiza estrategias para el manejo de RSU de acuerdo a los impactos ambientales para lo cual considera las muestras

a procesos de vertido directo, algunos procesos de biometanización con ciertas variaciones, procesos de clasificación e incineración. En este caso se parte de una descripción de la problemática que significa el manejo de residuos sólidos urbanos; posteriormente se describe el área donde se va a realizar el estudio para luego hacer una descripción de los escenarios y los principales procesos de tratamiento y así definir los diferentes procedimientos que se realizarán para el tratamiento de residuos. Por consiguiente, se realiza un inventario específico de los escenarios que se propusieron anteriormente con la finalidad de realizar la evaluación de impactos, donde los resultados van mostrando las posibles consecuencias para cada uno de los escenarios propuestos de acuerdo con las actividades que en estos se realizan determinando así cuales son los que generan más impactos respecto a los demás.

En un trabajo realizado por (Millan Casas, 2014, pp-20-50), se estudia la factibilidad técnica y económica para residuos sólidos urbanos, en este caso analiza la problemática de disposición y las formas arbitrarias para el manejo de los mismos, considerando el número de habitantes y lugares en su área de estudio. Se determina que los tratamientos térmicos como la pirólisis pueden ayudar significativamente a tratar residuos si estos se aplican de forma adecuada. De la pirólisis se obtienen tres tipos de residuos y algunos de ellos pueden ser usados como combustibles, y otros como materiales para procesos industriales. En el análisis teórico se resalta la importancia y la viabilidad que puede tener un proceso de pirólisis en el tratamiento de residuos, esto debido a los beneficios que representa, sin embargo, la mayoría de los estudios que se revisan son realizados a nivel de laboratorio o plantas piloto, puesto que la complejidad que representa el financiamiento, espacio y conceptos ingenieriles es lo que impide que esta técnica sea aplicada con éxito.

Existen algunos estudios más específicos respecto a la pirólisis de plásticos como el de (Amar Gil, et al., 2019: pp.306-326), donde se hace una simulación respecto a combustibles obtenidos mediante el procedimiento en cuestión, tales simulaciones mediante el software “Aspen Plus” con datos basados en bibliografía, este programa según se indica, permite hacer ajustes de todo tipo de condiciones que el proceso requiere, al igual que los plásticos a ser tratados. También, se realiza experimentación con residuos plásticos de las zonas más comunes y tras un proceso de caracterización de la materia prima se llevó al proceso de pirólisis para finalmente obtener el producto líquido, fue sometido a caracterización. Para este caso se obtuvieron resultados que permitieron definir que un programa computarizado resulte bastante acertado en cuanto a los resultados del proceso de pirólisis, así como, las propiedades del producto final. Por otro lado, dentro del estudio se pudo comparar y discernir que modelos resultan más adecuados para aplicar en la pirólisis dependiendo los plásticos usados.

Se han encontrado artículos como el de (Lubongo et al., 2022: pp.2-7), en el que se realiza un análisis de la factibilidad económica de los combustibles obtenidos por pirólisis de plásticos el valor presente neto y la tasa interna de retorno analizando tres plantas con diferentes capacidades cada una. En la evaluación consideró cuatro pasos para el análisis que ayudaron a determinar al final la factibilidad de los productos. El resumen de los resultados de este artículo permite conocer que los precios del petróleo en un mercado específico podrían variar en las plantas de pirólisis a la vez que resulta complicado la competencia para las industrias dedicadas a la pirólisis frente a los recicladores mecánicos cuando es necesario abastecerse de materias primas. También se indica que la calidad de la materia prima tratada en las plantas puede afectar a la viabilidad económica de las mismas, algo que varios autores estudiados en el artículo mencionan; por lo antes expuesto es posible interpretar que las plantas deben considerar trabajar con materias primas de calidad previo a realizar el proceso de pirólisis de residuos plásticos.

En la tesis de (Escobar Bolívar, 2020, pp-7-31), se realiza una valoración de productos sólidos en la pirólisis de PET, para ello el autor crea un sistema en el que realiza el proceso de pirólisis habiendo seleccionado los residuos plásticos previamente y una vez obtenidos los productos realiza pruebas de laboratorio sobre el poder calorífico y difracción de rayos X, con los resultados organizados por grupos se realizaron pruebas estadísticas del tipo ANOVA y Tukey HSD y tras su respectivo análisis se encontró coherencia con la bibliografía tomada como referencia. Se obtuvieron como productos carbón y polvo ceroso de los cuales el primero es el que más utilidad puede tener de acuerdo con su poder calorífico; por otro lado, la difracción de rayos X sirvió para determinar la composición de los productos. Con los argumentos mencionados se establece que los productos sólidos de este proceso tienen potencial para ser utilizados en procesos de combustión principalmente.

En el estudio realizado por (Palmay et al., 2022a: pp.2-14), describe la importancia del manejo de los residuos no degradables en conjunto con la economía circular. Este estudio se basa en el tratamiento de residuos plásticos por medio de pirólisis para producir aceite a partir de termoplásticos provenientes de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Riobamba, con el objeto final de determinar las propiedades y mejores posibles aplicaciones de las fracciones líquidas resultantes. En el desarrollo de esta investigación se realiza un muestreo de los plásticos al azar acorde a la realidad de la ciudad, posteriormente las muestras se acondicionan para poder ser tratadas, el proceso de pirólisis se realiza de acuerdo con las condiciones de referencia encontradas para realizar una adecuada adaptación de los equipos a los procesos, en este caso se trabaja con tres tipos de plásticos que son polipropileno (PP), poliestireno (PS) y polietileno (PE) para cada uno de los cuales se realizó un análisis de temperatura máxima de degradación. Se

determinó la composición química, composición de masas y las propiedades físico- químicas. Como la experimentación se llevó a cabo a diferentes temperaturas y adicionalmente se realizaron mezclas entre los distintos tipos de plásticos empleados fue posible determinar los rendimientos y la composición de los productos sólido, líquido y gaseoso para cada caso. En el estudio se evidencia una alta posibilidad del uso de los productos obtenidos como combustibles alternativos lo que se podría incluir dentro de un ciclo de economía circular.

Como se puede apreciar en los estudios mencionados anteriormente se reconoce que hay distintas formas para hacer análisis dirigidos a la factibilidad de los productos obtenidos a partir de la pirólisis de residuos plásticos; para todo descrito no existe una sola técnica, ni un solo enfoque, cada una de las visiones de estudio y análisis se plantean y se acomodan de acuerdo con las necesidades de cada autor y a partir de eso cada uno trabaja con los procedimientos, diferentes tipos de análisis ambientales y estadísticos, con la finalidad de demostrar la importancia de los resultados que se obtengan en cada caso dependiendo el sitio motivo de estudio.

1.2. Economía circular

El objetivo de la economía circular se basa en establecer conceptos para que los residuos sean percibidos como posibles recursos y no como desperdicios sin uso a futuro, pretendiendo darle un valor durante todo el tiempo que sea posible (de Miguel et al., 2021, p.7-10). A lo largo del tiempo la humanidad y la evolución que con ella acarrea se ha visto relacionada con el uso y explotación de recursos naturales renovables y no renovables, en actividades económicas vinculadas con procesos extractivos, productivos, de transformación, traslado y comercialización de los recursos, todo lo anterior vinculado a un sistema típico de economía lineal que a largo plazo podría desencadenar consecuencias como escasez de materia prima y acumulación de desechos con una vida de uso corta sin ser aprovechados y con riesgo de convertirse en contaminantes. La incorporación de la economía circular se considera importante dentro de los sistemas globales económicos y políticos, de tal manera que, tras la generación de residuos se pueda encontrar la posibilidad de ingresarlos a los mismos sistemas como recursos, sumado a esto permite la incorporación de nuevas visiones para el manejo de las economías dentro de las industrias, de las adaptaciones y avances tecnológicos, para que dentro de ellos se pongan a prueba los sistemas de producción incorporando nuevos mecanismos eficientes, todo esto con el objeto de crear una herramienta ligada al desarrollo sostenible y a la conservación del ambiente (Molina López y Zaldumbide Peralvo, 2020: pp.117-136).

1.2.1. Principios de la Economía circular

La economía circular va más allá de la recuperación y conservación de los recursos naturales por tal razón se plante tres principios, que son:

- **Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural**, Pretende el control del flujo de los recursos renovables, seleccionando (siempre y cuando sea posible) las tecnologías y procesos que usen recursos renovables o que permitan alcanzar mejores rendimientos durante la elaboración de productos (Varela Menéndez, 2018, pp.28-30).
- **Principio 2: Optimizar el rendimiento de los recursos**, Busca que los materiales sean diseñados y fabricados inicialmente para que después de su vida útil puedan participar en sistemas de reciclaje, renovación y reelaboración, permitiendo que así se mantengan en el ciclo de la economía, a parte de que se pretende establecer a los “desechos” como una forma de contribuir al mantenimiento de sistemas económicos dándoles valores de energía al momento que se mantienen y reincorporan materiales a las cadenas de producción (Varela Menéndez, 2018, pp.28-30).
- **Principio 3: Promover la eficacia de los sistemas**, Se realiza para minimizar los daños causados a sistemas y áreas que afecten a las personas, y gestionando externalidades como la contaminación, emisiones tóxicas y el cambio climático (Varela Menéndez, 2018, pp.28-30).

1.2.2. Estrategias de la economía circular

Se pueden reconocer ciertas estrategias de la economía circular subdivididas en grupos diferenciables.

a) Uso y fabricación de productos más inteligentes

- **Rechazar:** Cuando un producto diferente al generalmente usado puede reemplazar a otro, entonces se ofrece alguno que pueda cumplir los mismos objetivos teniendo características completamente diferentes, pero más funcionales (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).
- **Repensar:** Generar productos con mayor y mejor vida útil (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).
- **Reducir:** Proponer sistemas de producción eficientes para fabricar productos consumiendo

la menor cantidad de recursos (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).

b) Extender la vida útil del producto y de sus partes

En este grupo se incluyen:

- **Reutilizar:** Usar un material o producto que ha sido desechado, pero que se encuentra en condiciones de realizar su función inicial (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).
- **Reparar:** Reparación y mantenimiento de un producto defectuoso para que pueda ser utilizado de acuerdo con su función original (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).
- **Renovar:** Restaurar y actualizar un producto de largos años de vida (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).
- **Remanufacturar:** Usar partes de un producto descartado en un nuevo producto con la misma o diferentes funciones (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).

c) Aplicación útil de materiales

En este grupo incluyen:

- **Reciclar:** Procesar materiales para obtener la misma calidad o más calidad dependiendo de las necesidades que se presenten (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).
- **Recuperar:** Incineración de materiales con recuperación de energía (de la Cuesta González et al., 2020: pp.17-19).

1.3. Análisis del ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida se direcciona a conocer la duración de todos los procesos de producción y analiza el período de durabilidad de los productos que se generen, se realiza principalmente para estudios ambientales, es decir, el análisis de ciclo de vida es una metodología de evaluación ambiental. Se suele plantear mediante métodos que permiten determinar los procedimientos e impactos que se pudieran generar desde la extracción de la materia prima necesaria para la elaboración de los productos razón de estudio hasta la disposición final de los mismos, hace un estudio meticuloso de cada proceso de producción estableciendo una relación de los efectos que puedan tener sobre los factores ambientales circundantes mientras se llevan a

cabo las actividades necesarias de producción. El análisis del ciclo de vida es diferente a los demás métodos de evaluación ambiental porque no se enfoca solamente en los impactos inmediatos que se puedan generar, sino, también analiza el alcance que pueden tener los procesos de contaminación durante el desarrollo de las actividades de producción (Oviedo Lopera et al., 2017: p.24).

1.3.1. Etapas del ciclo de vida.

- Gate to gate: Considera únicamente el proceso productivo de la actividad o empresa a la que se está aplicando (Haya Leiva, 2016, pp.4-6).
- Cradle to gate: Se enfoca en el tratamiento de las materias primas desde su extracción, acondicionamiento hasta su uso dentro de la producción (Haya Leiva, 2016, pp.4-6).
- Gate to grave: Estudia el proceso productivo de la empresa y abarca la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto (Haya Leiva, 2016, pp.4-6).
- Cradle to grave: Considera a las materias primas desde su acondicionamiento para la producción hasta donde puedan ser gestionadas mediante reciclaje u otros procedimientos (Haya Leiva, 2016, pp.4-6).
- Cradle to cradle: Es el análisis completo del ciclo de vida de los productos, es de decir, engloba todas las etapas anteriores considerando desde la obtención y acondicionamiento de la materia prima, hasta que los productos sean dispuestos como desechos, reciclados, reingresado a algún proceso productivo, entre otros (Haya Leiva, 2016, pp.4-6).

1.4. Índice de sostenibilidad

El índice de sostenibilidad se enfoca en las bases del desarrollo sostenible y permite la identificación de ejes de la calidad del ambiente, de la economía, de la política y de la sociedad; se direcciona a medir las problemáticas que se pueden generar bajo la perspectiva de tales ejes en los países, en cada estado se evalúa los planes nacionales administrativos para presentar soluciones a las diferentes situaciones que se puedan presentar, así como proteger los recursos y la salud de los habitantes en caso de que estos puedan ser afectados (Ojeda Suárez et al., 2016: pp.6-13).

1.5. Índice de factibilidad

El Índice de factibilidad ambiental permite conocer mediante evaluaciones previas las transformaciones que pueden ser dañinas para el ambiente a partir de distintas actividades de proyectos que podrían generar impactos ambientales a corto, mediano o largo plazo. El índice de

factibilidad suele ser un requisito para identificar si un proyecto cumple con la legislación ambiental, basándose también en factores asociados al ambiente y los principios sostenidos por el desarrollo sostenible como son la economía, la cultura y la sociedad. Para determinar este índice se solicita un estudio minucioso de las fases de los proyectos (Colectivo de Autores y PADIT, 2019: pp.3-8).

1.6. Métodos para identificar índices de factibilidad de residuos

Existen varias metodologías que podrían ser aplicables de acuerdo con la necesidad de los estudios que se deseen realizar para el tratamiento de residuos e inserción de residuos dentro de los sistemas. A continuación, se describen diferentes metodologías que se han usado en casos particulares.

1.6.1. Metodología para investigación de tipo descriptiva

Esta es una metodología de mercado común que se podría adaptar a las necesidades de investigación. Dentro del mercado existen diferentes tipos de variables que se pueden tomar en cuenta; la investigación descriptiva tiene un enfoque hacia la recolección de datos dependiendo a las categorías que se puedan aplicar, de acuerdo con el caso la recopilación de la información se puede basar en datos bibliográficos y estudios de campo mediante el uso de encuestas y observación directa, una vez que la información ha sido recolectada se puede complementar con un análisis técnico, ambiental, administrativo, legal y económico mediante la evaluación de parámetros asociados a cada criterio o categoría involucrados (Gavilanes Montoya et al., 2020: pp.86-114).

1.6.1.1. Viabilidad comercial

En este estudio se incluye a la población que podría involucrarse dando uso a los recursos que se pretende analizar, generalmente se hace por medio de encuestas, también se puede analizar el nivel de aceptación de la implementación de las formas de tratamiento de residuos, predisposición a usar los posibles productos que se obtengan, preferencias en cuanto a costos y presentaciones de los productos ofertados, así como la implementación de técnicas de marketing. Los datos que se recopilen deben ser verdaderos de manera que permitan calcular la muestra para analizar. Por otro lado, se realiza análisis de competencia en el que se deben considerar vendedores o fabricantes de los mismos productos que se busca ofertar. Finalmente, es posible calcular la demanda de los diferentes tipos de la demanda que son demanda total, insatisfecha, potencial y objetiva (Gavilanes Montoya et al., 2020: pp.86-114).

1.6.1.2. Estudio técnico- productivo

Este tipo de estudio analiza la parte cualitativa y cuantitativa con el objetivo de conocer la magnitud y la ubicación del proyecto a realizarse, el diseño y la calidad de los productos; así como los requerimientos de las operaciones que estén involucradas en cada caso (Gavilanes Montoya et al., 2020: pp.86-114).

1.6.1.3. Estudio ambiental

Dependiendo el caso, un estudio ambiental puede estar basado en los datos y resultados obtenidos en el análisis del estudio técnico- productivo y la legislación ambiental vigente de cada país. Se realiza una identificación cualitativa de los impactos ambientales asociados al proyecto mediante la elaboración de un plan de manejo ambiental, mismo que puede incluir información respecto a actividades, detalles, tipos diferentes de impactos en el ambiente y medidas propuestas (Gavilanes Montoya et al., 2020: pp.86-114).

1.6.1.4. Estudio administrativo legal

Dependiendo el tipo de industria y de cómo esté constituida cada organización, este tipo de estudio puede abordar la estructura orgánica de las empresas, así como su constitución y la reglamentación que se establezca particularmente (Gavilanes Montoya et al., 2020: pp.86-114).

1.6.1.5. Estudio económico financiero

Usualmente considera tres áreas principales involucradas: comercial, productiva y administrativa, a través de la identificación de los requerimientos de cada área se puede determinar: inversión, fuentes de financiamiento, pago de la deuda, depreciación de activos fijos, amortización de activos diferidos, estructura de costos y gastos, presupuesto de ingresos, estado de resultados y flujo de caja. Con todos los aspectos mencionados anteriormente una vez que han sido determinados es posible conocer el período de recuperación del capital y la relación costo beneficio (Gavilanes Montoya et al., 2020: pp.86-114).

1.7. Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos también se los conoce con el nombre de residuos municipales en términos técnicos, comúnmente se emplean los términos: basura, desechos o simplemente

residuos y generalmente pueden estar compuestos por residuos orgánicos, cartón, papel, madera y materia inorgánica como vidrio, plástico y metales. En su mayoría todos estos residuos se generan como resultado de actividades domésticas, servicios públicos, obras de construcción, sectores de comercio, al igual que los de tipo industrial que se generan a partir de otros procesos. Si los residuos se disponen de forma incorrecta pueden generar efectos ambientales negativos graves en las ciudades, donde se atribuye principalmente al deterioro estético, deterioro de paisajes naturales, deterioro de predios, acumulación de basura; además como una problemática aún más preocupante se encuentra la incorrecta disposición de desechos causando el deterioro y contaminación de: suelos, aire, cuerpos de agua; sobre todo cuando los residuos son vertidos sin ningún tratamiento previo (Espinoza Quispe et al., 2020: pp.163-177).

En Ecuador alrededor del año 2018 se reportó la generación de aproximadamente 12 900 toneladas de residuos sólidos diarios, de los cuales el 57% eran residuos orgánicos y el 43% restante pertenecían a residuos inorgánicos, por otro lado, existen reportes de que entre el 6 y el 8% de los residuos generados son recuperados, por el que en Ecuador un porcentaje promedio del 94 a 92% de residuos siguen sin tener tratamiento alguno (Solíz et al., 2020: pp.47-123).

1.8. Residuos plásticos

Los residuos plásticos son desechos provenientes de la disposición de materiales o productos elaborados con este material y que se destinan como basura, por las características del plástico como materia prima es que su disposición ha aumentado durante las últimas décadas debido a que es un material sumamente rentable y versátil teniendo una relación directa entre la estabilidad económica de un país y el aumento de los residuos (PLASTIVIDA, 2007, pp.3-14). Por desconocimiento o imprudencia los plásticos suelen ser arrojados en entornos naturales, lo que posteriormente representa problemas ambientales, ya que por sus características de baja densidad que facilita su dispersión, además tienen un bajo poder de degradación haciendo que su descontaminación sea compleja pues pone en peligro el equilibrio de muchos ecosistemas e incluso crea riesgos que impactan a la salud humana (SEO BirdLife y Ecoembes, 2019: pp.6-18).

1.8.1. Plásticos

El plástico es un material que se crea a partir de la polimerización, el cual es un proceso químico en el que las moléculas denominadas moneras que tienen bajo peso molecular se unen para formar cadenas más pesadas denominados polímeros. El plástico es un material que interviene en una amplia gama de elaboraciones sintéticos o semi- sintéticos presentes en una larga lista de

industrias, pues el plástico comprende uno de los materiales base que se ha integrado a lo largo del tiempo en la elaboración en numerosos elementos que son usados en la vida cotidiana de los seres humanos, los productos más comunes fabricados que se encuentran comúnmente consisten en envases, ropa, insumos médicos, partes de vehículos, artículos electrónicos, teléfonos celulares, materiales de construcción, entre otros (ECOPLAS, 2020, pp.5-9).

1.8.2. Los plásticos según su origen

El plástico al igual que muchos productos en el medio industrial pueden ser fabricados a partir de materiales de distinta procedencia a partir de variados recursos, de acuerdo con la procedencia del material se puede hacer una clasificación para distinguirlos.

1.8.2.1. Origen fósil

Los plásticos usados con mayor frecuencia en el medio son elaborados a partir del procesamiento de combustibles fósiles, tales como el petróleo o el gas natural, mismos que son considerados como recursos naturales no renovables; un punto a considerar es que el 4% de los combustibles fósiles son usados a nivel mundial para la fabricación de plásticos. En la elaboración de plásticos a partir de estos recursos intervienen procedimientos químicos mediante los cuales es posible la separación y aislamiento de determinados componentes para la producción de los principales monómeros para la fabricación de plásticos (ECOPLAS, 2020, pp.5-9).

1.8.2.2. Biobasados

Los plásticos biobasados están elaborados a partir de recursos renovables que generalmente son de procedencia orgánica como vegetales, a partir de restos de frutas o derivados de residuos provenientes de cultivos, es decir, esta materia prima puede ser regenerada en determinados períodos de tiempo. Los materiales que se usan más comúnmente para este fin son:

- **Caña de azúcar:** como es evidente los monómeros de la polimerización se obtienen a partir de la caña que incluso pueden ser los restos de la caña procesada, el tipo de plástico que se obtiene aquí se puede volver a usar y también es reciclable, además puede llegar a tener las mismas características que el plástico de origen fósil, pero con materia prima renovable (ECOPLAS, 2020, pp.5-9).
- **Maíz:** el plástico se trabaja a partir del almidón obtenido del maíz, considerando la gran cantidad de sembríos de este cereal que existen a nivel mundial, se considera que es una fuente de materia prima renovable, el proceso se maneja similar al plástico fabricado con caña de

azúcar ya que consiste en la obtención de productos que permiten su posterior polimerización (ECOPLAS, 2020, pp.5-9).

- **Además, se puede usar:** los residuos de la papa, mediante método de procesamiento que se ha optado en ciertos casos en donde se emplean los residuos de este vegetal, además se utilizan los residuos de industrialización de productos como la mandioca, entre otros. En algunos de estos casos, los plásticos que se elaboran se crean con la característica de ser biodegradables por lo que no se pueden reciclar mecánicamente una vez que han sido desechados y por ende muchos de estos solo se disponen como material compostable (ECOPLAS, 2020, pp.5-9).

1.8.3. Tipos de plásticos

Por la variedad de plásticos existentes y los diferentes tipos de polímeros que se usan para la elaboración de estos, en el año de 1998 la Society of the Plastics Industry (SPI) de los Estados Unidos creó un sistema basado en códigos que permiten identificar las distintas clases de material usados en la fabricación de productos plásticos, entonces, este sistema fue denominado como código SPI. Los símbolos de los códigos están formados por triángulos con flechas que contiene números del 1 hasta el 7, los cuales designan a cada tipo de plástico facilitando así su identificación, separación y reciclaje (Vargas Santillán, 2019, pp.18-30).

1.9. Técnicas de valoración general de residuos plásticos

Existen varios métodos usados en la actualidad que permiten el aprovechamiento de residuos, los cuales se detallan a continuación.

1.9.1. Reciclado mecánico

Mediante el reciclado mecánico es posible obtener materias primas secundarias que pueden ser tratados a elevadas y variadas temperaturas y demás condiciones propicias como el calor y ser transformados en objetos o materiales con propiedades físicas y químicas bastante similares a las del material de partida con el cual estaban elaboradas en un inicio. En este tipo de reciclado se sugiere que los plásticos se clasifiquen según sus cualidades, pues en cuanto sean tratados cada uno puede tener un tratamiento diferente (Soto Medina, 2021, pp.23-48).

1.9.2. Reciclado químico

Consiste en la descomposición polimérica de los plásticos mediante tratamientos químicos, en este tipo de reciclado se obtienen los monómeros bases a partir de los cuales fueron elaborados los plásticos, además se puede obtener otros materiales como gas de síntesis e hidrocarburos, dependiendo del tipo de tratamiento es posible el uso de un solo tipo de plásticos o se pueden mezclar sin discriminación. Existen diferentes formas de reciclado químico entre las que resaltan:

Termólisis: Es un método termoquímico de descomposición de plásticos a monómeros sencillos. Dependiendo de si los polímeros poseen características similares pueden ser tratados conjuntamente. La termólisis se realiza en presencia de temperaturas controladas sin la intervención de catalizadores (Vargas Santillán, 2019, pp.18-30).

Gasificación: En este proceso interviene la oxidación parcial dentro de las cadenas poliméricas con el objetivo de generar gas de síntesis que es una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno, según la (OMS, 2019) el gas de síntesis se puede usar para la generación de energía, para producción de metano, amoníaco, alcoholes o como agente reductor en la producción de acero. Este proceso puede tratar los residuos plásticos sin ser clasificados (Tacuri Sarmiento, 2021, p.24). La gasificación usa como agente gasificante al aire, de esta forma los costos de tratamiento se reducen al no tener que usar oxígeno puro; sin embargo, se puede formar la presencia de nitrógeno provocando que los combustibles obtenidos de este tratamiento pierdan su valor calorífico (Vargas Santillán, 2019, pp.29-30).

Pirólisis: Es un proceso térmico en la que no interviene el oxígeno y permite la descomposición de polímeros, dependiendo el tipo de pirólisis que se aplique la temperatura del proceso puede variar de 400°C a 1000°C, de este procedimiento es posible obtener fracciones líquidas, sólidas o gaseosas cuyos usos posteriores pueden ser variados y continúan en estudio. Existen dos tipos de pirólisis que son los más comúnmente aplicados y son: la pirólisis catalítica y térmica, se diferencian por el uso de un catalizador o no, su aplicación depende de si los residuos plásticos a tratar presentan inconvenientes o de la viabilidad de determinados procesos (Díaz Caleño, 2020, p.33).

Desintegración catalítica: Se conoce también como despolimerización, el proceso consiste en la reconversión directa de un polímero a los monómeros de partida, esto permite que dichos monómeros se puedan reinsertar en un proceso de producción o como materias primas en procesos petroquímicos regenerando a los polímeros vírgenes. Este método se puede aplicar solamente en polímeros de policondensación y algunos polímeros de adición (Takada y Bell, 2021, pp.59-66).

1.10. Pirólisis

La pirólisis se conoce como un proceso termoquímico de descomposición que se desarrolla en ausencia de oxígeno. En términos generales dentro del proceso de la pirólisis se pueden describir tres pasos principales: la dosificación y alimentación de la materia prima, la transformación de la masa, y finalmente la obtención y separación de los productos en sus tres estados de la materia que son sólido, líquido y gaseoso. Entonces, la pirólisis puede ser definida como un proceso de descomposición térmica, en la primera etapa se desarrolla un proceso de combustión y generación de gases, posteriormente se produce una oxidación total o parcial de los productos primarios (Lam Sanmartin, 2020, pp.11-14). En resumen, la pirólisis que también conocida como craqueo, es un proceso térmico que rompe cadenas de polímeros descomponiéndolos en compuestos de menor peso molecular. Los productos que se obtienen mediante la pirólisis en la mayoría de los casos se siguen testeando para determinar las industrias en las que pueden servir como materia prima. Existen tres tipos de craqueo o de pirólisis: hidro craqueo, craqueo térmico (o pirólisis térmica) y craqueo catalítico (pirólisis catalítica) (Rodríguez Mendoza, 2015, p.73).

1.10.1. Hidro craqueo

En este tipo de craqueo suele estar involucrada una reacción entre el hidrógeno sobre un catalizador usando temperaturas y presiones relativamente moderadas. Esta modalidad de pirólisis se suele usar con el objetivo de obtener gasolina de alta calidad a partir de un alto rango de polímeros. Existen algunos tipos de plásticos preferidos para ser usados en este proceso tales como PE, PET, PS, PVC y mezclas de polímeros, desechos de polímeros de residuos municipales y otras fuentes, mezcla de plásticos con carbón o con combustibles, etc. Para este proceso se pueden incluir distintos tipos de catalizadores con contenido de metales de transición que colaboran incorporando tanto actividad de hidrogenación como de craqueo (Urricelqui Goñi, 2021, p.9).

1.10.2. Pirólisis térmica

En este caso se genera la degradación de materiales poliméricos una vez que son calentados en ausencia de oxígeno. Es un proceso endotérmico que requiere alta energía y las temperaturas que ocupa pueden variar de entre 350° a 650° C, el nivel de temperatura y puede variar de acuerdo el polímero que se va a degradar, por lo que en algunos casos las temperaturas pueden rebasar los límites y alcanzar incluso los 900° C para que los rendimientos de los productos sean aceptables (Moreno Torres y Sáñez Castañeda, 2018: pp.41-43).

1.10.3. Pirólisis catalítica

Es el mismo proceso que se desarrolla en la pirólisis térmica con la diferencia que en este caso existe la presencia de catalizadores que colaboran con la reducción significativa del uso de altas temperaturas y los tiempos del proceso, así como también incrementa el rendimiento de los productos gaseosos. El uso de catalizadores busca la selectividad de productos generados que pueden ser combustibles o materia prima en la industria petroquímica (Moreno Torres y Sáñez Castañeda, 2018: pp.41-43).

1.11. Maquinarias y equipos que intervienen en el proceso de pirólisis

- **Reactor tipo Batch:** El equipo principal que se usa para el proceso de pirólisis es un reactor Batch que posee una capacidad de 5 litros, trabaja a una temperatura de 600°C. Este equipo trabaja con 220V de energía eléctrica, con una frecuencia de 50Hz, una intensidad eléctrica de 3,9 A, con un tiempo de iniciación del equipo de 40 minutos y 180 minutos de reacción. A parte se han usado equipos complementarios que permiten el buen desarrollo de la experimentación de la pirólisis de los plásticos (Palmay Paredes, 2022b, pp-75-135).
- **Condensador:** Tiene una función de transformar los gases a líquidos. Cuenta con un depósito de compensación de 2L, y 1L en el tanque de compensación. Se permite alcanzar temperaturas de condensación de 10°C (Palmay Paredes, 2022b, pp-75-135).
- **Equipo de refrigeración:** Este equipo trabaja con 110V de energía eléctrica, con un amperaje de 15 A, su uso trabajo dura 220 minutos. Cuenta con un sistema automático para el control de temperatura a 10°C (Palmay Paredes, 2022b, pp-75-135).

1.12. Evaluación de Impactos Ambientales (EIA)

Una evaluación de impactos ambientales puede estar definida como un proceso que permite la determinación de los efectos e impactos ambientales generados por determinadas circunstancias o actividades, para ello la EIA se desarrolla a través de un algoritmo administrativo jurídico que permite identificar, ordenar e interpretar los impactos generados o que se podrían generar, permitiendo establecer procesos para prevención o mitigación de los efectos de las actividades causantes de impacto para ser analizados y aprobados por las autoridades ambientales correspondientes (Morales Parrales, 2018, p.9).

1.13. Evaluación de Impactos mediante Matriz de Leopold

La matriz de Leopold pertenece al grupo de matrices de causa- efecto, mismas que permiten de forma cualitativa dar un valor a los impactos ambientales de una determinada actividad. Existen muchas variaciones de esta matriz que pueden ser adaptadas según la situación o actividad a evaluar. El sistema de la matriz está basado en un orden de entrada en el cual se coloca en las columnas de la tabla las acciones antropogénicas con posibilidad de alterar el ambiente, y en el segundo orden en las filas se agregan los factores ambientales en los que se puede generar impacto.

Se puede decir que la matriz de Leopold permite una evaluación en tres pasos: el primero consiste en identificar las actividades generadoras de impacto y los factores que se podrían afectar; en segundo lugar se procede a realizar una evaluación subjetiva que dependerá de la percepción del evaluador para determinar la magnitud del impacto en un rango de 0 (menor o nulo impacto) al 10 (mayor impacto) señalando si se trata de impactos negativos o positivos; el último y tercer paso consiste en una evaluación de igual forma subjetiva de la importancia manteniendo el mismo rango que en el paso anterior. En este caso se debe mencionar que la calificación de magnitud puede considerarse objetivo una vez finalizada la evaluación, mientras que la importancia puede considerarse netamente subjetivo (Loayza Jaramillo, 2021, pp.15-18).

1.14. Evaluación del potencial ambiental

La evaluación del potencial ambiental es un procedimiento mediante el cual que es posible realizar una valoración subjetiva para determinar el grado de desarrollo sostenible, es necesario considerar que para realizar esta evaluación debe existir una recolección previa de información pertinente al caso que se desee evaluar, de manera que la subjetividad del proceso de evaluación y los resultados que se obtengan sean lo más concretos y cercanos a la realidad (Hermida y Manté, 2019: pp.1-27).

Para realizar esta evaluación se determinan objetivos y metas relacionadas con un proyecto en específico, basando estas en algún documento legislativo que se relacione con los parámetros sustanciales de los que se desea determinar el potencial y la importancia, se realiza una calificación subjetiva en una escala de 0 a 1, en donde cero representa el nivel más bajo de importancia y 1 el nivel más alto, una vez asignan todos los valores es necesario promediar los resultados para determinar que valores son los que se acercan más al cero pues estos representarían mayor problemática que los valores más cercanos a uno (Hermida y Manté, 2019: pp.1-27).

En este tipo de evaluaciones también es posible calificar el índice de desarrollo sostenible tomando como referencia escalas previamente establecidas para este fin de evaluar el índice de desarrollos sostenible. La escala está formada por valores que se establecen de la siguiente manera: de 0 a 0.2 se considera estado de colapso, de 0.2 a 0.4 se considera estado crítico, de 0.4 a 0.6 se encuentra un estado inestable, de 0.6 a 0.8 es se considera estable y de 0.8 a 1 es un estado óptimo (Hermida y Manté, 2019: pp.1-27).

Una vez que se obtienen dichos valores es posible hacer un análisis con el cual se puede determinar el nivel de intervención que puede tener un proyecto o no dependiendo el nivel de impactos que puedan tener las actividades que se desarrollen dentro del mismo basándose en la información que se haya recolectado en etapas previas del proceso (Hermida y Manté, 2019: pp.1-27).

1.15. Marco Legal

A nivel general existen numerosas regulaciones que permiten controlar y establecer un orden a en los acontecimientos ambientales existentes y que se puedan generar en Ecuador, dentro de estos se encuentran especificaciones en artículos empezando desde la Constitución del Ecuador, Tratados y convenios internacionales, Leyes Orgánicas, Leyes Ordinarias, Normas regionales y ordenanzas distritales, Decretos y reglamentos, Ordenanzas, Acuerdos y resoluciones y finalmente los actos y decisiones de los poderes públicos. Todos estos documentos pretenden dar una estabilidad ambiental, económica y social de manera sustentable, estableciendo los procedimientos para el manejo de residuos, producciones adecuadas y protección de los recursos naturales.

1.15.1. Constitución de la República del Ecuador

Capítulo Segundo. Derechos del Buen Vivir

Art.14.- *“Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”, Sumak kawsay. Declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.*

Art.15.- *“El estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías*

ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto...”

Capítulo Cuatro. Régimen de competencias.

Art.264.- “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley”

Inciso4. “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”

Sección Séptima, Biosfera

Ecología urbana y energías alternativas

Art.415.- [...] *Los Gobiernos Autónomos Descentralizados desarrollarán programas de uso nacional del agua, y de reducción del reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.*

1.15.2. Código Orgánico del Ambiente

Art.9.-Principios ambientales. Se deben identificar e incorporar en las administraciones públicas.

1. La responsabilidad de quien promueve una actividad que genere o pueda generar impactos sobre el ambiente, abarcar de manera integral responsabilidad compartida y diferenciada.
2. El estado está en obligación de promover el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto.
3. Dentro del desarrollo sostenible se deben articular ámbitos económico, social, cultural y ambiental para satisfacer necesidades actuales sin comprometer las futuras.

Art.27.-Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. Se ejercen las facultades de acuerdo con políticas y normas emitidos por Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional.

1. Elaborar normativas para sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos.

2. Generación de normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos según corresponda.

Art.208.- Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. Los costos de monitoreo serán asumidos por el operados.

Art.245.- Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Instituciones del estado y personas naturales o jurídicas están obligadas según corresponda a:

1. Optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas.
2. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables.
3. Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones.
4. Promover con las entidades competentes el acceso a la educación para el consumo sustentable.
5. Promover el acceso a la información sobre productos y servicios en base a criterios sociales, ambientales y económicos para la producción más limpia.

Art.248.- Fines. Los fines del estado en materia de cambio climático serán:

1. Prevenir y evitar la ocurrencia de los daños ambientales y con ellos reducir los efectos del cambio climático.
2. Regular y controlar las acciones y medidas para la adaptación y mitigación del cambio climático.
3. Impulsar el desarrollo sostenible en los modelos de gestión y planificación a nivel local, regional y nacional.
4. Fomentar el uso y garantizar el acceso a energías renovables.

Art.249.- Prioridades en la gestión del cambio climático. Se considera con prioridad reducir y minimizar las afectaciones causadas a las personas en situación de riesgo, grupos de atención prioritaria y con niveles de pobreza, a la infraestructura, proyectos nacionales y estratégicos, a los sectores productivos, a los ecosistemas y a la biodiversidad.

Art.259.-Criterios de las medidas de mitigación. Para el desarrollo de las medidas de mitigación del cambio climático se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

1. Promover patrones de producción y consumo que disminuya y estabilicen las emisiones de gases de efecto invernadero.
2. Incentivar e impulsar a las empresas del sector público y privado para que reduzcan sus emisiones.

Art.260.-De los gases de efecto invernadero. La Autoridad Ambiental Nacional podrá determinar y establecer esquemas de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero en el ámbito nacional.

1.15.3. Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva

Esta ley aprobada en el 2021 busca implementar dentro de todos los gobiernos autónomos y sistemas del Ecuador principios que estén de acuerdo con el desarrollo sostenible fomentando de esta forma la gestión integral e inclusiva de los residuos y disminución de consumo de recursos no renovables.

Art.4.- Objetivos de la Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva

1. Establecer los mecanismos de transición de una economía lineal a una economía circular inclusiva, definiendo sus etapas, institucionalidad, responsabilidades de los actores de la producción de los consumidores, los sistemas de gestión inclusiva y las políticas públicas y de financiamiento.
2. Determinar, en el marco de sus competencias, las obligaciones y facultades de los diferentes niveles de gobierno y demás organismos del sector público, y establecer los mecanismos de articulación y coordinación entre los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria con la economía circular inclusiva.
3. Definir los principios que orienten a las políticas, financiamiento, programas y proyectos en materia de gestión integral de residuos y desechos sólidos de productos prioritarios sujetos de aprovechamiento, valorización, clasificación y reciclaje.
4. Fomentar la investigación, el desarrollo económico, la generación de empleo y la innovación

en los ámbitos de la economía circular inclusiva, propiciando la participación comprometida y corresponsable del sector público, privado, del sector de la economía popular y solidaria y la ciudadanía.

5. Reconocer la importancia de los recicladores de base en la economía circular inclusiva y priorizar sus actividades como generadoras de desarrollo y empleo, en condiciones de dignidad, equidad e inclusión.
6. Fomentar el aprovechamiento y valorización de residuos de productos priorizados mediante reciclaje.

1.15.4. Acuerdo de París sobre cambio climático

El Ecuador forma parte del grupo de países que firmaron el acuerdo de París, el cual busca el desarrollo de energías limpias en el país con la finalidad de que se reduzcan las emisiones gaseosas de efecto invernadero a nivel mundial, este acuerdo cuenta con algunos objetivos principales que busca cumplir mientras este acuerdo esté en vigencia:

- a) Evitar el incremento de la temperatura media global del planeta supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales y busca, además promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5°C.
- b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
- c) Asegurar la coherencia de todos los flujos financieros con un modelo de desarrollo resiliente al clima y bajo en emisiones.

1.15.5. Acuerdo Ministerial 061. Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

Art.28.-De la evaluación de impactos ambientales. [...] Para la evaluación de impactos ambientales se observa las variables ambientales relevantes de los medios o matrices, entre estos:

- a) Físico (agua, aire, suelo y clima);
- b) Biótica (flora, fauna y sus hábitat);
- c) Socio- cultural (arqueología, organización socioeconómica, entre otros);

Se garantiza el acceso de la información ambiental a la sociedad civil y funcionarios públicos de

los proyectos, obras o actividades que se encuentren en procesos o cuentan con licenciamiento ambiental.

Art.47.-Prioridad Nacional. El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional y como tal, de interés público y sometido a la tutela Estatal, la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales. El interés público y la tutela estatal sobre la materia implica la asignación de la rectoría y la tutela a favor de la Autoridad Ambiental Nacional, para la emisión de las políticas sobre la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. También implica, la responsabilidad extendida y compartida por toda la sociedad, con la finalidad de contribuir al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales, en todos los ámbitos de gestión. Complementan el régimen integral, el conjunto de políticas públicas, institucionalidad y normativa específica, aplicables a nivel nacional.

Art.49.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. – Se establecen como políticas generales para la gestión integral de estos residuos y/o desechos y son de obligatorio cumplimiento tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles de gobierno, como para las personas naturales o jurídicas públicas o privadas, comunitarias o mixtas, nacionales o extranjeras, las siguientes:

- a) Manejo integral de residuos y/o desechos;
- b) Responsabilidad extendida del productos y/o importador;
- c) Minimización de generación de residuos y/o desechos;
- d) Minimización de riesgos sanitarios y ambientales;
- e) Fortalecimiento de la educación ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia, en relación con el manejo de los residuos y/o desechos;
- f) Fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y/o desechos considerándolos un bien económico, mediante el establecimiento de herramientas de aplicación como el principio de jerarquización:
 1. Prevención
 2. Minimización de la generación en la fuente
 3. Clasificación
 4. Aprovechamiento y/o valorización, incluye el reúso y reciclaje
 5. Tratamiento y

6. Disposición final.

- g) Fomento a la investigación y uso de tecnologías que minimicen los impactos al ambiente y la salud;
- h) Aplicación del principio de prevención, precautorio, responsabilidad compartida, internalización de costos, derecho a la información, participación ciudadana e inclusión económica y social, con reconocimientos a través de incentivos, en los casos que aplique;
- i) Fomento al establecimiento de estándares mínimos para el manejo de residuos y/o desechos en las etapas de generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final;
- j) Sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos y/o desechos entre todos los sectores;
- k) Aquellas que determine la Autoridad Ambiental Nacional a través de la norma técnica correspondiente.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. *Tipo de Investigación*

La presente investigación se considera de tipo cuantitativa ya que evaluó la factibilidad del procesamiento de plásticos reciclados provenientes de residuos sólidos urbanos, determinando la viabilidad del uso de productos obtenidos de este proceso para su inserción y uso dentro de distintas industrias respectivas en del país basándose en los conceptos establecidos de economía circular. Se identificaron variables que permitieron el cálculo y la evaluación que se propuso dentro del trabajo por lo que se determinó que la investigación es de tipo no experimental con un diseño transversal exploratorio, considerando que el tipo de inferencia es inductiva porque se asume que los datos obtenidos a partir de la pirólisis de plásticos van a dar respuestas positivas en cuanto a la evaluación basada en economía circular.

2.1.2. *Diseño de la Investigación*

Se trabajó mediante un diseño experimental de investigación, debido a que las variables en estudio son mudables y no tiene grupo de control, pero se realizaron evaluaciones y cálculos que permitieron determinar la factibilidad del proceso de pirólisis de residuos plásticos urbanos dentro de un sistema circular que podría ser insertado dentro de la localidad.

2.2. Población de Estudio

Gobiernos Autónomos Descentralizados de distintas ciudades del Ecuador como: Esmeraldas, Ibarra, Tulcán, Lago Agrio, Tena, Pto. Francisco de Orellana, Latacunga, Ambato, Riobamba, Puyo, Manta, Santo Domingo, Santa Elena, Guaranda, Babahoyo, San Cristóbal, Azogues, Cuenca, Morona, Machala, Loja, Zamora, Durán, Distrito Metropolitano de Quito todas las ciudades de la provincia del Guayas excluyendo a Guayaquil, Samborondón y Durán.

2.3. Localización del Estudio

En lo referente a la parte experimental y de análisis, el presente estudio se realizó en la ciudad

de Riobamba, ubicada en región interandina de la Sierra Ecuatoriana, localizada a 2754 m.s.n.m., específicamente en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la panamericana Sur km 1 ½.

2.4. Técnicas de Recolección de Datos

2.4.1. Recopilación de información

Se empezó por la recolección de datos bibliográficos en la población de la ciudad Riobamba a partir de información documentada y del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la ciudad teniendo como punto de partida cantidades de generación de residuos sólidos urbanos per cápita; posteriormente se determinaron los porcentajes de los tipos de plásticos generados y finalmente se calculó su valor en kilogramos.

Para los datos de pirólisis se recopiló información de la tesis doctoral de (Palmay Paredes, 2022b, pp.75-135), el tipo y cantidad de residuos o productos generados a partir de dicho proceso y las variedades de plásticos que se usaron para el proceso; estableciendo un promedio de los porcentajes obtenidos en las repeticiones de la experimentación, de igual forma se tomaron las temperaturas en las que el rendimiento del proceso es más eficiente y la cantidad de carbonos que forman las cadenas de los productos.

Se seleccionó la fracción de producto de mayor interés en el proceso de pirólisis y se recolectaron los valores caloríficos para esa fracción por cada tipo de plástico interviniente en el proceso. Para establecer características más específicas de los productos obtenidos dentro del procesos se tomó la información de experimentos desarrollados dentro de la investigación como referencia.

2.4.2. Cálculos sobre el consumo de recursos

Se detallaron las adecuaciones de la materia prima previo al proceso de pirólisis, y se realizaron cálculos resumidos respecto a los consumos de energía eléctrica, agua y recursos económicos para cada uno de los equipos implicados para que el tratamiento se lleve a cabo de manera adecuada de principio a fin.

Para el cálculo de energía eléctrica consumida:

$$W = V * A * \Delta t$$

Donde:

W= potencia eléctrica

V= voltaje

A= intensidad de corriente eléctrica

Δt = tiempo (s)

Para el cálculo de consumo de agua:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V= volumen de un cilindro

r=radio del cilindro

h= altura

Para el consumo de recursos económicos:

$$USD_{\text{totales de energía eléctrica}} = W * \text{Costo kWh}$$

Donde:

W= consumo de energía eléctrica

Costo kWh= costo de kilovatio hora

$$USD_{\text{totales de agua potable}} = V * \text{Costo m}^3$$

Donde:

V= volumen total de agua del cilindro

Costo m³= costo del metro cúbico de agua

2.4.3. Comparación de información

Se determinó si las emisiones se encontraban dentro de los límites permisibles establecidos dentro del Anexo 3 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), comparando dos parámetros que se contienen en las evaluaciones de las emisiones: Dióxidos de nitrógeno (NO_x) y Monóxido de carbono (CO) para fuentes fijas. Además, con el objeto de globalizar y tener datos que permitieran comparar y evaluar los resultados de la investigación se sumaron la toma de datos de otras investigaciones con procesos similares tanto a nivel nacional como a nivel mundial, de entre los cuales destacaron:

- Productos o residuos generados por la técnica de pirólisis en general, que luego fueron relacionados en el contexto de estudio.
- Posibles usos en industrias en las que se pudieran recircular o utilizar los residuos generados

que permitieron determinar las aplicaciones de interés que se le podrían dar en el Ecuador, para el caso de industrias en las que existía evidencia de que dichos productos se estuvieron usando en fases no experimentales se las enlistó.

2.4.4. *Determinación y calificación de impactos*

Se buscaron las actividades y posibles sus desventajas que se realizan desde el inicio del proceso de pirólisis hasta el final, y a partir de ellos se determinó la factibilidad de la obtención y uso de sus productos, para poder describir los impactos que se generan.

Una vez que se tuvieron identificados los impactos, se creó una matriz adaptada de Leopold, misma que permitió la calificación de los impactos basándose en la influencia que estos pueden tener en tres aspectos: económico, social y ambiental. Se realizó la calificación subjetivamente en una escala de 0 a 10 y al final se sumaron los valores de todos los impactos por aspectos y se determinaron cuáles serían el mayor valor y el menor en cada uno de los aspectos para reconocer cuál es el más afectado (Loayza Jaramillo, 2021, pp.15-18).

Tabla 1-2: Esquema de matriz de Leopold para valoración de importancia de impactos

ASPECTOS		AMBIENTAL	ECONÓMICO	
ACTIVIDADES	IMPACTOS			
TOTAL				

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

2.4.5. *Comparación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial respecto al manejo de residuos sólidos*

Riobamba es el cantón capital de la provincia de Chimborazo, para este caso se buscó hacer una comparación con los demás cantones capitales del Ecuador que tengan disponibles sus Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, con los cuales se identificaron los sistemas de manejo de residuos sólidos y determinar las cantidades de plásticos generados en cada una de las ciudades (solo en las que se encontrara estos datos) obteniendo una visión a nivel nacional estableciendo si el proceso de pirólisis podría ser una buena opción tanto en la ciudad de Riobamba y en el resto

del país. En esta etapa se comparó los objetivos del desarrollo sostenible a los que está sujeto el Ecuador y comprender si estos se están aplicando en las distintas ciudades principales buscando dentro del marco de indicadores mundiales para los objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 que pueden estar relacionadas con las actividades y tipos de impactos que se dan dentro del proceso de pirólisis.

Tabla 2-2: Esquema para la descripción y comparación de los PDyOT

ZONAS	CANTONES	PDyOT
ZONA X	Cantón 1	
	Cantón 2	
	Cantón 3	

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

2.4.6. *Recolección de los Objetivos del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 del Gobierno del Encuentro relacionados con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y de relevancia para la investigación*

Es necesario tener como referencia a los Objetivos del Desarrollo Sostenible a los que el Ecuador está ligado y obligado a cumplir. Bajo este precepto el gobierno vigente llamado el Gobierno del Encuentro ha elaborado el Plan de Creación de Oportunidades.

De este Plan se seleccionaron los objetivos regidos por los distintos ejes planteados dentro del mismo que establecen directamente una relación con la presente investigación. Una vez seleccionados los objetivos se procedió a elegir las políticas y metas que resultaron más relevantes según un criterio subjetivo para que posteriormente puedan ser clasificados por ejes y calificados según corresponda.

Los lineamientos territoriales que se proponen en cada uno de los objetivos no se tomaron en consideración debido a que al estar preestablecidos bajo las directrices que se mencionan al inicio del Plan de Creación de Oportunidades pueden resultar repetitivos dependiendo las políticas con las que se los ha vinculado en el documento.

Tabla 3-2: Resumen de objetivos, políticas, lineamientos y metas del Plan de Creación de Oportunidades

Ejes	Objetivos	Políticas	Lineamientos	Metas
ECONÓMICO				
SOCIAL				
TRANSICIÓN				

ECOLÓGICA				
------------------	--	--	--	--

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

2.4.7. Determinación del potencial ambiental

Anteriormente se realizó la determinación de la importancia de los impactos ambientales a través de la Matriz de Leopold. En base a los valores resultantes y al resto de información recolectada fue posible determinar el potencial medioambiental mediante valoraciones subjetivas.

Con las metas que se plantean dentro del Plan de Creación de Oportunidades bajo la consideración de tres parámetros, el ambiental, económico y social; de acuerdo a esto se asignó letras a las metas de cada eje seguidas por números consecutivos para que sean identificadas, entonces para el eje ambiental se asignó la letra A, para el eje económico la letra E y para el eje social la letra S, seguido se realizó una calificación subjetiva para determinar la importancia de cada una de las metas de 0 a 1, considerando que 0 es el nivel con mayor problemática y 1 es el menos problemático, se realizó un promedio al finalizar tomando en cuenta los valores asignados a cada una de las metas según su eje relacionado, considerando que las puntuaciones más cercanas a cero son los más problemáticos y los que probablemente necesiten mayor atención para ser solucionados, mientras que los valores más cercanos a uno son los que tienen mayor oportunidad de ser intervenidos o solucionados con más facilidad.

Tabla 4-2: Esquema para la evaluación de las Metas del Plan de Creación de Oportunidades

Metas del Plan de Creación de Oportunidades					
Ambiental (A)		Económica (E)		Social (S)	
An		En		Sn	
Promedio (A)		Promedio (E)		Promedio (S)	

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Para determinar el promedio final de cada uno de los ejes evaluados se realiza una suma de cada uno de los valores asignados para las metas de acuerdo con su eje y al final se dividen para el número total de metas evaluadas. De la siguiente manera:

$$Promedio (A) = \frac{A_1 + \dots + A_n}{1 + \dots + n}$$

$$Promedio (E) = \frac{E_1 + \dots + E_n}{1 + \dots + n}$$

$$Promedio (S) = \frac{S_1 + \dots + S_n}{1 + \dots + n}$$

En esta sección también se realizó un diagrama de radar o de tela de araña, mismo que permitió tener una representación gráfica de los valores obtenidos luego de realizar el promedio. El diagrama se realizó mediante la ayuda del programa de software Excel mismo que al ingresar los datos desarrolla el gráfico de forma automática (Edraw, 2021).

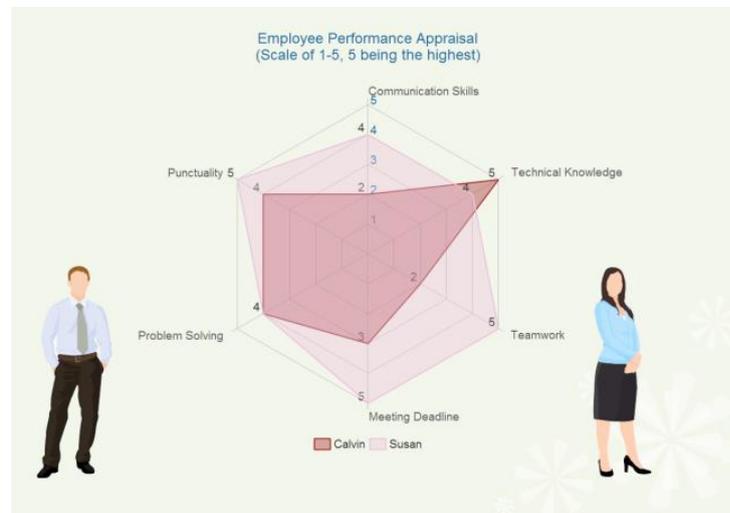


Gráfico 1-2: Modelo de un diagrama de tela de araña
Fuente: (Edraw 2021)

También se realizó un análisis basado en el Gráfico 1-2 que permitió la valoración del Índice del Desarrollo Sostenible (IDS), esta tiene valores a escala que permiten establecer los niveles de solución que se le podría dar a los impactos que se generen en cada eje. A partir de los resultados se puede describir el índice de sostenibilidad de un modo subjetivos que permitirá describir posteriormente el índice de factibilidad (Hermida y Manté, 2019: pp.1-27).

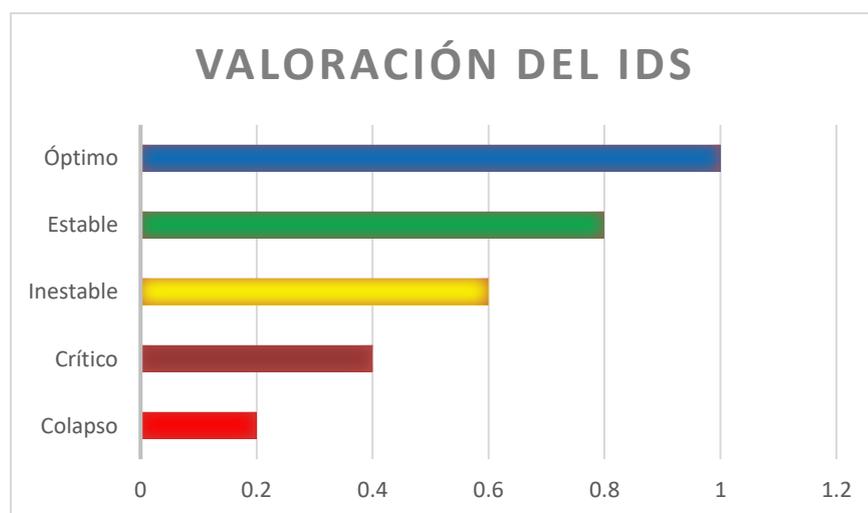


Gráfico 2-2: Esquema para valoración del Índice de Desarrollo Sostenible
Realizado por: Sánchez Marly, 2023

2.4.8. Determinación de grado de desarrollo sostenible

Sumamos los promedios obtenidos de los ejes a los que se asociaron las metas en el punto anterior, el eje ambiental, el económico y el social y los dividimos para tres y obtenemos un valor, este valor se volvió a comparar con la tabla escalada de valoración del índice del desarrollo sostenible (IDS) final del proyecto total y de acuerdo con el valor que se obtuvo se determinó si el proyecto es sostenible o no (Ojeda Suárez et al., 2016: pp.6-13).

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$IDS = \frac{(A) + (E) + (S)}{3}$$

Donde: IDS= Índice de Desarrollo Sostenible

A= Promedio del Eje Ambiental

E= Promedio del Eje Económico

S= Promedio del Eje Social

2.4.9. Índice de factibilidad

El índice de factibilidad se determinó mediante un procedimiento con calificaciones y valoraciones subjetivas. Todos los datos de información recolectados como parte de los resultados permitieron hacer una descripción final para comprender la situación de la factibilidad en el proyecto (Colectivo de Autores y PADIT, 2019: pp.3-8).

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la recopilación de datos se han usado distintas fuentes bibliográficas, desde artículos científicos, libros, tesis doctorales y masterados, documentos municipales de exposición pública, páginas oficiales de gobierno, entre otros, posteriormente en la evaluación de la información se realiza las discusiones correspondientes.

3.1. Cantidad de residuos generados en la ciudad de Riobamba

De acuerdo a los datos recolectados en la última actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial realizada en el 2020 la población aproximada de la ciudad de Riobamba es de 264048 habitantes, misma que tienen una capacidad de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) de 0.60 kg/hab/día; de la cantidad de RSU generados en toda la ciudad 10,82% del total de corresponden a residuos plásticos. A partir de los datos anteriores fue posible determinar que en la ciudad se generan 158428.8 kg/RSU/día de los cuales 17141.99 kg/día son plásticos, de dichos plásticos los que se pueden utilizar para el proceso de pirólisis son los residuos de Polietileno, Polipropileno y Tereftalato de polietileno que de acuerdo con los valores que se presentan en la Tabla 1-3 equivaldrían sumados a un peso total de 10113.8kg en total.

Tabla 1-3: Detalle de plástico generado en la ciudad de Riobamba

Tipo de plástico	Valor en %	Valor en peso (kg)
PET (Tereftalato de polietileno)	25%	4285.5
HDPE (Polietileno de alta densidad)	18%	3085.6
LDPE (Polietileno de baja densidad)	14%	2399.9
PP (Polipropileno)	18%	3085.6
PS (Poliestireno)	16%	2742.7
Otros	9%	1548.8

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp.2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

3.2. Cantidad de productos que se generan a partir de la pirólisis de plásticos

Según los datos recolectados en el estudio de (Palmay et al., 2022a: pp.2-14), para la pirólisis de tres tipos de plásticos de los cuales se obtuvieron tres tipos de productos aprovechables que fueron:

sólido, líquido y gaseoso, se trabajó con 0.5kg de peso para iniciar el proceso dentro del reactor. Se describió a continuación los porcentajes de rendimiento de promedios generales de los productos obtenidos de la pirólisis.

Tabla 2-3: Rendimientos de fracciones, pirólisis

Pirólisis	Sólido	Líquido	Gaseoso
PP	5 %	33 %	62 %
PS	1 %	82 %	17 %
PE	2 %	69 %	29 %

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp.2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Así mismo se detallaron los porcentajes de productos obtenidos considerando los porcentajes de las temperaturas con las cuales se evidenció mayor rendimiento, en la Tabla 3-2 se detallaron los porcentajes de tres pruebas realizadas y a parte se calculó un promedio de entre dichas pruebas.

Tabla 3-3: Porcentajes de productos obtenidos

Temperatura		400 °C		425 °C	
Plástico	Fracción	(%)	Prom (%)	(%)	Prom (%)
PP	Sólido	6.229	5.961	3.937	3.813
		5.908		3.752	
		5.746		3.750	
	Líquido	31.804	35.105	31.506	31.478
		32.236		31.391	
		32.275		31.573	
	Gas	61.960	61.945	64.494	64.693
		61.948		64.902	
		61.927		64.683	
PS	Sólido	0.965	1.164	2.759	2.283
		1.170		2.194	
		1.357		1.895	
	Líquido	81.287	81.414	79.090	79.084
		81.300		79.022	
		81.655		79.139	
	Gas	17.748	17.422	18.152	18.635
		17.530		18.785	
		16.988		18.967	
PE	Sólido	3.290	3.050	2.220	2.313

		3.070		2.000		
		2.800		2.720		
	Líquido		67.650	67.853	56.450	56.153
			67.880		55.200	
			68.030		56.810	
	Gas		29.060	29.093	41.330	41.533
			29.050		42.800	
			29.170		40.470	

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp.2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Se contó también con información de la composición de los productos obtenidos de acuerdo con las temperaturas empleadas más relevantes, se registraron productos con cadenas de carbono que variaron en rangos desde los 6 carbonos hasta los 40 carbonos; considerando que la fracción de gasolina/ nafta se encontró de C6 a C12, la fracción de diésel/ queroseno de C12 a C20, y la fracción semi-pesada de aceites oscilaron entre C20 a C40.

Tabla 4-3: Contenidos de carbono en productos de acuerdo con la temperatura

Temperatura		400 °C	425 °C
Plástico	Composición		
PP	C6- C12	24.5	22
	>C12- C20	41.5	41
	>C20- C28	22	20.5
	>C28- C40	6	5.25
PS	C6- C12	34	30
	>C12- C20	41	28
	>C20- C28	16	14
	>C28- C40	6.5	5.5
PE	C6- C12	10.5	16
	>C12- C20	12	11
	>C20- C28	58	57
	>C28- C40	14	18

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp.2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

3.3. Descripción del proceso de adecuación de los plásticos para iniciar el proceso

Los plásticos se obtuvieron de las recicladoras existentes en la ciudad de Riobamba, una vez que se tuvieron los tipos de plásticos de interés fueron triturados y posteriormente lavados mediante dos procesos que pueden ser diferentes con exceso de agua o con una solución al 10% de sosa caustica (NaOH). Con esto quedó listo para ser cargado en el reactor y comenzar con el proceso

de pirólisis.

3.3.1. Recursos consumidos por maquinarias y equipos durante el proceso de pirólisis

3.3.1.1. Consumo de energía eléctrica

- **Reactor tipo Batch**

$$W = 220V * 3.9A * (220min * \frac{1h}{60min})$$

$$W=3146 Wh$$

$$W=3.146 kWh$$

- **Equipo de refrigeración**

$$W = 125V * 15A * (520min * \frac{1h}{60min})$$

$$W = 16250 Wh$$

$$W = 16.25 kW$$

- **Condensador**

$$W = 110V * 15A * (220min * \frac{1h}{60min})$$

$$W = 6050 Wh$$

$$W = 6.050 kWh$$

Tabla 5-3: Total de energía eléctrica consumida

Equipos	Consumo de energía eléctrica (kWh)
Reactor tipo Batch	3.146
Equipo de refrigeración	16.25
Condensador	6.050
Total	25.446

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

3.3.1.2. Consumo de agua para el condensador

Se determinó la cantidad de agua consumida durante el proceso mediante el cálculo del volumen del contenedor del equipo de refrigeración que inyecta al condensador.

$$V = \pi * (0.30m)^2 * (60m)$$

$$V = 0.1696m^3 \approx 0.17m^3$$

Tabla 6-3: Consumo total de agua

Equipos	Consumo agua (m ³)
Condensador	0.17

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

3.3.1.3. Consumo de recursos económicos

Para lo anterior, se requirió determinar el costo de la energía eléctrica y volumen de agua consumidos por los equipos durante el proceso de pirólisis. De acuerdo con el informe de costos presentado por la Agencia de Regulación y Control de energía y Recursos Naturales No Renovables la tarifa en dólares para la ciudad de Riobamba por kWh consumido es de \$0.15 y según los datos expuestos en el sitio web de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba el valor a pagar por consumo en todos los rangos es de 0.49 para Categoría Industrial, entonces:

- **Reactor tipo Batch**

$$USD_{totales} = 3.146kWh * \frac{0.15USD}{kWh}$$

$$USD_{totales} = 0.47 USD$$

- **Equipo de refrigeración**

$$USD_{totales \text{ de energía eléctrica}} = 16.25kWh * \frac{0.15USD}{kWh}$$

$$USD_{totales \text{ de energía eléctrica}} = 2.44 USD$$

$$USD_{totales \text{ de agua potable}} = 0.17m^3 * 0.49USD$$

$$USD_{totales \text{ de agua potable}} = 0.08 USD$$

- **Condensador**

$$USD_{\text{totales de energía eléctrica}} = 6.050kWh * \frac{0.15USD}{kWh}$$

$$USD_{\text{totales de energía eléctrica}} = 0.91 USD$$

Tabla 7-3: Costo de proceso de pirólisis por recursos consumidos

Equipo	Costo (\$)
Reactor	0.47
Equipo de refrigeración kWh	2.44
Equipo de refrigeración agua	0.08
Condensador	0.91
Total	3.90

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Se estableció un valor de gasto de \$3.90 para el proceso de pirólisis que trató 0.5kg con rangos de tiempo aproximados de 8 horas con 40 minutos que es lo que se demora el proceso por completo. Es decir, que si en la ciudad de Riobamba se quisiera considerar el tratamiento del total de los plásticos que están aptos para intervenir en el proceso de pirólisis que son 10113.8kg sumados los residuos de PET, PP y PS se tendrían que hacer alrededor de 20228 repeticiones en el reactor con el que se trabajó en la investigación a la que se hace referencia. Entonces, tenemos un gasto de recursos de energía de 514721.69kWh, de agua de 3438.76 m³ o 3438760 litros y económicos de \$78889.20; el valor económico que se menciona demuestra el gasto solamente respecto al consumo de recursos.

3.4. Poder calórico de la fracción gaseosa de la fracción líquida de los productos obtenidos

Tabla 8-3: Valores de la fracción gaseosa del producto líquido

Fracción	Poder Calórico (kJkg ⁻¹)
PP	47103
PS	42663
PE	46490

Fuente: (Palmy et al., 2022a: pp.2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

El poder calórico de estas sustancias permitió conocer la cantidad de calor que puede generarse al ser usado como combustible.

3.5. Resultados de las emisiones gaseosas de bio oil como aditivo en quemadores industriales

En los datos en los que se basó la presente investigación se realizan experimentaciones usando los combustibles obtenidos como aditivos de diésel en quemadores industriales, en el experimento se trabajaron con condiciones fijas con un quemador adaptado. En el procedimiento se realizaron mezclas con el diésel en distintos porcentajes, en cada una aproximadamente se adicionaron porcentajes distintos de bio-oil a las cuales se denominaron con MX 1, MX 2, MX 3, para cada una de estas muestras los porcentajes que se adicionaron fueron : para MX 1 un 2% de bio-oil de la mezcla total, la MX 2 es una mezcla con el 5% de contenido de bio- oil y MX 3 que contiene un 10% de bio- oil de la mezcla total; a partir de los cuales se presentaron los resultados obtenidos, a continuación.

Tabla 9-3: Valores de emisiones gaseosas del bio oil en quemadores industriales

Parámetro	Unidad	Concentraciones			
		DIÉSEL	MX 1	MX 2	MX 3
O ₂	%	7.42	1.66	2.47	8.69
CO	ppm	460	450	450	420
NO	ppm	25	42	44	49
NO _x	ppm	25.3	42.1	44.3	49.5
Tamb.	°C	29.5	26	29.4	29.7
CO ₂	%	9.93	14.36	13.76	14.9
EFF	%	64.3	70.8	71.2	69.5
Tstack	°C	566	579	582	572
NO ₂	ppm	0.3	0.2	0.3	0.5
Pump	l/min	0.02	0.05	0.43	0.05

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp.2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Tabla 10-3: Comparación con normativa de emisiones a nivel nacional

Parámetro	Unidad	Límite para diésel	Concentraciones			
			Diésel	MX 1	MX 2	MX 3
NO _x	mg/Nm ³	400	33.89	56.40	59.35	66.32
CO	mg/Nm ³	120	575.21	562.70	562.70	525.19

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp. 2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Al analizar la Tabla 13-3 es posible evidenciar que los valores de las concentraciones de las mezclas en algunos parámetros fueron comparables con las del diésel, sin embargo, en algunos casos y con ciertas muestras los valores sobrepasaron los del diésel, por ejemplo, con la emisión

de NO, NO_x, CO₂. En los casos restantes las emisiones se encontraron bastante cercanos a las del diésel por lo que se podría decir que en dichas condiciones el uso de las mezclas como sustitutos del diésel son opciones viables considerando que el diésel que se consume dentro del país cumple con las normativas de emisiones atmosféricas, en ese caso se puede añadir también que las mezclas estudiadas pueden servir como sustitutos o como aditivos dentro de los mismos procesos en los que interviene el diésel común.

En la Tabla 14-3 se realizó una comparación de los valores de emisiones del diésel y de las mezclas que se presentaron en la Tabla 9-3 con los límites permisibles para el diésel establecidos en el Anexo 3 del Libro VI del TULSMA en la TABLA 1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIONES DE EMISIÓN AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN, INCLUIDAS FUENTES DE COMBUSTIÓN ABIERTA. Se realizó la comparación con los límites para diésel ya que es este combustible al que se desea reemplazar parcial o totalmente. Los parámetros comparados fueron dos los Óxidos de nitrógeno (NO_x) y el Monóxido de carbono (CO); para el parámetro de los NO_x los valores fueron bastante bajos, pues para MX 1 el valor de la emisión fue de 56.40 mg/Nm³, para MX 2 de 59.35 mg/Nm³ y para MX 3 de 66.32 mg/Nm³, en comparación al valor límite permisible establecido que es de 400 mg/Nm³ por lo que se puede determinar que no representa un riesgo y no podrían ser potenciales generadores de impactos ambientales; sin embargo, para el monóxido de carbono las concentraciones analizadas sobrepasan en grandes porcentajes a los valores de los límites permisibles lo que en realidad puede representar un problema de contaminación atmosférica y ambiental.

Es necesario mencionar que en normativas españolas según (Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022) el monóxido de carbono tiene la capacidad de ingresar al organismo tanto de seres humanos como de animales silvestres mediante el sistema respiratorio afectando directamente al sistema circulatorio lo que provoca una disminución de las cantidades de oxígeno circulantes en el torrente sanguíneo ocasionando un déficit general en órganos y tejidos, a la vez una intoxicación por inhalación de CO es capaz de impactar al corazón haciendo que falle, de igual manera tiene consecuencias en el sistema nervioso con síntomas que van desde malestares simples en la cabeza hasta náuseas y vómito; además, los impactos sobre el medio ambiente se relacionan directamente con la formación de gases de efecto invernadero, esto debido a que estadísticamente se ha demostrado que el tiempo de residencia en la atmósfera terrestre puede durar hasta tres meses generando una oxidación del monóxido convirtiéndolo en dióxido de carbono (CO₂) y ozono (O₃). Es necesario mencionar que de acuerdo a lo expuesto por (UNICEF Ecuador, 2020, pp-25-28), la normativa ecuatoriana para emisiones atmosféricas comparada con los

límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establecen valores de 120 mg/Nm³ y 10 mg/Nm³ de CO respectivamente lo que evidencia una diferencia bastante marcada considerando las afecciones en la salud y el ambiente que se pueden generar.

3.6. Tipos de residuos plásticos encontrados en el estudio “Revalorización energética de residuos plásticos urbanos mediante pirólisis: estudio termodinámico, experimentación, aplicación y usos.”

Existen también datos que proporcionaron información propios del estudio de caso en mención en el cual se tomó una muestra de plásticos provenientes de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Riobamba con un peso total de 45kg de la cual se obtuvieron los siguientes valores y se detallaron a continuación.

Tabla 11-3: Tipos de residuos plásticos encontrados

Tipo de plástico	Valor en %	Valor en peso (kg)
PET (Tereftalato de polietileno)	27%	12.15
HDPE (Polietileno de alta densidad)	23%	10.35
LDPE (Polietileno de baja densidad)	15%	6.75
PP (Polipropileno)	19%	8.55
PS (Poliestireno)	8%	3.60
Otros	8%	3.60

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp. 2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Los valores que se muestran en la Tabla 15-3: son los que se obtuvieron tras realizar la caracterización de los residuos encontrados, siendo la gran mayoría de estos envases plásticos para variados usos, material de radiografía, baldes, envases de comida, losa y cubiertos descartables, estuches pequeños de productos de aseo, entre otros. Tomando en cuenta que el mayor porcentaje de residuos plásticos encontrados pertenece a la clasificación de PET con un 27%, seguido por los HDPE con un valor de 23%, luego están los plásticos de PP con un valor de 19%, seguido por un 15% de LDPE, finalmente tenemos al contenido de plásticos de PS y plásticos sin etiqueta perteneciente a la clasificación de “Otros” con un valor del 8% para ambos casos.

3.7. Pirólisis de plásticos de acuerdo con la alimentación de recursos

Tabla 12-3: Rendimiento de pirólisis y destilación de productos de la pirólisis

Plástico	Composición	Rendimiento Pirólisis	Kg Producido/día	Rendimiento Destilación	Kg Destilado/día
PP	100 %	32	663	82	544
PS	100 %	81.4	1491	80	1193
PE	100 %	67	1444	67	968

Fuente: (Palmay et al., 2022a: pp. 2-14)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

Los datos mostraron que, de acuerdo con la composición de los plásticos recolectados, el que mayor rendimiento presentó es el de PS demostrando un porcentaje superior que corresponde al 81.4%, seguido de PE con un 67% y finalmente el PP con un 32%. A partir de lo antes mencionado se consideró que, para los demás parámetros medidos como los kilogramos producidos diariamente, el rendimiento de destilación y de los kilogramos destilados por día, los valores fueron proporcionales de acuerdo con los porcentajes iniciales del rendimiento por tipo de plástico.

3.8. Aplicaciones de los residuos de pirólisis a nivel mundial

Es importante considerar que la identificación de los residuos obtenidos de la pirólisis de plásticos estarán en relación directa con del tipo de plástico empleado para intervenir en el proceso; sin embargo, independientemente de la clasificación de los plásticos es posible generalizar la generación de fracciones líquida, sólida y gaseosa, mismas que podrían ser usadas en distintos procesos industriales.

A continuación, se ejemplifican algunos usos de los residuos o productos de la pirólisis que podrían ser aplicables:

- En los casos donde la fracción líquida de la pirólisis del **polipropileno (PP)** tiene características parecidas al diésel, se considera su uso en motores de automóviles, dependiendo de la cantidad de **cetano** presente, debido a que mientras mayor sea el número de cetano, menor es el retardo de encendido y mejor la calidad de encendido.

- Los productos con características de diésel que se obtienen no son netamente puros por lo que se limita su uso como combustible directamente, por lo tanto, si se pretende hacer adiciones con el diésel o el búnker, estos deben ser preparados previamente para las pruebas de motor.
- Recuperación de monómeros como estireno, tolueno y etilbenceno que pueden servir en industrias químicas para la polimerización de poliestireno (PS).
- Si se encuentran petroquímicos con altos contenidos de parafinas, naftenos y olefinas, libres de bencenos pueden ser usados como materia prima en la fabricación de plásticos vírgenes o combustibles refinados.

(Palmay Paredes, 2022b, pp.75-135)

3.9. Usos principales del Bio Oil:

- El bio oil puede servir como reemplazo del disolvente para fuel oil conocido como *Cutter stock*, dependiendo la proporción mezclada se pueden adaptar las condiciones para que este sustituto pueda ser adicionado en fracciones adecuadas según el uso que se vaya a dar que bien podría ser en quemadores industriales o atomizadores para quemadores industriales, en cuyas aplicaciones la principal propiedad que se considera es la viscosidad.
- El bio oil mezclado con diésel para el uso en motores en donde se ha demostrado que dada la posibilidad de una elevación del poder calorífico de la mezcla entre bio oil y diésel la potencia del motor es más elevada comparada con el resultado de cuando se usa solo diésel.
- El bio oil puede servir de reemplazo en un 10% al diésel usado en hornos de cocción y en los secadores en empresas cerámicas.

(Palmay Paredes, 2022b, pp.75-135)

- Usos como combustible para la generación de calor en sistemas con calderas, quemadores y hornos; o, en motores a diésel y turbinas para la generación de potencia.
- Existe la posibilidad de que pueda ser usado como combustible de transporte luego de haber sido refinado.
- Puede intervenir en la producción de químicos y resinas de productos agrícolas, fertilizantes, ácidos y agentes de control de emisiones.
- También, se puede usar en los asfaltos como sustancias cohesivas o adhesivos específicamente.
- A nivel de laboratorio está demostrado que los aceites pirolíticos son estables como para ser procesados en una alimentación de FCC o craqueo catalítico de lecho fluidizado.

(Suffo Aguilar, 2015, pp.12-24)

3.10. Principales usos de las Ceras:

- Las ceras se usan como materia prima para la fabricación de productos de goma, en la industria de cuero, en la industria alimentaria, para la recuperación de gas de cola y para la producción de electrodos.
- Las micro- ceras tienen posibles usos como materiales combustibles que podrían ser empleadas en cámaras de combustión en condiciones adecuadamente adaptadas en el sector energético.

(Lasek et al., 2018: pp.1246-1258)

- Estudios demuestran que, dependiendo las características de las ceras, estas pueden ser adaptadas y ser utilizadas como grasas lubricantes (Suarez Rojas et al., 2021: pp.11-16).

3.11. Principales usos de los Gases:

Dependiendo de la composición de los gases puede existir motores que mediante adaptaciones puede funcionar con los gases combustibles provenientes de la pirólisis, es así que se podría plantear al uso de los gases como una opción para instalaciones que funcionen con energía sostenible satisfaciendo necesidades térmicas dependiendo el tipo de instalaciones (Sánchez Morán et al., 2018: pp.67-74).

Los usos y aplicaciones que tienen los productos de la pirólisis son variados dependiendo la composición de los mismos, tal como se indica al principio, se toma estas referencias de forma general porque cada uno de los productos independiente de su estado la mayoría deben atravesar un proceso de purificación que le permita ser útil en cualquier tipo de industria.

3.12. Usos de productos en el país

Debido a la cantidad de plásticos existentes en el medio, estos podrían significar una fuente renovable de materia prima para el proceso de pirólisis, por lo tanto, los productos provenientes de este se considerarían como energía renovable.

Por su parte el bio-oil puede ser usado en:

- Industrias alimentarias en donde se requiere fuentes de combustible en calderas que sirven para la esterilización de utensilios.
- Fuente de combustible en hornos de cementeras y cerámicas.

- Si se prepara y se refina de una forma correcta puede servir como reemplazo del diésel como combustible.

(Lam Sanmartin, 2020, p.11-14)

Se pudo considerar que para realizar el proceso de pirólisis se usó energía eléctrica por largas horas solamente con contenidos pequeños de materia prima a escala de laboratorio, lo que implicó que esta parte del proceso no pueda ser rentable; sin embargo, si se considerara que los residuos de la pirólisis pueden servir como fuente de energía renovable, se puede realizar los ajustes necesarios para que los productos obtenidos de la pirólisis se utilicen dentro del mismo proceso para la generación de energía haciendo que este sea sustentable.

Para las ceras se puede mencionar que:

Como en todos los casos, los productos que se obtuvieron de la pirólisis estos dependieron de su composición para determinar los posibles usos.

- Si las ceras se definen como productos limpios, su poder calorífico podría utilizarse en la industria petroquímica siendo sustitutos principalmente de las materias primas que se derivan del petróleo. (Palmay et al., 2021: pp.1-5)
- Reinserción de ceras en la elaboración de plásticos.
- Uso de las ceras como lubricantes en vulcanizadoras de automóviles.
- Materia prima para productos como caucho sintético, hilos nylon, etc.

(Suarez Rojas et al., 2021: pp.11-16).

- Con refinamiento es probable que pudiera usarse el bio- oil en industrias cosmética y farmacéutica.
- Mediante purificación y refinamiento se puede obtener combustible de tipo diésel.
- Las ceras pueden contener porciones de naftas y parafinas; en el caso de las parafinas siendo aisladas de la concentración de las ceras como tal pueden ser aplicables en procesos como fabricación de velas como combustibles, ingrediente para mejorar la calidad del papel y cartón, en la industria textil para mejorar las condiciones de los tejidos, en la elaboración de pinturas, betunes para calzado, papel carbón, elaboración de fuegos artificiales y porque ya se termina la numeración y fabricación de aislantes en la industria electrónica.
- Residuos no tóxicos restantes pueden ser vendidos como materiales para construcciones.

(Lasek et al., 2018: pp.1246-1258)

3.13. Desventajas generales del proceso

- Consumo del recurso agua para enfriamiento.
- Consumo de energía eléctrica para los equipos.
- Consumo de recursos económicos.
- Altos costos en procesos de limpieza si se llevaran a gran escala.
- Costos elevados de operación.
- Los combustibles resultantes pueden contener composiciones heterogéneas, lo que produce inconvenientes al momento de querer ser utilizados en procesos específicos.
- Los residuos de la pirólisis por su composición pueden convertirse en cenizas que por su estructura química pueden ser más tóxicos ambientalmente que el plástico solo.
- Pérdidas económicas en empresas grandes en años de funcionamiento, es decir, no existe sostenibilidad económica.
- Cancelación de proyectos por falta de viabilidad técnica y económica.
- Costos elevados en el tratamiento de desechos que quedan después del proceso. (más en el caso de generación de cenizas)
- Generación de emisiones que podrían incluir NO_x, SO_x, CO_x, CO₂, gases de efecto invernadero y furanos.
- Si los residuos se integran en la fabricación de productos de uso cotidiano y estos no están bien tratados, pueden representar riesgos de toxicidad para la salud.
- Pueden reemplazar a mecanismos y personal de reciclaje convencional.
- Pueden generar trabajo durante los procesos.
- Costos de transporte y aumento de emisiones por los automotores transportistas.
- Recurren al gasto y consumo de mucha energía durante todo el proceso, desde la pirólisis hasta la posterior transformación de los residuos para que sean aptos para su uso.
- Los residuos de la pirólisis son menos productivos en comparación con los obtenidos de refinerías convencionales y contienen composiciones variadas dependiendo su procedencia.
- Se crea la necesidad de un flujo constante de plástico en el que se necesita plásticos de baja calidad, entonces si se necesita producir más plásticos no se cumple con los objetivos de una economía donde se reduce la posibilidad de reciclado y se podrían incrementar los gases de efecto invernadero.

(Moon y Tabrizi, 2022: p.1-10)

Se describieron las posibles desventajas de todo el proceso en general, puesto que para llegar a la producción de combustibles útiles en posteriores procesos se desarrollaron actividades previas que son generadoras de numerosos impactos. En este caso se ha realizado un enfoque en los

impactos que se pueden generar a nivel social, económico y ambiental. Se ha recopilado información de varios estudios en los que coincide la visión del proceso y se describen las desventajas como causantes de impactos en los tres aspectos antes mencionados. A partir de las desventajas y del conocimiento del desarrollo del proceso en términos generales se buscó determinar y enlistar las actividades que se desarrollaron durante el procedimiento que puedan generar impactos.

Muchos autores hablan de la pirólisis como un proceso innovador que promueve el reciclado de plásticos de una manera sustentable; sin embargo, existen algunos estudios que indican resultados del proceso negativos a como se esperaba generando cierta controversia respecto a la factibilidad de usar este tipo de reciclado químico debido a las desventajas generales que existen en el procesos y en los usos planteados para los productos obtenidos del mismo.

Se considera el caso de (Wong et al., 2015: pp.1167-1180) en cuyo artículo se menciona que es posible producir de forma satisfactoria combustibles con excelente composición a escala del laboratorio, a pesar de esto, cree que podría representar grandes desafíos si se decidiera desarrollar este tipo de proyectos a escala industrial para mantener la calidad de los polímeros iguales que en la de los laboratorios.

Para (Lopez et al., 2017: pp.346-368) otro caso que cabe destacar es el de los productos gaseosos de la pirólisis que podrían ser considerados como combustibles para las mismas etapas del proceso para los cuales se han encontrado evidencias sobre la calidad de estos hidrocarburos provenientes directamente de la fuente no son puros, es decir, tiene una baja calidad por lo que necesariamente deben ser sometidos a purificación para liberarlos de contaminantes generadores de impactos; el mismo autor menciona, que uno de los factores por el que la pirólisis no tiene un desarrollo más amplio industrialmente es debido a la falta de similitud en la composición de los plásticos que se procesan, pues por esta razón los productos que se obtienen van a ser diferentes según el tipo y las tareas de refinamiento van a tener que ser particulares para cada uno de ellos representando así una mayor inversión económica a largo plazo. Esto nos demuestra que si se destinara el reciclado químico solo para determinados tipos de plásticos a los que se pudieran adaptar la pirólisis los demás seguirían representando un factor de contaminación o en tal caso se tendría que asignar una planta o laboratorio específico para cada uno de ellos. Es por esto que (Quicker, 2019, pp-361-370), menciona que la purificación de los productos de la pirólisis de plásticos necesita a la industria química como asociada pues es poseedora de los conocimientos, experiencias y equipos apropiados para que los aceites, ceras y gases puedan ser recuperados apropiadamente y posteriormente puedan ser incluidos en diferentes procesos industriales sin generar impactos

negativos en el ambiente y la salud; el mismo autor hace referencia a la inexistencia en los últimos años de una planta de funcionamiento completamente industrial o semi- industrial que produzca cantidades relevantes de combustibles y cuya inversión haya sido recuperada.

3.14. Actividades generadoras de impactos

Tabla 13-3: Aspectos causantes de los posibles impactos en el proceso de pirólisis y uso de sus residuos.

ACTIVIDADES	IMPACTOS
Consumo del recurso agua para enfriamiento.	Reducción del agua como recurso.
Consumo de energía eléctrica para los equipos durante todo el proceso.	Incremento del consumo de agua para generación de energía. Incremento de costos de generación del proceso.
Consumo de recursos económicos desde el proceso de pirólisis hasta la transformación de los productos para ser usados.	Elevación de los costos de inversión del proceso.
Procesos de limpieza requieren de consumo de recursos naturales y económicos.	Elevación de los costos de inversión.
Composiciones heterogéneas en los productos resultantes.	No cumplen con las funciones para los que se elaboraron y no pueden intervenir en procesos específicos.
Se pueden generar cenizas tóxicas del proceso.	Presentan mayor toxicidad que los plásticos solos como tal.
Dificultad para mantener la sostenibilidad económica.	Pérdidas económicas con el transcurso de los años a gran escala.
Cancelación de proyectos por falta de viabilidad técnica y económica.	Despidos y pérdidas de áreas de trabajo. Pérdida de recursos económicos ya invertidos.
Tratamientos costosos de los residuos de pirólisis (principalmente en la generación de cenizas).	Aumento de los costos de refinamiento de productos para ser usados posteriormente.
Generación de emisiones de gases como: NO _x , SO _x , CO _x , CO ₂ , Gases de efecto invernadero, dioxinas y furanos.	Incremento de la contaminación atmosférica.
Residuos que no están correctamente refinados y se integran en productos de uso cotidiano.	Altos riesgos de toxicidad para la salud.
La pirólisis como proceso puede reemplazar a mecanismos y personal del reciclaje convencional.	Reducción de plazas de trabajo para recicladores convencionales. Desempleo.
Puede generar plazas de trabajo dentro del proceso.	Necesidad de personal capacitado y especializado para trabajar dentro de los procesos de pirólisis.
Necesidad de movilización de materia prima para el proceso de pirólisis.	Aumento de emisiones atmosféricas generadas por los automotores transportistas. Costos de transporte.

Menor productividad de residuos de pirólisis y composiciones variadas.	Baja competitividad en el mercado comparado con productos provenientes de refinerías convencionales con similares características y mejores rendimientos.
Necesidad de flujo constante de plásticos de baja calidad.	Se desvían de los objetivos de la economía circular. Incremento de las emisiones gaseosas.

Fuente: (Moon y Tabrizi, 2022: p.1-10)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

La descripción de las actividades desarrolladas durante el proceso de pirólisis de plásticos permitió establecer los impactos negativos o positivos que se pudieron generar a partir de las mismas, dichos impactos dejaron tener una visión general de lo que pasaría durante y después del proceso, al igual que fue posible conocer los impactos que se podrían generar al usar los productos provenientes de la pirólisis de plásticos.

Los impactos que aquí se mencionan al igual que las actividades y las desventajas antes descritas son recopilaciones de información que se han presentado en casos de estudio similares al que se está evaluando en esta investigación por lo que esto sirve para realizar una evaluación de los impactos generados o que se podrían generar.

La energía eléctrica es la que se usa para el funcionamiento de los equipos que intervienen en el pirólisis de plásticos, en el Ecuador según (Ministerio de Energía y Minas, 2021) la electricidad se genera a partir de centrales hidroeléctricas siendo estas las que abarcan el 92% de la generación total de energía, esto quiere decir que a mayor requerimiento de energía para desarrollar estos procesos se necesitará más volumen de agua para abastecer la demanda, este recurso que además de ser indispensable para la vida interviene de forma directa e independiente dentro de la pirólisis de plásticos desde el proceso de preparación de los residuos plásticos y como factor de enfriamiento dentro del proceso.

Para mantener las altas temperaturas de funcionamiento de los equipos de pirólisis se requieren niveles de consumo de energía eléctrica bastante elevados lo que representa altas inversiones para que el proceso de desarrolle adecuadamente, sumado a esto los gastos de inversión iniciales, los procesos industriales, los equipos y adecuaciones que deben llevarse a cabo representan gastos elevados en la inversión considerando que no se demuestran éxitos en pruebas fuera de los laboratorios del proceso como tal, es por eso que algunos autores sugieren un tiempo estimado de 10 a 17 años para poder alcanzar el éxito como técnica de tratamiento, lapso de tiempo que podría considerarse demasiado amplio para dar solución a una problemática que crece desenfadadamente y que no tiene una solución aparente hasta la actualidad (Quicker, 2019, pp.361-370).

Como ya se evidenció con los datos recolectados de (Palmay et al., 2022a: pp.2-14), las emisiones que se generan al usar bio oil como combustible sustituto del diésel pueden sobrepasar los límites de las normas establecidas lo que evidencia los impactos a la atmosfera, la calidad del aire y de la salud. Por su lado (Kalargaris et al., 2017: pp.108-115) realizó un experimento en el que sustituye de igual manera al diésel por aceite de pirólisis puro y en mezclas, en este caso lo que se demostró es que las emisiones de gases como los NO_x y el CO aumentan cuando la cantidad de aceite de pirólisis de plásticos se consume en mayor proporción debido a las altas temperaturas para el caso de los dióxidos de nitrógeno y por la combustión incompleta en el caso del monóxido de carbono, además de estos dos se vieron en aumento las emisiones de otros contaminantes como hollín y dióxido de carbono.

3.15. Calificación por importancia de los impactos

Tabla 14-3: Importancia de los impactos de acuerdo con los aspectos con los que se relacionan.

ASPECTOS		AMBIENTAL	ECONÓMICO	SOCIAL
ACTIVIDADES	IMPACTOS			
Consumo del recurso agua para enfriamiento	Reducción del agua como recurso	7		
Consumo de energía eléctrica para los equipos durante todo el proceso	Incremento de consumo de agua	7		
	Incremento de costos en la generación de procesos		7	
Necesidad de recursos económicos durante el proceso de pirólisis hasta transformación de los productos finales	Elevación de los costos de inversión antes y después del proceso de pirólisis		9	
Procesos de limpieza requieren consumo de recursos naturales y económicos	Mayor consumo de agua	6		
	Incremento de los costos del proceso		9	
Composiciones heterógenas en los productos resultantes	No cumplen con las funciones para las que se crearon	6	6	
	No son aptos para intervenir en procesos específicos	6	6	
En casos determinados se pueden generar cenizas tóxicas del proceso con composiciones variadas	Son tóxicas para el ambiente	6		
Dificultad para mantener la sostenibilidad económica	Pérdidas económicas con el transcurso de los años a gran escala		9	
	Despidos y pérdidas de áreas de trabajo			7

Cancelación de proyectos por falta de viabilidad técnica y económica	Pérdida de recursos invertidos		9	
Tratamientos costosos para el refinamiento de los residuos de pirólisis	Aumento de los costos en procesos de refinamiento para luego ser usados	9	9	
Generación de emisiones gaseosas	Incremento de la contaminación atmosférica	7		
Uso de residuos con un inadecuado refinamiento	Altos riesgos de toxicidad para la salud	7		7
Reemplazo a mecanimos y personal de reciclaje convencional	Reduccipon de plazas de trabajo para recicladores convencionales		6	7
	Desempleo		6	7
Generación de plazas de trabajo dentro del proceso	Necesidad de personal capacitado y especializado		6	7
Necesidad de movilizacipin de materia prima para el desarrollo del proceso de pirólisis	Aumento de emisiones atmosféricas	6		
	Costos adicionales para transporte		6	
Movilización de los productos hacia las refinerías	Aumento de emisiones atmosféricas	6		
	Costos adicionales para transporte		6	
Menor productividad de residuos de pirólisis y composiciones variadas	Baja competitividad en el mercado		8	
Necesidad de flujo constante de plásticos de baja calidad	Desviación de los objetivos de la economía circular		8	
	Incremento de emisiones gaseosas	6		
TOTAL		83	110	35

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

La presente matriz es una adaptación de la Matriz de Leopold para la evaluación de los impactos relacionados con tres aspectos que serían económico, social y ambiental según el grado de importancia que sumen al final de la evaluación. La evaluación que se ha desarrollado indica que mayor grado de importancia según los impactos recae en el aspecto económico con un puntaje de 110, seguido por el aspecto ambiental con una puntuación de 83 y finalmente el aspecto menos afectado es el social con un puntaje de 35. De acuerdo con la evidencia recolectada se puede definir que el aspecto económico es el más afectado debido a que desde el inicio del proceso de pirólisis y durante este proceso también se reconoce que la inversión necesaria para llevar a cabo este tipo de proyectos es muy elevada, además, los productos obtenidos no pueden ser utilizados inmediatamente ya que necesitan procesos de purificación y refinamiento para que puedan ser usados en procesos específicos dependiendo su composición.

Como es conocido las matrices de importancia o matrices causa- efecto permiten medir de una forma cualitativa los impactos de los factores considerados a ser evaluados, pero sobre todo hacen énfasis en los impactos a factores ambientales bajo el contexto de las evaluaciones ambientales que se describen como herramientas para prevención con el objeto de frenar o reducir efectos

sobre los factores que se elijan dependiendo la actividad o proyecto evaluado (Peña, 2016, pp-59-71). En este caso se eligió la matriz de Leopold como una adaptación para la evaluación de importancia de impactos sobre dos factores más aparte del ambiental mismos que se consideraron relevantes para la presente investigación, determinando que de acuerdo con la información previamente recolectada es posible tener una visión más clara para la calificación y la interpretación de los resultados que se obtuvieron. A lo largo de este capítulo se había venido haciendo referencia sobre la problemática de los impactos ambientales y económicos que se pueden desarrollar en proyectos del mismo carácter, por esta razón, es que la matriz cumple con el objetivo de evaluación para el que había sido propuesto.

3.16. Comparación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) de las ciudades capitales de las provincias del Ecuador de acuerdo a sus planes de manejo de residuos sólidos.

Tabla 15-3: Descripción por cantones capitales y sus PDyOT respecto al manejo de residuos sólidos

ZONAS	CANTONES	PDyOT
ZONA 1	Esmeraldas- Esmeraldas	<ul style="list-style-type: none"> • 2014-2019 • No menciona ningún tipo de tratamiento o procedimiento para el manejo de residuos sólidos, siendo una de las causas de degradación de las fuentes de agua por vertimiento directo en algunas cuencas y microcuencas del cantón en lo que se describe según los registros como una afectación “Media”.
	Imbabura- Ibarra	<ul style="list-style-type: none"> • 2015-2023 • La ciudad de Ibarra cuenta con un servicio de recolección mediante carros recolectores a nivel cantonal que cubre con zonas urbanas y rurales alcanzando a cubrir un 75%, pero se indica que en ciertos sectores del sector rural existen coberturas del servicio inferiores al 60 y 55%. • En este caso se considera la producción per cápita en la zona urbana con 0,71kg/hab/día y en la zona rural con 0,57kg/hab/día. • El cantón cuenta con un relleno sanitario en el sector de San Alfonso y se usa parcialmente un relleno antiguo, en ambos casos el único “tratamiento” que se le da a los residuos sólidos es la transferencia de los carros

		<p>recolectores al relleno sanitario.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evalúa que se debe implementar la gestión integral de los residuos sólidos con separación en la fuente para residuos orgánicos e inorgánicos. • Una propuesta direccionada hacia el año 2019 correspondiente a un eje de estrategia de sustentabilidad patrimonial propone la industrialización del al menos el 30% de los residuos inorgánicos recolectados.
	Carchi- Tulcán	<ul style="list-style-type: none"> • 2014-2019 • No existen mayores especificaciones del plan de manejo de residuos sólidos; sin embargo, se hace mención a proyectos en los que se propone alcanzar un 95,5% de las familias en área urbana para ser atendidas por el servicio de recolección de residuos sólidos, además se pretende otorgar un mejor mantenimiento de las plantas de aprovechamiento de residuos sólidos existentes proyectado hasta el 2021. • Adicionalmente se propone realizar un diseño para un nuevo modelo de gestión integral de residuos sólidos en el cantón.
	Sucumbíos- Lago Agrio- Nueva Loja	<ul style="list-style-type: none"> • Los residuos sólidos en el cantón se evacuan hacia las plantas de tratamiento de los sectores que tienen acceso a este, mientras que los que no tienen acceso los llevan a los esteros de cada sector. • El Gobierno Municipal, ha construido un relleno sanitario con el fin de minimizar la afectación y el peligro contra la salud y la seguridad pública. En este relleno se disponen y se tratan los residuos sólidos, adicional se realizan procesos de compactación y coberturas diarias. • El sistema de recolección cuenta con siete rutas de recolección las mismas que cuentan con carros recolectores específicos algunos son de tipo especializado y otros únicamente camiones, volquetas o furgones; el sistema de recolección cuenta con personal capacitado para cada situación debido a que cada ruta tiene distintas cargas de residuos para recolectar. • Dentro de los programas para fomentar el desarrollo se tiene la implementación de nuevas celdas para disponer residuos sólidos, fortalecimiento del manejo integral de

		residuos impulsando la separación de los desechos.
ZONA 2	Pichincha	No se considera a la capital de Pichincha como un cantón dentro del régimen propio de la provincia, Quito al ser la capital del Ecuador se considera como un Distrito Metropolitano, el mismo que tiene un régimen independiente.
	Napo- Tena	<ul style="list-style-type: none"> • 2014-2019 • Cuenta con una cobertura de recolección de residuos sólidos del 18.4% y no se presenta distinción entre zonas urbanas y rurales. • Se refleja un incremento entre las viviendas atendidas en un 22,8%. • Existen planes de gestión y manejo. • Se propone la implementación de programas de manejo de residuos sólidos, como aumento de cobertura del servicio de recolección de basura, mantenimiento y continuidad en el servicio, determinar los porcentajes de los residuos sólidos tratados o llevados a vertederos de cielo abierto, clasificados y reciclados, quemados, entre otros; todo esto se considera para el área urbana.
	Orellana- Pto. Francisco de Orellana	<ul style="list-style-type: none"> • 2014-2019 • Cuenta con servicio de recolección domiciliar de residuos sólidos con una cobertura del 73% mediante carro recolector, mientras que el 27% restante de domicilios elimina los residuos de una forma no adecuada como incineración, eliminación en cuerpos de agua, arrojados en terrenos baldíos o los residuos son enterrados. • Los residuos sólidos se llevan hasta el Botadero Municipal el cual recibe un promedio de 58,81 toneladas por día. • No se registra un buen manejo de los residuos y del botadero, solo existe generación de impactos ambientales y sociales que afectan al área de influencia del botadero. • El Municipio busca la construcción de un nuevo relleno sanitario para la gestión integral de residuos sólidos urbanos, además se proyecta a incrementar la cobertura de viviendas con servicio de recolección de residuos,

		lograr una correcta disposición de los residuos sólidos, aumentar el número de vehículos recolectores.
ZONA 3	Cotopaxi- Latacunga	<ul style="list-style-type: none"> • 2016-2028 • Cuenta con un servicio de recolección con una tasa de 61,44%, concentrando su mayor nivel de generación en la zona urbana con un 95,99% y en la zona rural con un 38,47%. • Se registra una problemática extendida hasta la actualidad desde años anteriores en la que por malos hábitos de la población tienden a arrojar basura en la calle, ríos y quebradas, lo que se traduce como un problema de educación, cultura y colaboración desencadenando grandes problemas de contaminación. • El cantón cuenta con la empresa pública EPAGAL encargada de operar el aseo público que realiza la recolección, transporte, disposición final, aseo de vías y espacios públicos, etc., para la gestión integral de los residuos comunes. • El sistema de recolección se basa en el uso de contenedores colocados estratégicamente, posterior a ellos se recoge diariamente mientras que en la zona rural se realiza tres días a la semana. • En el caso de las zonas rurales se demuestra una gran deficiencia considerando que existen lugares con vías de difícil acceso. • Se ha definido un plazo para proponer mejoras en los acuerdos con la comunidad relacionados a la recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos rurales, así como garantizar la recolección en zonas marginales y la implementación de equipos para mejores servicios.
	Tungurahua- Ambato	<ul style="list-style-type: none"> • 2018-2019 • Existe servicio de recolección de basura con una cobertura de 79,3%, del porcentaje restante un 16,4% queman los desechos y 1.4% arroja los desechos a terrenos vacíos. • En los sectores urbanos el municipio busca promover la clasificación de los desechos mediante la separación en tachos de diferentes colores.

		<ul style="list-style-type: none"> • Existe un sistema de recolección mediante la implementación de ecotachos, sin embargo, existen pocos vehículos que facilitan la recolección de basura. • La empresa encargada de la gestión de residuos sólidos es la EPM. • Se planea la integración de sistemas de tratamiento de residuos y desechos en zonas urbanas y rurales con medidas que permitan a la población clasificar y reciclar. • Se genera la propuesta de un Plan Integral Urbano y Rural de Tratamiento de Residuos y Desechos Sólidos, en el cual se plantean objetivos y metas objetivos y metas que permitan mejorar el sistema de gestión de residuos.
	<p style="text-align: center;">Chimborazo- Riobamba</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2020-2030 • Se considera que existe una generación diaria de 162 toneladas de desechos domiciliarios, 18 toneladas de basura de plazas. Con una producción de 0,60kh/hab/día en el sector urbano y 0,48kh/hab/día en el sector rural. • Los residuos sólidos generados se componen por: 10,82% de plásticos, 6,94% de papel y cartón, 0,8% metales, 5,19% de vidrio, 2,20% de textiles y 11,83% de otros. • Riobamba en su zona urbana cuenta con mayor cobertura de recolección de residuos sólidos con una tasa del 97,72% de viviendas, mientras que en la zona rural se cubre solamente el 18,48%. • Se cuenta con un sistema de recolección con 13 camiones y otros 10 autos adicionales de tipo recolector con carga posterior, con carga lateral, vehículo canter y volqueta de apoyo, estos se distribuyen dependiendo el sector estratégico en el que se recolecten los residuos También se cuenta con un sistema de ecotachos, mismos que están localizados a lo largo de la ciudad en puntos clave. • Las industrias no generan cantidades grandes de desechos, debido a que estos se suelen reinsertar en los mismos procesos industriales. • Existen aportes informales debido a que no existe un

		<p>buen control, usuarios ingresan directamente al botadero de basura a dejar sus residuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se demuestra la falta de educación y respeto por parte de la ciudadanía hacia los bienes públicos, puesto que, se evidencia la falta de cuidado hacia los contenedores imposibilitando en muchas ocasiones el funcionamiento de los mismos y por lo tanto un mal manejo de los residuos sólidos. • Los residuos que llegan al vertedero tienen una separación parcial, para lo cual existe una Asociación de Recicladores que son los encargados de separarlos y seleccionar los residuos reciclables y reutilizables. • Riobamba cuenta con un vertedero ubicado a las afueras de la ciudad, en un predio poblado llamado San Jerónimo del Porlón, el cual se encuentra en proceso de cierre técnico.
	<p>Pastaza- Puyo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2015- 2020 • El servicio de recolección de desechos sólidos está catastrado por zonas, el 49% que corresponde únicamente a la zona 1 y 2 cuentan con el servicio de recolección mediante carro recolector, por lo que los sectores que no cuentan con este servicio acuden a otros métodos para deshacerse de los desechos, en el caso de la quema de basura corresponde al 28% y el otro 23% arroja los desechos a cuerpos de agua o en terrenos baldíos. • Pastaza cuenta con 3 carros recolectores y existe contrato con volquetas que prestan el servicio de recolección de basura. Además, el cantón tiene un relleno sanitario en donde se depositan los desechos recolectados. • La falta de gestión evidenciada en este PDyOT demuestra que los residuos sólidos son los causantes principales de insalubridad en las comunidades del cantón, así como también ocasiona la contaminación de los ríos y esteros. • Para garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad se propone como objetivo el incremento del 17 al 35% de residuos sólidos reciclados al total de residuos generados, así como la generación de planes que permitan el manejo integral de desechos

		sólidos.
ZONA 4	Manabí- Manta	<ul style="list-style-type: none"> • 2020-2035 • Manta reporta una producción per cápita de residuos de 73kg/hab/día. • Los residuos sólidos se manejan de una forma tradicional en la que se limita a hacer recolección y disposición final. • Disponen sus residuos en una celda a cielo abierto, mismo recibe alrededor de 300 toneladas diarias que se producen en la ciudad de Manta y 110 toneladas generadas entre Jaramijó y Montecristi. Tal botadero recibe alrededor de 200 mil toneladas al año de escombros provenientes de distintos sectores de la ciudad. • No existe un registro de políticas, ni normas para el manejo, reciclaje, reutilización y disposición adecuada. • Se evidencia un manejo deficiente de los residuos por parte de la comunidad, este problema se evidencia en la contaminación ambiental que existe, tanto en calles como en quebradas, además no existe un buen sistema de recolección y limpieza. • Dentro de los lineamientos establecidos en los objetivos estratégicos se pretende impulsar el aprovechamiento de residuos sólidos. Además, existe una visión integral de los residuos sólidos con un enfoque en la economía circular como eje, esto con el objeto de minimizar la producción de residuos creando un sistema sustentable. • Para lograr la eficiencia del sistema de gestión que se propone a nivel urbano y rural se propone realizar educación y sensibilización a las comunidades para que se involucren como partes responsables y participativas en las comunidades para fomentar el consumo responsable, separación y disposición adecuada de residuos. • A corto plazo se intenta impulsar las prácticas de reciclaje inclusivo, creando normativas para la gestión integral de residuos y promover la comercialización de residuos incluyendo procesos de reúso y reciclaje. • Se proyecta a gestionar el aprovechamiento de los residuos orgánicos para producción de abono y energía

		<p>eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> Hasta el año 2023 se busca lograr una clasificación de residuos peligrosos, no peligrosos orgánicos e inorgánicos. Hasta el 2027 se pretende optimizar un sistema de recolección de residuos sólidos con sus rutas, horarios y frecuencias, adicionalmente se busca realizar tratamiento y comercialización de los residuos optimizando la disposición final de los mismos.
	<p>Sto. Domingo de los Tsáchilas- Santo Domingo</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2015- 2030 Existe un servicio de recolección con una cobertura en la zona urbana 90,6%, mientras que en las parroquias rurales del 31%. Santo Domingo tiene una generación per cápita de 0.77kg/hab/día en el que se incluyen residuos domésticos, comerciales e industriales, con un promedio de 280 toneladas diarias. Los análisis físicos reportan datos de clasificación en los que del total de residuos sólidos recolectados: el 68,18% son residuos orgánicos, el 10,40% papel- cartón, 10% plástico, 1,48% vidrio, 1,18% metales, 8,78% otros. Existe un contrato para la recolección con la empresa ECOAMBIENTAL con un costo de 34,15 USD dispuestos en un complejo ambiental. La empresa cuenta con compactadores, camiones abiertos, tanqueros, volquetas, camiones abiertos con volteo de descarga, retroexcavadora, carro taller, camionetas, motocicletas y personal de manejo y mantenimiento. El sistema de gestión de residuos sólidos urbanos se considera inadecuado según el diagnóstico estratégico en el cantón de Santo Domingo. Dentro de los objetivos de desarrollo que se proponen hasta el 2021 se evidencia un incremento del 17% al 35% de residuos sólidos reciclados en relación total a los generados, también se habla de la instalación de plantas de industrialización de residuos sólidos.
<p>ZONA 5</p>	<p>Santa Elena- Santa Elena</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2014-2019 Para el manejo de desecho sólidos este cantón cuenta con dos botaderos de basura a cielo abierto, el primero está provisionando de servicio a sectores que se encuentran en dos parroquias, el segundo botadero

		<p>cumple con el servicio para los sectores urbanos del cantón.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Concejo Cantonal encargó la recolección de desechos sólidos a la empresa EMASA E.P. según la cual la cobertura del servicio de recolección de residuos es de poco más del 90%. • Existen otras formas en las que la población decide tratar los desechos, según evaluaciones del INEC el 92,68% se lleva el carro recolector, el 0,25% es arrojado a terrenos baldíos o quebradas, el 6,36% de desechos es quemado, el 0,24% es enterrado, 0,12% son arrojados a efluentes de agua 0,35% se trata de otras formas. • Debido al manejo que se ha venido llevando se evidencian circunstancias de contaminación de ecosistemas. • En las metas sujetas a los objetivos estratégicos está el incremento al 95% de la cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos. • Destinar un presupuesto devengado en el manejo adecuado del relleno sanitario para la zona urbana y rural del cantón. • Dentro de este PDyOT se plantean proyectos para el desarrollo del cantón que pretenden cumplir con determinados objetivos, tales como; el diseño e implementación de rellenos sanitarios y centros de transferencia que contribuyan y faciliten el proceso de recolección de desechos y al mejoramiento sostenible y sustentable del medio ambiente.
	Guayas	<ul style="list-style-type: none"> • 2021- 2023 • En este PDyOT se descarta la intervención en los cantones de Guayaquil, Samborondón y Durán. • Se evidencia una deficiente recolección de basura en las zonas rurales, aunque ha disminuido en los últimos años, sin embargo, sigue siendo mayor la tasa de recolección en sector urbano. • A nivel del Guayas se presenta el servicio de recolección mediante carros recolectores, por lo tanto, se contabiliza que en la zona rural urbana el 58.9% de un total de 34737 viviendas cuentan con el servicio de recolección,

		<p>mientras que en la zona urbana de un total de 662123 viviendas el 92,7% de estas reciben tal servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los datos recolectados por el INEC indican que solo en los cantones marino-costeros de la provincia presentan una cobertura deficiente del manejo de residuos. • En general este documento no presenta mayor información, ni cifras, ni datos, que permitan realizar una conclusión relevante que permita conocer los planteamientos que se podrían desarrollar para manejar los residuos sólidos a nivel provincial.
	<p>Bolívar- Guaranda</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2014-2025 • El PDyOT del cantón no cuenta con especificaciones a cerca del manejo de residuos, adicional se indica que se encuentra en proceso la implementación de un Sistema Adecuado de Manejo de Desechos Sólidos en los que interviene Guaranda junto con otros cantones. • Se marca como una deficiencia dentro de la gestión del cantón el uso escaso de las plantas procesadoras de desechos sólidos, y la falta de ubicación para rellenos sanitarios y escombreras. • Con el propósito de mejorar la gestión de los residuos sólidos y mejorara la calidad de vida de la población se propone como objetivo estratégico a futuro otorgar un tratamiento adecuado a los mismos construyendo un relleno sanitario. • En términos generales a futuro se pretende promover y controlar un mejor manejo de la gestión de desechos sólidos con altos estándares de calidad; existe un plan piloto para la fomentar la clasificación de los desechos en la fuente, así como también, se intenta alcanzar una mayor cobertura en cuanto a la recolección domiciliaria de desechos sólidos en zonas urbanas y rurales.
	<p>Los Ríos- Babahoyo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2017-2020 • No se reportan datos específicos que demuestren una adecuada gestión de desechos sólidos a nivel cantonal. • Se relaciona a los desechos sólidos con la contaminación de efluentes de agua y aparecen como generadores de impactos a diferentes niveles de contaminación por mal manejo de los desechos sólidos principalmente por parte

		<p>de la población y por la recolección no clasificada de desechos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En los objetivos estratégicos respecto a los asentamientos humanos se busca incrementar hasta el 20% la satisfacción de los requerimientos a cerca de desechos sólidos urbanos y rurales hasta el 2030. • Para uno de los programas propuestos para la reducción de impactos ambientales se propone la implementación de sistemas adecuados de recolección y tratamiento de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos. • Para uno de los programas de desarrollo del cantón se plantean consultorías para la recolección de los desechos sólidos. • Para el programa de manejo integral de residuos sólidos se implementarán capacitaciones a cerca del reciclaje y reutilización de los desechos sólidos provenientes de las diferentes actividades desarrolladas dentro del cantón.
	<p>Galápagos- San Cristóbal- Puerto Baquerizo Moreno</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2015- 2019 • La municipalidad del cantón San Cristóbal cuentan con un sistema de manejo de residuos sólidos, dentro de este se incluyen la recolección diferenciada, planta recicladora y un espacio para relleno sanitario en una zona rural del cantón de manera que se puede clasificar y procesar los residuos. • Se estima una generación de 4,17 toneladas diarias de desechos sólidos en la isla con una producción per cápita de 0,559kg/hab/día. Aquí el sector comercial genera el 20% de los residuos, las residencias un 67%, sectores rurales un 13% y embarcaciones turísticas el 0,19%. • Según el tipo de residuos se ha evidenciado que el 49,6% son orgánicos con una generación de 2.168 kg diarios, los residuos reciclables representan el 26,7% con una generación diaria de 1.167 kg y finalmente los residuos de rechazo representan el 23,7% con un valor en kilogramos diarios de 1.036. • La recolección se realiza mediante carro recolector con un promedio del 96%, en este cantón se cuenta con un sistema de clasificación diaria de residuos en zonas urbanas y rurales en donde se distinguen residuos orgánicos, reciclables, rechazo, bio-peligrosos y

		<p>chatarra.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de recolección cubre el 80% en la zona rural de San Cristóbal y el 10% en La Isla Floreana. • A pesar de la existencia del sistema de manejo se ha evidenciado niveles de contaminación en la franja litoral que va desde residuos como plástico, papel, cartón, tarros de pintura, que afectan no solo al paisaje, sino también a la calidad del agua y del suelo, y pueden llegar a afectar a especies de animales protegidas. Se comprueba también la falta de conciencia en sectores rurales en donde a pesar de tener acceso al sistema de recolección hay hogares en los que se quema o entierra la basura. • Se demuestra también una falta de conciencia y comportamiento errado en la ciudadanía, cuya colaboración con la situación no es esmerada. • San Cristóbal no tiene relleno sanitario solamente cuenta con un centro de gestión de residuos donde se gestionan y tratan los residuos orgánicos y reciclables, además se almacenan y procesan todos los residuos de la población. • En el centro de gestión se clasifican los materiales reciclables, se embalan y pueden ser almacenados y otros se envían hacia el país. Para los rechazos se usa embalaje de plásticos para ser ubicados en un relleno sanitario seco recubierto con geomembrana. • Se propone a largo plazo alcanzar el 100% de recolección, procesamiento, clasificación y tratamiento de los residuos sólidos en el Centro de Gestión para que todas las playas, bahías y aguas costeras integrantes del cantón se mantengan sin residuos. Además, que se propone la sensibilización cultural sobre la eliminación de residuos mediante otros medios que no sean por el sistema de gestión del cantón.
ZONA 6	Cañar- Azogues	<ul style="list-style-type: none"> • 2014- 2019 • En consultorías hecha a la población azogueña se demuestra que no hay requerimientos en servicios de recolección de residuos sólidos, lo que implica que este procedimiento está cubierto. • Se propone una meta para el desarrollo del cantón que

		<p>consiste en aumentar en un 8% el tratamiento de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El ecosistema urbano del cantón tiene una dependencia de flujo de materia y energía lo que hace que se genere cantidades gigantes de residuos aumentando a su vez el consumo de recursos no renovables, por lo que, se presentan enfoques que permitan el desarrollo de programas que faciliten el aprovechamiento de residuos respecto a las crecientes poblaciones • Se suma la pretensión de gestionar y eliminar residuos mediante la obtención de puntos limpios que permitan la construcción para el funcionamiento de plantas de tratamiento y clasificación de residuos.
	<p>Azuay- Cuenca</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2015 • Cuenca posee un sistema de recolección de desechos por viviendas mediante carro recolector teniendo una cobertura del 87,97% y un déficit del 12,0% del total de las viviendas con acceso a este servicio. • Existe un interés por un buen manejo de residuos sólidos debido a que se considera como una potencialidad para la problemática del cambio climático y factores de riesgo incrementados por actividades antrópicas. • Como meta para el desarrollo se propone un aumento en la eficiencia para el reciclaje de residuos inorgánicos en un 31,24% del total de residuos sólidos que se generan, también se plantea un incremento desde el 17 al 35% en los residuos sólidos reciclados en relación al total de los residuos sólidos generados, a parte se pretende incrementar del 70,3% al 80% los residuos sólidos no peligrosos con disposición final adecuada.
	<p>Morona Santiago- Morona- Macas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 • En el cantón Morona se generan alrededor de 20 toneladas de residuos sólidos diarios. • Morona cuenta con recolección mediante carro recolector a cargo del GAD Municipal con una cobertura de 65,76%, mientras que las otras formas de recolección representan el 34,24%. • Se evidencia la falta de nivel de dotación de servicios básicos de entre ellos la recolección y tratamiento de residuos sólidos presentando gran desigualdad en los

		<p>servicios prestados entre las parroquias integradas por el cantón debido a una débil coordinación interinstitucional.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existe una relación directa entre la generación de impactos ambientales y mala disposición de los desechos sólidos impactando ecosistemas, suelo y fuentes hídricas. • El cantón cuenta con un relleno sanitario que en poco tiempo deberá buscar mayor cantidad de terreno para continuar con su funcionamiento. Además, se ha evidenciado la creación de empresas que podrían vincularse a la recolección y reciclaje de desechos. • Se propone dentro de las políticas públicas para la sustentabilidad ambiental la generación de gestión integral de desechos sólidos principalmente. • Como meta para el desarrollo del cantón se pretende incrementar hasta un 64,46% el servicio de recolección y tratamiento de desechos sólidos. • Uno de los programas para el desarrollo cuenta con un proyecto destinado a la Gestión Integral de Desechos Sólidos, el mismo que intenta fortalecer la gestión mejorando el servicio de recolección y el tratamiento de desechos dentro del sector urbano, dentro del mismo proyecto se pretende concientizar ambientalmente a la ciudadanía para crear una cultura de separación de desechos en la fuente, reciclaje y la reutilización.
<p>ZONA 7</p>	<p>El Oro- Machala</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 • El cantón cuenta con un sistema de recolección eficiente que cubre con el 91,79% de las viviendas que generan desechos sólidos, a pesar de ello aún existen viviendas que depositan o tratan los desechos por métodos alternativos, por ejemplo: arrojan la basura a terrenos baldíos o quebradas en un 1,24%, queman los desechos en un 4,92%, la entierran en un 0,20%, arrojan a afluentes de agua en un 1,28% y de otras formas en un 0,56%. • Se cuenta con una ordenanza que regula la organización y funcionamiento de la Empresa Pública Municipal de Aseo EMAM-EP, misma que presta una variedad de servicios entre los cuales se encuentran recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos

		<p>sólidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para las metas que se propone recuperar el equilibrio entre el ecosistema hídrico, el uso y ocupación del suelo, además se propone la gestión técnica de los residuos sólidos generados en el cantón. • Se plantea cumplir con una meta para el Plan Nacional de Desarrollo que consiste en el incremento del 17% al 35% de los residuos sólidos reciclados con relación a los residuos generados. • Uno de los programas propuestos es el diseño de un sistema de gestión de los desechos comunes, peligrosos, especiales e infecciosos logrando un manejo técnico de los residuos sólidos generados, dentro del mismo contexto, se busca desarrollar un estudio para determinar el sistema de confinamiento y recuperación de los distintos tipos de residuos que se generan en base a sus características y también intenta reducir los impactos que se pueden producir en la población y el ambiente debido al manejo inadecuado.
	<p>Loja- Loja</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2014- 2022 • Loja cuenta con 13 cabeceras parroquiales en todo su territorio. Dentro de la ciudad se cuenta con un sistema de recolección que se desarrolla en cuatro niveles en servicios domiciliarios: por carro recolector de basura, por contenedores, barrido manual y recolección separada de desechos. • Loja tiene una producción de residuos per cápita en las zonas urbanas de 0,701kg/hab/día, mientras que en los barrios marginales se mantienen una generación de 0,54kg/hab/día y en zonas comerciales y de abasto de 0,63kg/hab/día. • Diariamente se desechan en los sitios de disposición final a nivel urbano 135ton/día con un promedio de material reciclado de 45ton mensuales. • La ciudad cuenta con proyectos de tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos para lo cual tiene plantas de tratamiento, en el caso de los orgánicos se usa residuos de mercados, domicilios y ferias libres para la producción de compost. Adicionalmente tiene una planta de reciclaje de residuos inorgánicos, la cual comercializa materiales reciclados.

		<ul style="list-style-type: none"> • El GADM-L, la Jefatura de Higiene Municipal juntamente con la Jefatura de Saneamiento Ambiental y el Centro Integral de Gestión de Residuos Sólidos llevan adelante un Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos, mismo que se basa principalmente en un proceso de clasificación selectiva de residuos en la fuente. • El Municipio cuenta con nueve vehículos de carga posterior y cuatro de carga frontal que le permiten cubrir con las distintas áreas de recolección, también tiene un sistema de contenedores que se ubican en puntos estratégicos de la ciudad donde hay mayor generación de residuos. Además, para la recolección de cartón en áreas comerciales se mantiene un recorrido especial para recolectar este tipo de material. • Para cada recorrido que se realiza dentro de las distintas áreas de la ciudad tanto urbanas como rurales existen horarios y frecuencias de recorrido establecidas, lo que permite mantener un orden. • En términos generales Loja es una de las ciudades mejor puntuadas a nivel nacional en cuanto a la gestión integral de residuos sólidos. • La planta de tratamiento de residuos sólidos tiene diferentes áreas como: compostaje o lombricultura, reciclaje, disposición final de los residuos o biopeligrosos; disposición final de los desechos peligrosos, pantano artificial, incineración y área de tratamiento de lixiviados y percolados. • Como meta de desarrollo se pretende lograr un aprovechamiento total del 90% de los residuos generados en la ciudad. • A largo plazo se proyecta a incrementar sistemas tecnificados tanto en las plantas de tratamiento como en los rellenos sanitarios que permitan mecanizar y facilitar determinados procesos, así también, se proponen mejorar en los sistemas de recolección con sus vehículos y en los centros de recolección. • Se repite la meta relacionada con el Plan Nacional de Desarrollo que consiste en incrementar del 17 al 35% los residuos sólidos reciclados con relación a los residuos generados.
--	--	---

	Zamora Chinchipe- Zamora	<ul style="list-style-type: none"> • 2014- 2019 • Se realiza recolección de desechos sólidos con una cobertura del 94,18% solo en la zona urbana con una frecuencia diaria y se contabiliza que a nivel parroquial de todo el cantón se cubre un total de 56,28% con un déficit de recolección de 43,72%. • Debido a la inexistencia de un plan que determine el manejo de residuos sólidos, se propone como objetivo estratégico de desarrollo la elaboración e implementación de planes y proyectos integrales de desechos sólidos para garantizar uno de los servicios básicos para la población, teniendo como meta alcanzar la cobertura del 70% de recolección a nivel cantonal distribuido en un 80% al sector urbano y un 70% al sector rural. • Se pretende también sensibilizar el manejo adecuado de desechos sólidos en la población del cantón con la colaboración de los ministerios correspondientes. Adicionalmente se plantea establecer ordenanzas para la regulación y manejo adecuado de los desechos. • Se genera la propuesta de proyecto para la disposición y tratamiento de los desechos sólidos en distintas parroquias de cantón con el objetivo de disponerlos y tratarlos dentro del mismo cantón para evitar la contaminación ambiental, el proyecto tiene por meta aumentar el número de viviendas que clasifican sus desechos.
ZONA 8	Guayaquil y Samborondón	Estos cantones no cuentan con un registro propio de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, a pesar de que ya son excluidos del documento con el mismo nombre existente para el resto de los cantones de la provincia de Guayas.
	Durán	<ul style="list-style-type: none"> • 2015 • Se registra la evidente acumulación de residuos en distintos ecosistemas generando índices de contaminación sobre todo en cuencas hídricas. • No existen programas de manejo y remediación que busquen tratar los residuos. • En Durán se presta el servicio de recolección de residuos sólidos, se determina que un 18,20% del total de

		<p>viviendas contabilizadas es el valor que representa a aquellas que no cuentan con el servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La población elimina los residuos sólidos de distintas maneras, de los cuales se tiene registros en porcentajes; por carro recolector un 81.80%, arrojan en terrenos baldíos o quebradas el 1,26%, la queman el 14,72%, la entierran 0.14%, la arrojan al río, acequia o canal el 0,46% y de otra forma 1,61%. • Dentro del modelo ambiental para el mejoramiento del cantón se propone recuperar cuencas y esteros del río Guayas que están afectadas por la mala disposición de residuos.
<p>ZONA 9</p>	<p>Distrito Metropolitano de Quito</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2015-2025 • En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se generan 0,879kg/hab/día a nivel urbano y de 0,799kg/hab/día en el sector rural. • Considerando la caracterización de residuos se describe que el 24% son residuos reciclables, el 57% son residuos orgánicos y el 19% son rechazos; generando diariamente un promedio de 1870 toneladas incluyendo RS domiciliarios y no domiciliarios. • El DMQ cuenta con la Empresa Municipal de Aseo EMASEO para la gestión integral de residuos sólidos. • El Municipio de Quito tiene facultad para concesionar, delegar o contratar actividades de manejo de residuos sólidos urbanos domésticos, industriales y biológicos no tóxicos. • EMASEO y/o sus concesionarias ejecutan la gestión integral de residuos desde la reducción, reutilización y reciclaje a domicilios, comercios e industrias, recolección, transporte, transferencia, industrialización y disposición final. • Por ordenanza la Secretaría del Ambiente es la encargada de la regulación, coordinación, normalización, control y fiscalización de la gestión de residuos por lo que EMASEO y concesionarias se sujetarán a lo establecido por la ley. • También existe la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS EP, la cual se responsabiliza entre otras actividades de la

		<p>explotación de la infraestructura del sistema municipal de gestión de residuos sólidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El DMQ cuenta con su propio Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos el cual contiene normas, principios y procedimientos, derechos, deberes, obligaciones y responsabilidades de cumplimiento de todos los mientras del Sistema. • Quito cuenta con sus propias ordenanzas y estatutos por lo que muchas empresas públicas gestionan sus desechos basadas en los mismos. • La ciudadanía no es responsable ni interesada en la separación de los residuos, a pesar de que se ha brindado alternativas para ellos, se menciona también que los usuarios de los servicios de recolección no son conscientes de su rol y responsabilidad dentro del sistema. • No existe un marco legal claro, ni acciones concretas que permitan la minimización y separación en la fuente de residuos sólidos. • La cobertura de recolección de los residuos generados es del 96,5% hasta el 2010 en la zona urbana, mientras que en las parroquias descentralizadas la tasa es de 76,5% de cobertura. • Existen varios procesos de recolección. Recolección a pie de vereda es el 72% del total recolectado con vehículos recolectores. La recolección a pie de vereda y utilización de contenedores o sitios de acopio, en zonas de difícil acceso con volquetas es el 5% del total. • A partir del año 2012 entró en vigor el uso de contenedores soterrados y servicios de hidrolavado, así como, recolección en distintos puntos de la ciudad. • Los residuos sólidos una vez transportados se llevan hasta las dos estaciones de transferencia existentes en la ciudad, una en el norte que opera con tecnología tradicional no tecnificada y una en el sur medianamente industrializada y tecnificada. • Cuenta también con un Relleno Sanitario ubicado en El Inga en proceso de ampliación en donde se reciben alrededor de 1929,71 ton/día de residuos sólidos.
--	--	---

Fuente: (SIN, 2022)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

La ciudad de Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo, por tal motivo, se ha considerado como patrón de selección de análisis a las veinticuatro provincias del Ecuador y sus capitales tal como se demuestra en la Tabla 19-3.

Se evalúan el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de cada cantón analizando el manejo de residuos sólidos, esto ha permitido tener una visión general de cómo se llevan a cabo las actividades para satisfacer una de las necesidades primordiales de las poblaciones; sin embargo, de algunas ciudades como Nueva Loja, Puerto Baquerizo Moreno y Macas no se contó con acceso para los PDyOT, es por ello que se ha tomado los documentos de Lago Agrio, San Cristóbal y Morona respectivamente. También, es importante mencionar que los cantones Guayaquil y Samborondón pertenecientes a la provincia del Guayas no se presentan registros de un documento que permita hacer un análisis comparativo como el efectuado en los cantones capitales de las demás provincias.

En la presente investigación se realiza una descripción basada en los tratamientos, procedimientos y equipos con los que cada gobierno municipal cuenta para el manejo de sus residuos. Se ha evidenciado que los datos sobre residuos no están completos, en algunos casos son inexistentes, muchos de estos PDyOTs no tienen planeados tratamientos para RSU, los porcentajes detallados de los residuos que se generan son muy escasos y sobre todo no se encuentran valores de caracterización, solo algunas provincias cuentan con valores de producción per cápita, también debe hacerse notar la falta de cultura que existe en torno a los sistemas de tratamiento como un complemento cultural dentro de los cantones; adicionalmente se encuentra que los planes de manejo a nivel nacional presentan muchas decadencias o en casos extremos los planes solo están como propuestas que se pretenden cumplir más adelante. Se puede establecer entonces que muchos de los PDyOT que se han analizado no tienen planteamientos adecuados para las ciudades que describen, considerando que cada uno de estos documentos debería reflejar propuestas que busquen cumplir con los objetivos del desarrollo sostenible.

Es importante mencionar que se hizo un análisis del tratamiento de los residuos sólidos en las ciudades establecidas en la Tabla 19-3 para situar a la investigación dentro de la realidad legislativa y social a nivel nacional general. Los plásticos forman parte del grupo de los residuos sólidos; sin embargo, no se encontró información ampliamente orientada hacia el tratamiento o clasificación de los mismos, por lo que se evidencia que en el Ecuador no existen normas o procesos tecnológicos especificados o netamente proyectados hacia el reciclado y tratamiento de los plásticos, por lo cual la propuesta del tratamiento mediante pirólisis representa una opción

bastante llamativa dentro de los municipios a nivel nacional.

Los documentos que se usaron para recolectar la información fueron descargados en su mayoría de la página de la Secretaría Nacional de Planificación, mientras que unos pocos se extrajeron de las páginas oficiales de los GADs de los cantones correspondientes.

3.17. Recolección de los Objetivos del Plan de Creación de Oportunidades 2021- 2025 del Gobierno del Encuentro

El Plan de Creación de Oportunidades es un documento basado en varios principios que se enfocan en el cumplimiento de los objetivos del Desarrollo Sostenible con una Visión de Largo Plazo (VLP) permitiendo proyectar la respuesta que se pretende dar a la Agenda 2030 para crear oportunidades para los ecuatorianos en un concepto de paz y libertad; este documento tiene una organización establecida sobre cinco ejes que son: Económico, Social, Seguridad Integral, Transición Ecológica e Institucional, dichos ejes cuentan con sus propios objetivos, políticas y metas establecidas, estos parámetros se enfocan en el mejoramiento de la situación actual del Ecuador y su posterior progreso (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, pp.9-99).

De acuerdo con el trabajo de investigación se pretende recoger los objetivos del Plan de Creación de Oportunidades que estén directamente relacionados con los impactos descritos anteriormente.

Eje económico

Objetivo 1: Incrementar y fomentar, de manera inclusiva, las oportunidades de empleo y las condiciones laborales.

Políticas

1.1 Crear nuevas oportunidades laborales en condiciones dignas, promover la inclusión laboral, el perfeccionamiento de modalidades contractuales, con énfasis en la reducción de brechas de igualdad y atención a grupos prioritarios, jóvenes, mujeres y personas LGBTI+.

Lineamientos territoriales

Pol. 1.1.

A7. Crear redes de empleo, priorizando el acceso a grupos excluidos y vulnerables, con enfoque de plurinacionalidad e interculturalidad.

Metas

1.1.1. Incrementar la tasa de empleo adecuado del 30,41% al 50,00%.

1.1.2. Reducir la tasa de desempleo juvenil (entre 18 y 29 años) de 10,08% a 8,17%.

Objetivo 2: Impulsar un sistema económico con reglas claras que fomente el comercio exterior, turismo, atracción de inversiones y modernización del sistema financiero nacional.

Políticas

2.1. Fortalecer vínculos comerciales con socios y países de mercados potenciales que permitan un libre comercio y la consolidación de las exportaciones no petroleras.

2.2. Promover un adecuado entorno de negocios que permita la atracción de inversiones y las asociaciones público- privadas.

Metas

2.2.4. Incrementar la Inversión Extranjera Directa de USD 1,189,83 millones a USD 2,410,17 millones.

2.2.6. Incrementar la Inversión Privada Nacional y Extranjera de USD 1,676,90 millones a USD 7,104,68 millones (USD 23,5 miles de millones acumulados).

Objetivo 4: Garantizar la gestión de las finanzas públicas de manera sostenible y transparente.

Políticas

4.1 Priorizar el gasto público para la atención en salud, educación, seguridad, con enfoque en los derechos humanos.

4.4 Garantizar el financiamiento público sostenible minimizando los efectos en las generaciones futuras.

4.5 Generar condiciones macroeconómicas óptimas que propicien un crecimiento económico inclusivo y sostenible.

Lineamientos territoriales

Pol. 4.1.

H2. Incluir las particularidades territoriales en el proceso de asignación de los dinero públicos.

Metas

4.1.1. Reducir de 78,22% a 76,02% los gastos primarios del Gobierno respecto al Presupuesto General del Estado.

4.4.1. Reducir de 60,7% a 57% la deuda pública y otras obligaciones de pago con relación al Producto Interno Bruto.

4.5.2. Alcanzar un crecimiento anual del Producto Interno Bruto del 5% en el 2025.

Eje Social

Objetivo 5: Proteger a las familias, garantizar sus derechos y servicios, erradicar la pobreza y promover la inclusión social

Políticas

5.3 Consolidar un sistema de seguridad social universal, eficiente, transparente y sostenible, en corresponsabilidad entre el Estado, el sector privado y la ciudadanía.

Metas

5.2.2. Reducir la brecha de empleo adecuado entre hombres y mujeres del 33,50% al 28,45%.

5.3.1. Incrementar el porcentaje de personas cubiertas por alguno de los regímenes de seguridad social pública contributiva del 37,56% al 41,73%.

Objetivo 7: Potenciar las capacidades de la ciudadanía y promover una educación innovadora, inclusiva y de calidad en todos los niveles

Políticas

7.2 Promover la modernización y eficiencia del modelo educativo por medio de la innovación y el uso de herramientas tecnológicas.

7.4 Fortalecer el Sistema de Educación Superior bajo los principios de libertad, autonomía responsable, igualdad de oportunidades, calidad y pertinencia; promoviendo la investigación de alto impacto.

Lineamientos territoriales

Pol. 7.2.

A6. Crear programas de formación técnica y tecnológica pertinentes al territorio, con un enfoque de igualdad de oportunidades.

Pol. 7.4.

G8. Generar redes de conocimiento vinculadas a la educación superior, que promuevan espacios territoriales de innovación adaptados a las necesidades de la sociedad y el sector productivo local.

G9. Promover la investigación científica y la transferencia de conocimiento que permitan la generación de oportunidades de empleo en función del potencial del territorio.

Objetivo 8: Generar nuevas oportunidades y bienestar para las zonas rurales, con énfasis en pueblos y nacionalidades

Políticas

8.1 Erradicar la pobreza y garantizar el acceso universal a servicios básicos y la conectividad en la áreas rurales, con pertinencia territorial.

Lineamientos territoriales

Pol. 8.1.

A9. Fortalecer los sistemas de agua potable y saneamiento como elementos fundamentales para garantizar la salud de la población.

Eje Transición Ecológica

Objetivo 11: Conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales

Políticas

11.2 Fomentar la capacidad de recuperación y restauración de los recursos naturales renovables.

Lineamientos territoriales

Pol. 11.2.

E7. Regular la exploración y explotación de recursos naturales no renovables, con la finalidad de minimizar las externalidades sociales y ambientales.

Objetivo 12: Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al Cambio Climático

Políticas

12.1 Fortalecer las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

12.2 Promover modelos circulares que respeten la capacidad de carga de los ecosistemas oceánicos, marino- costeros y terrestres, permitiendo su recuperación; así como, la reducción de la contaminación y la presión sobre los recursos naturales e hídricos.

12.3 Implementar mejores prácticas ambientales con responsabilidad social y económica, que fomenten la concientización, producción y consumo sostenible, desde la investigación, innovación y transferencia tecnología.

Lineamientos territoriales

Pol. 12.1.

D1. Impulsar modelos de transporte público masivos de calidad y eficientes energéticamente.

Pol. 12.2.

E6. Incentivar los procesos de economía circular para el mejor aprovechamiento de los recursos y generación de fuentes alternativas de empleo.

F2. Implementar esquemas para la gestión integral de pasivos ambientales, desechos sólidos, descargas líquidas y emisiones atmosféricas contaminantes, así como de desechos tóxicos y peligrosos, considerando tanto las zonas urbanas y rurales.

Pol. 12.3.

D4. Promover una economía de mercado sostenible que genere oportunidades de empleo y considere las particularidades de cada ecosistema, particularmente en Galápagos y la Amazonía.

Metas

12.1.1. Incrementar de 71 a 90 los instrumentos integrados para aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático, promover la resiliencia al clima y mitigar el cambio climático sin comprometer la producción de alimentos.

12.2.1. Incrementar de 0% a 20% la recuperación de los residuos y/o desechos en el marco de la aplicación de políticas de responsabilidad extendida al productor.

12.2.2. Evitar que la brecha entre la huella ecológica y biocapacidad per cápita no sea inferior a 0,30 hectáreas globales.

12.3.1. Reducir de 79.833 a 62.917 kBEP la energía utilizada en los sectores de consumo.

12.3.3. Incrementar de 21.6 a 50.5 millones el ahorro de combustibles en Barriles Equivalentes de Petróleo, optimizando el proceso de generación eléctrica y la eficiencia energética en el sector de hidrocarburos.

Objetivo 13: Promover la gestión integral de los recursos hídricos

Políticas

13.2 Promover la gestión sostenible del recurso hídrico en todos sus usos y aprovechamientos.

13.3 Impulsar una provisión del servicio de agua para consumo humano y saneamiento en igualdad de oportunidades.

Lineamientos Territoriales

Pol. 13.2.

G7. Fortalecer los mecanismos de administración y uso sostenible del agua entre sus diferentes usos, mediante estrategias que reduzcan la degradación del patrimonio hídrico.

Pol. 13.3.

G7. Fortalecer los mecanismos de administración y uso sostenible del agua entre sus diferentes usos, mediante estrategias que reduzcan la degradación del patrimonio hídrico.

Metas

13.2.1. Incrementar las autorizaciones para uso y aprovechamiento del recurso hídrico de 500 a 12.000.

(Secretaría Nacional de Planificación, 2021, pp.9-99)

Tabla 16-3: Objetivos, Políticas, Lineamientos y Metas del Plan de Generación de Oportunidades

Ejes	Objetivos	Políticas	Lineamientos	Metas
ECONÓMICO	O1: Incrementar y fomentar, de manera inclusiva, las oportunidades de empleo y las condiciones laborales	1.1 Crear nuevas oportunidades laborales en condiciones dignas, promover la inclusión laboral, el perfeccionamiento de modalidades contractuales, con énfasis en la reducción de brechas de igualdad y atención a grupos prioritarios, jóvenes, mujeres y personas LGBTI+.	A7. Crear redes de empleo, priorizando el acceso a grupos excluidos y vulnerables, con enfoque de plurinacionalidad e interculturalidad.	1.1.1. Incrementar la tasa de empleo adecuado del 30,41% al 50,00%. 1.1.2. Reducir la tasa de desempleo juvenil (entre 18 y 29 años) de 10,08% a 8,17%.
	O2: Impulsar un sistema económico con reglas claras que fomente el comercio exterior, turismo, atracción de inversiones y	2.1. Fortalecer vínculos comerciales con socios y países de mercados potenciales que permitan un libre		

	modernización del sistema financiero nacional.	comercio y la consolidación de las exportaciones no petroleras. 2.2. Promover un adecuado entorno de negocios que permita la atracción de inversiones y las asociaciones público- privadas.		2.2.4. Incrementar la Inversión Extranjera Directa de USD 1,189,83 millones a USD 2,410,17 millones. 2.2.6. Incrementar la Inversión Privada Nacional y Extranjera de USD 1,676,90 millones a USD 7,104,68 millones (USD 23,5 miles de millones acumulados).
	O4: Garantizar la gestión de las finanzas públicas de manera sostenible y transparente.	4.1 Priorizar el gasto público para la atención en salud, educación, seguridad, con enfoque en los derechos humanos. 4.4 Garantizar el financiamiento público sostenible minimizando los efectos en las generaciones futuras. 4.5 Generar condiciones macroeconómicas óptimas que propicien un crecimiento económico inclusivo y sostenible.	H2. Incluir las particularidades territoriales en el proceso de asignación de los dinero públicos.	4.1.1. Reducir de 78,22% a 76,02% los gastos primarios del Gobierno respecto al Presupuesto General del Estado. 4.4.1. Reducir de 60,7% a 57% la deuda pública y otras obligaciones de pago con relación al Producto Interno Bruto. 4.5.2. Alcanzar un crecimiento anual del Producto Interno Bruto del 5% en el 2025.
SOCIAL	O5: Proteger a las familias, garantizar			5.2.2. Reducir la brecha de empleo

	<p>sus derechos y servicios, erradicar la pobreza y promover la inclusión social</p>	<p>5.3 Consolidar un sistema de seguridad social universal, eficiente, transparente y sostenible, en corresponsabilidad entre el Estado, el sector privado y la ciudadanía.</p>		<p>adecuado entre hombres y mujeres del 33,50% al 28,45%.</p> <p>5.3.1. Incrementar el porcentaje de personas cubiertas por alguno de los regímenes de seguridad social pública contributiva del 37,56% al 41,73%.</p>
	<p>O7: Potenciar las capacidades de la ciudadanía y promover una educación innovadora, inclusiva y de calidad en todos los niveles</p>	<p>7.2 Promover la modernización y eficiencia del modelo educativo por medio de la innovación y el uso de herramientas tecnológicas.</p> <p>7.4 Fortalecer el Sistema de Educación Superior bajo los principios de libertad, autonomía responsable, igualdad de oportunidades, calidad y pertinencia; promoviendo la investigación de alto impacto.</p>	<p>A6. Crear programas de formación técnica y tecnológica pertinentes al territorio, con un enfoque de igualdad de oportunidades.</p> <p>G8. Generar redes de conocimiento vinculadas a la educación superior, que promuevan espacios territoriales de innovación adaptados a las necesidades de la sociedad y el sector productivo local.</p> <p>G9. Promover la investigación científica y la transferencia de conocimiento que permitan la generación de oportunidades de empleo en función del potencial del</p>	

			territorio.	
	O8: Generar nuevas oportunidades y bienestar para las zonas rurales, con énfasis en pueblos y nacionalidades	8.1 Erradicar la pobreza y garantizar el acceso universal a servicios básicos y la conectividad en la áreas rurales, con pertinencia territorial.	A9. Fortalecer los sistemas de agua potable y saneamiento como elementos fundamentales para garantizar la salud de la población.	
	O11: Conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales Políticas	11.2 Fomentar la capacidad de recuperación y restauración de los recursos naturales renovables.	E7. Regular la exploración y explotación de recursos naturales no renovables, con la finalidad de minimizar las externalidades sociales y ambientales.	
TRANSICIÓN ECOLÓGICA		12.1 Fortalecer las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.	D1. Impulsar modelos de transporte público masivos de calidad y eficientes energéticamente.	12.1.1. Incrementar de 71 a 90 los instrumentos integrados para aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático, promover la resiliencia al clima y mitigar el cambio climático sin comprometer la producción de alimentos.
	O12: Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al Cambio Climático Políticas	12.2 Promover modelos circulares que respeten la capacidad de carga de los ecosistemas oceánicos, marino-costeros y terrestres, permitiendo su recuperación; así como, la reducción	E6. Incentivar los procesos de economía circular para el mejor aprovechamiento de los recursos y generación de fuentes alternativas de empleo. F2. Implementar	12.2.1. Incrementar de 0% a 20% la recuperación de los residuos y/o desechos en el marco de la aplicación de políticas de responsabilidad extendida al

		<p>de la contaminación y la presión sobre los recursos naturales e hídricos.</p> <p>12.3 Implementar mejores prácticas ambientales con responsabilidad social y económica, que fomenten la concientización, producción y consumo sostenible, desde la investigación, innovación y transferencia tecnológica.</p>	<p>esquemas para la gestión integral de pasivos ambientales, desechos sólidos, descargas líquidas y emisiones atmosféricas contaminantes, así como de desechos tóxicos y peligrosos, considerando tanto las zonas urbanas y rurales.</p> <p>D4. Promover una economía de mercado sostenible que genere oportunidades de empleo y considere las particularidades de cada ecosistema, particularmente en Galápagos y la Amazonía.</p>	<p>productor.</p> <p>12.2.2. Evitar que la brecha entre la huella ecológica y biocapacidad per cápita no sea inferior a 0,30 hectáreas globales.</p> <p>12.3.1. Reducir de 79.833 a 62.917 kBEP la energía utilizada en los sectores de consumo.</p> <p>12.3.3. Incrementar de 21.6 a 50.5 millones el ahorro de combustibles en Barriles Equivalentes de Petróleo, optimizando el proceso de generación eléctrica y la eficiencia energética en el sector de hidrocarburos.</p>
	<p>O13: Promover la gestión integral de los recursos hídricos</p>	<p>13.2 Promover la gestión sostenible del recurso hídrico en todos sus usos y aprovechamientos.</p>	<p>G7. Fortalecer los mecanismos de administración y uso sostenible del agua entre sus diferentes usos, mediante estrategias que reduzcan la degradación del patrimonio hídrico.</p>	<p>13.2.1. Incrementar las autorizaciones para uso y aprovechamiento del recurso hídrico de 500 a 12.000.</p>

		13.3 Impulsar una provisión del servicio de agua para consumo humano y saneamiento en igualdad de oportunidades.	G7. Fortalecer los mecanismos de administración y uso sostenible del agua entre sus diferentes usos, mediante estrategias que reduzcan la degradación del patrimonio hídrico.	
--	--	---	--	--

Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, pp.9-99)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

3.18. Evaluación de las Metas del Plan de Creación de Oportunidades como indicadores del desarrollo sostenible de acuerdo a la dimensión de importancia que tengan en el proyecto

Tabla 17-3: Calificación de las Metas planteadas en el Plan de Creación de Oportunidades según la influencia en el proyecto.

Metas del Plan de Creación de Oportunidades					
Ambiental (A)		Económica (E)		Social (S)	
A1. Incrementar de 71 a 90 los instrumentos integrados para aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático, promover la resiliencia al clima y mitigar el cambio climático sin comprometer la producción de alimentos.	0.70	E1. Incrementar la tasa de empleo adecuado del 30,41% al 50,00%.	0.35	S1. Reducir la brecha de empleo adecuado entre hombres y mujeres del 33,50% al 28,45%.	0.85
A2. Incrementar de 0% a 20% la recuperación de los residuos y/o desechos en el marco de la aplicación de políticas de responsabilidad extendida al productor.	0.50	E2. Reducir la tasa de desempleo juvenil (entre 18 y 29 años) de 10,08% a 8,17%.	0.35	S2. Incrementar el porcentaje de personas cubiertas por alguno de los regímenes de seguridad social pública contributiva del 37,56% al 41,73%.	0.85
A3. Evitar que la brecha entre la huella ecológica y biocapacidad per cápita no sea inferior a 0,30 hectáreas globales.	0.35	E3. Incrementar la Inversión Extranjera Directa de USD 1,189,83 millones a USD 2,410,17 millones.	0.40		
A4. Reducir de 79.833 a	0.60	E4. Incrementar la Inversión	0.35		

62.917 kBEP la energía utilizada en los sectores de consumo.		Privada Nacional y Extranjera de USD 1,676,90 millones a 7,104,68 millones (USD 23,5 miles de millones acumulados)			
A5. Incrementar de 21.6 a 50.5 millones el ahorro de combustibles en Barriles Equivalentes de Petróleo, optimizando el proceso de generación eléctrica y la eficiencia energética en el sector de hidrocarburos.	0.60	E5. Reducir de 78,22% a 76,02% los gastos primarios del Gobierno respecto al Presupuesto General del Estado.	0.45		
A6. Incrementar las autorizaciones para uso y aprovechamiento del recurso hídrico de 500 a 12.000.	0.45	E6. Reducir de 60,7% a 57% la deuda pública y otras obligaciones de pago con relación al PIB.	0.55		
		E7. Alcanzar un crecimiento anual de PIB del 5% en el 2025.	0.35		
Promedio (A)	0.53	Promedio (E)	0.4	Promedio (S)	0.85

Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, pp.9-99)

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

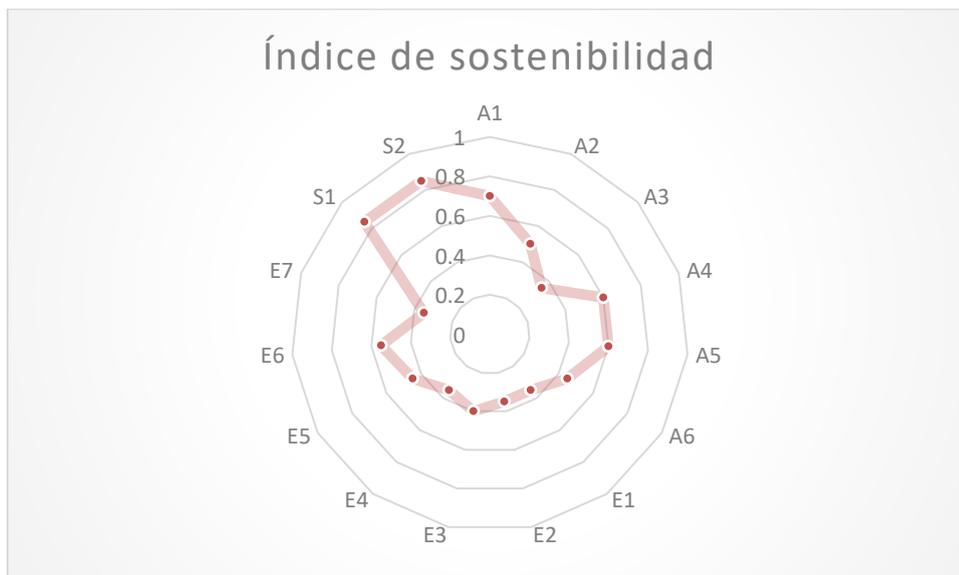


Gráfico 1-3: Índice de sostenibilidad bajo tres ejes

Realizado por: Sánchez Marly, 2023

El análisis que se ha realizado en esta sección permite determinar que las metas seleccionadas para establecer la relación y análisis corresponden mayoritariamente al eje económico, seguido del eje ambiental y finalmente el eje social; a pesar de esto, el valor que se registra para el eje económico parece ser el más problemático considerando que es el que mayor puntos de relación tiene en comparación a los otros dos.

Para cada uno de los ejes mediante la evaluación subjetiva que se realizó se han obtenido valores de 0.53 para el ambiental, 0.4 para el económico y 0.85 para el social, de tal manera, que se evidencia que las metas de los ejes económicos son los más cercanos al punto máximo de importancia.

Gracias a los valores obtenidos es posible reafirmar que el mayor eje afectado es el económico. De acuerdo con la escala de valores que se ubica en el Gráfico 2-3 es posible hacer una calificación de los ejes según la afectación que pueden tener, basándose en los resultados se evidencia que el 0.53 obtenido para el eje ambiental está en una posición inestable lo que puede indicar que es una situación medianamente grave pero que tiene mayor oportunidad de corregirse con los procedimientos adecuados. Por otro lado, el eje económico únicamente alcanza un promedio de 0.4 por lo que se ubica en un estado crítico, en este caso ya se había evidenciado que la situación económica del proyecto es la parte más compleja y que puede generar mayores impactos para el desarrollo del mismo. Finalmente, el eje social cuenta con un promedio de 0.85 lo que lo ubica en una situación óptima, que prácticamente no requiere intervención de gran importancia para solucionar los fallos que pueda presentar.

Haciendo un análisis basado en evidencia de información se puede determinar que, al menos, en el plan del Gobierno del Encuentro, el desarrollo económico y la preservación de los recursos financieros del estado no son una prioridad, esto provoca que el financiamiento se priorice para proyectos considerados con mayor importancia dejando de lado las inversiones y las intervenciones para sectores educativos e investigativos, aunque se haya propuesto también la implementación de tecnologías, investigación e inserción de nuevos recursos, estas están dirigidas a otras áreas como son los sectores agrícolas y turísticos principalmente, relegando el desarrollo, preservación, cuidado ambiental, y también a la investigación de tecnologías que podrían ser de utilidad en la resolución de problemas de salubridad como es el reciclado de residuos plásticos mediante pirólisis y el posterior uso de los residuos generados del proceso.

Por otro lado, para el eje social no se evidencia mayor importancia en relación a las metas puesto que los valores que se reflejan en la evaluación y en el Gráfico 1-3 muestran que estos están fuera del riesgo, más bien es posible determinar que las actividades relacionadas con el uso de los

productos de residuos de la pirólisis de plásticos tales como la generación de trabajo, difusión de información, entre otras podrían generar impactos positivos.

3.19. Determinación del índice de grado de desarrollo sostenible (S'3)

$$IDS = \frac{0.53 + 0.40 + 0.85}{3}$$
$$IDS = \frac{1.78}{3}$$
$$IDS = 0.5933 \approx 0.6$$

Por otro lado, el valor general de 0.6 que se ha obtenido para el IDS de todo el proyecto y basando su análisis en la escala del Gráfico 2-2 se determina que el proyecto es Inestable pues está en el límite de la escala de 0.4 a 0.6 que determina que los valores de IDS comprendidos entre este rango son Inestables. Considerando los promedios obtenidos en cada uno de los ejes por separado y comparados con el mismo gráfico en cuestión resultó evidente comprender en cuales se debe enfocar y realizar análisis más detallados que permitan determinar si el proyecto sería sostenible a largo plazo bajo las consideraciones y requerimientos de cada uno de los ejes siendo evidente que el eje económico es el más problemático en comparación a los otros dos ejes. Basado en toda la información y evidencia recolectada a lo largo de la investigación es posible sostener que la viabilidad del proyecto es inestable y considerando las circunstancias del entorno en el que se pretende desarrollar el proyecto se torna un tanto complicado darle una solución inmediata que permite la implementación de la pirólisis como tratamiento a gran escala.

3.20. Índice de factibilidad

La pauta principal para esta descripción son los resultados obtenidos al calcular el índice de sostenibilidad a través del cual se determinó la existencia de un término medio en cuanto a la factibilidad del proyecto debido a que su estado inestable no es el deseado para alcanzar un estado óptimo a largo plazo.

Los ejes del desarrollo sostenible sobre los cuales se trabajó son las bases fundamentales para llevar a cabo un proyecto que busque integrar la economía circular en su estructura y sistema.

En el contexto ecuatoriano se debe mencionar que el Gobierno del Encuentro se proyecta a cumplir con los objetivos de la sostenibilidad, sin embargo, no se encontró mayor evidencia del desarrollo o cumplimiento de los planes o políticas, por el contrario, únicamente es posible comprobar las proyecciones de los que se debería hacer a largo plazo.

En el ámbito económico, se establece que la mayor parte del presupuesto de estado e incluso de las inversiones extranjeras será destinada a los sectores agrícolas y turísticos principalmente; en el ámbito social, de lo que podría ser de nuestro interés solo se habla de la creación de fuentes de trabajo en la cual se responsabiliza del bienestar de los trabajadores únicamente a los empleadores. En el sector ambiental no se encuentran establecidas medidas particulares para el sinnúmero de eventos que se podrían generar en este tipo de proyectos y sobre muchos de los factores ambientales en general.

Con los resultados que se presentan anteriormente es posible predecir que desde el punto de vista económico que el proyecto es muy poco factible debido a la gran cantidad de recursos económicos necesarios, y basada en la evidencia existente de que el gobierno no dispone de recursos para la investigación del proyecto y por ende sería muy complicado conseguir inversores externos tanto nacionales como internacionales, sumando a esta situación el hecho de que existe mayoritariamente evidencia de en otros proyectos similares el factor económico representa el freno para su ejecución. Si se establece la factibilidad para el eje ambiental, se puede predecir que ambientalmente el proyecto puede ser viable, considerando el sinnúmero de requerimientos para adecuaciones a equipos, motores, quemadores, para que no sean contaminantes.

Resulta imprescindible mencionar que el consumo de agua es un impacto importante por solucionar durante el proceso de pirólisis; por otro lado, el eje social es el que demuestra mayor factibilidad en comparación con los descritos anteriormente ya que la generación de trabajos que puede abarcar este tipo de proyecto es realmente importante y va asociado en una forma positiva con el eje económico, además, se debe mencionar que para este caso, el tema principal del proyecto sigue siendo nuevo dentro de la sociedad por lo que requeriría una divulgación de información importante.

CONCLUSIONES

El índice de factibilidad para el aprovechamiento de los productos obtenidos de la pirólisis de los residuos plásticos urbanos se evaluó basado en el cálculo del índice de sostenibilidad obteniendo un resultado objetivo basado en la comparación de valores con una escala para determinar el IDS para el que previamente se habían evaluado los ejes ambiental, económico y social; obteniendo como resultado un Índice de Desarrollo Sostenible en un estado Inestable con un valor de 0.6 de acuerdo con lo representado en la escala del Gráfico 2-2 indicando de esta manera que el proyecto está en punto medio para poder ser evaluado y llevado a mejoramiento en los ejes que lo requieran primordialmente para que el proyecto pueda ser funcional. Además, mediante la recolección de información y la descripción de impactos fue posible determinar que en el contexto ecuatoriano el proyecto no posee un rango de factibilidad que de seguridad para el desarrollo del mismo.

Se estableció una base de datos del proceso de pirólisis de residuos plásticos urbanos obtenidos en la ciudad de Riobamba completa con toda la información que pudiera servir para la comprensión de la situación en la ciudad. También, se recolectaron datos sobre la pirólisis de residuos plásticos y el uso de los residuos generados a partir de este proceso, tanto a nivel local, como a nivel nacional e internacional. Esta información permitió obtener una visión global y pertinente para poder desarrollar la presente investigación.

La determinación de los impactos ambientales de los productos obtenidos de la pirólisis de residuos plásticos urbanos se desarrolló mediante el método subjetivo de la matriz de Leopold valorada bajo los aspectos ambiental, económico y social. En este caso se realizó de igual manera una recolección de los posibles impactos específicos tanto del uso de los productos de la pirólisis de plásticos y se expandió para evaluar los impactos desde el inicio del proceso, esto debido a que se consideró que para la generación y posterior uso de un producto existe un proceso previo que también es generador de impactos. Gracias a esto se determinó que el aspecto que mayor impacto genera es el económico con una puntuación de 110, seguida por el ambiental con un valor de 83 y finalmente el social con un valor de 35.

El Potencial Medioambiental o lo que viene a ser lo mismo el Índice de Sostenibilidad basado en el impacto de los residuos con el reciclaje químicos, se llevó a cabo mediante una relación establecida con el Plan de Creación de Oportunidades que se relaciona directamente con los objetivos del Desarrollo Sostenible para el Ecuador. Las metas que se seleccionaron para ser evaluadas en los tres ejes económico, ambiental y social se establecieron basadas con la relación que tuvieron con los impactos sobre los mismos tres aspectos determinados en el objetivo anterior.

En este la evaluación se realizó de una manera subjetiva basada en la importancia, demostrando en este caso también que el eje más problemático sigue siendo el económico, seguido por el ambiental y finalmente por el social, determinando que la sostenibilidad del proyecto es Inestable, es decir poco sostenible.

RECOMENDACIONES

- Establecer un enfoque particular y un proceso específico para la metodología de investigación evitando confusiones a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación.
- Incentivar a la investigación a cerca de tecnologías de reciclado químico que permitan el tratamiento de los residuos plásticos, mismos que representan una problemática grave en cuanto a la contaminación del ambiente.
- Continuar con los estudios a cerca de la factibilidad del proceso de pirólisis de residuos plásticos urbanos en el Ecuador, relacionándolo con los principios de economía circular y desarrollo sostenible cubriendo el déficit de información e investigación en esta área.
- Recomendar la realización de estudios de factibilidad sobre proyectos similares puesto que de esta forma se puede tener una visión general del medio en el que una investigación puede ser desarrollada.

BIBLIOGRAFÍA

AMAR GIL, S., ARDILA ARIAS, A. y BARRERA ZAPATA, R. "Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de la pirólisis de residuos plásticos". *Ingeniería y Desarrollo* [en línea], 2019, (Colombia). 37(2), pp. 306-326. [Consulta: 20 agosto 2022]. ISSN 0122-3461. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.2.1285>

BOLAÑOS ZEA, J.J. Reciclado de Plástico PET [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Católica San Pablo. Facultad de Ingenierías y Computación. Arequipa, Perú. 2019. pp. 1-5. [Consulta: 20 agosto 2022] Disponible en: http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16146/1/BOLAÑOS_ZEA_JUA_PET.pdf

BOTET, A. ESTUDIO DE LOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL RECICLADO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN [en línea]. (Trabajo de titulación). (Arquitectura). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2019. pp. 4-28. [Consulta: 03 septiembre 2022] Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115263/memoria_6290039.pdf?sequence=1

CAMPOS GRANADOS, M. Biodegradación de plásticos convencionales: Estrategias y perspectivas [en línea]. (Trabajo de titulación). (Biotecnología). Universidad de Almería. Almería, España. 2021. pp. 9-10. [Consulta: 17 julio 2022] Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13496/CAMPOS GRANADOS%2C MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHARRO, M.M. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Quito, Ecuador. 2015. pp. 1-5. [Consulta: 17 julio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

COLECTIVO DE AUTORES y PADIT. *ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD AMBIENTAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO LOCAL* [en línea]. La Habana, Cuba: PADIT; CEDEL, 2019. [Consulta: 17 agosto 2022]. Disponible en: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/PADIT_An%C3%A1lisis%20de%20la%20factibilidad%20ambiental%20de%20proyectos%20de%20desarrollo%20local.pdf

DE LA CUESTA GONZÁLEZ, M., NOVILLO MARTÍN, E. y PARDO HERRASTI, E. *La Economía Circular: Una Opción Inteligente* [en línea]. 37ª Edición. Madrid, España: Economistas sin fronteras. 2020. [Consulta: 20 agosto 2022]. Disponible en: <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Economía-Circular.pdf>

DE MIGUEL, C., MARTÍNEZ, K., PEREIRA, M. y KOHOUT, M. *Economía Circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora*. Naciones U. Santiago, Chile: Naciones Unidas. 2021. S.21-00423. pp. 7-10.

DÍAZ CALEÑO, F. Evaluación de la pirólisis como un método para la obtención de combustibles líquidos a partir de los plásticos generados en la universidad autónoma de occidente [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería. Cali, Colombia. 2020. pp. 33. [Consulta: 17 julio 2022] Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12340/T09200.pdf;jsessionid=AE1FCE7648871CF5AB64F9B125A67297?sequence=5>

ECOPLAS. MANUAL LOS PLÁSTICOS EN LA ECONOMÍA CIRCULAR [en línea]. 6ª Edición. Buenos Aires, Argentina. ECOPLAS, 2020. [Consulta: 28 julio 2022]. Disponible en: <https://ecoplas.org.ar/site2020/wp-content/uploads/2021/05/Libro-digital-Manual-Economia-Circular-OK.pdf>

EDRAW. *Gráfico tela de araña: una herramienta dinámica para el análisis de datos*. [blog]. [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.edrawsoft.com/es/chart/spider-web-chart.html>

ESCOBAR BOLÍVAR, M.A. VALORACIÓN DE PRODUCTOS SÓLIDOS EN LA PIRÓLISIS DEL PET [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 2020. pp. 7-31. [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45065/u831430.pdf?sequence=1&is>

ESPINOZA QUISPE, C., MARRERO SAUCEDO, F. y HINOJOSA BENAVIDES, R. "Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal de Huancavelica, Perú". *Letras Verdes: Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* [en línea], 2020, (Ecuador) 28(sn), pp. 163-177. [Consulta: 28 noviembre 2022]. ISSN 1390-6631. Disponible en: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4269>

FERNÁNDEZ NAVA, Y., DEL RÍO, J., RODRÍGUEZ IGLESIAS, J., CASTRILLÓN, L. y MARAÑÓN, E. "Life cycle assessment of different municipal solid waste management options: a case study of Austria". *Journal of Cleaner Production* [en línea], 2014, (Países Bajos) 81(15), pp. 178-189. [Consulta: 28 noviembre 2022]. ISSN 0959-6526. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.008>

GARCÍA PÉREZ, J.M. *La edad de los polímeros. Un mundo de plástico* [en línea]. Burgos, España: Universidad de Burgos- Secretaría General, 2014. [Consulta: 6 agosto 2022]. Disponible en: 10.13140/RG.2.1.4762.1845

GAVILANES MONTOYA, A.V., LARREA POVEDA, A.F. y LOGROÑO NARANJO, S.I. "Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de residuos sólidos generados en el camal de Riobamba". *Polo Conocimiento* [en línea], 2020, (Ecuador) 5(04), pp. 86-114. [Consulta: 6 agosto 2022]. ISSN 2550-682X. Disponible en: 10.23857/pc.v5i4.1368

HAYA LEIVA, E. *Análisis de Ciclo de Vida* [en línea]. Madrid- España: Escuela de organización industrial EOI, 2016. [Consulta: 6 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.eoi.es>

HERMIDA, M. y MANTÉ, M. "Los indicadores ambientales para la medición del desarrollo sostenible de Tierra del Fuego". *Informes Científicos Técnicos* [en línea], 2019, (Argentina) 11(1), pp. 1-27. [Consulta: 23 septiembre 2022]. ISSN 1852-4516. Disponible en: <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v11i1.770>

KALARGARIS, I., TIAN, G. y GU, S. "Combustion, performance and emission analysis of a DI diesel engine using plastic pyrolysis oil". *Fuel Processing Technology* [en línea], 2017, (United Kingdom) 157(sn), pp. 108-115. [Consulta: 23 septiembre 2022]. ISSN 0378-3820. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.11.016>

LAM SANMARTIN, E.P. *Producción potencial de Bio Oil y Biochar por pirólisis de residuos de banano y arroz.* [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 2020. pp. 11-14. [Consulta: 08 noviembre 2022]. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16320/1/E-11729_LAM SANMARTIN ERIKA PATRICIA.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16320/1/E-11729_LAM_SANMARTIN_ERIKA_PATRICIA.pdf)

LASEK, J., HRYCKO, P., WASIELEWSKI, R., KOPCZYŃSKI, M., BODORA, K., KACZMARZYK, G. y ADAMCZYK, M. "Combustion of micro wax from polyethylene pyrolysis". *Combustion Science and Technology* [en línea], 2018, (United States) 190(7), pp.

1246-1258. [Consulta: 13 octubre 2022]. ISSN 1563521X. Disponible en: [10.1080/00102202.2018.1446132](https://doi.org/10.1080/00102202.2018.1446132)

LOAYZA JARAMILLO, C.O. VALORACIÓN MEDIANTE LA MATRIZ DE LEOPOLD DEL ESIA DE LA REGENERACIÓN AV. FERROVIARIA, CANTÓN MACHALA, EL ORO [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 2021. pp. 15-18. [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16842/1/ECFIC-2021-IC-DE-00007.pdf>

LOPEZ, G., ARTETXE, M., AMUTIO, M., BILBAO, J. y OLAZAR, M. "Thermochemical routes for the valorization of waste polyphenolic plastics to produce fuels and chemicals". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2017, (España) 73(sn), pp. 346-368. [Consulta: 20 septiembre 2022]. ISSN 346-368. Disponible en: [10.1016/j.rser.2017.01.142](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.142)

LUBONGO, C., CONGDON, T., MCWHINNIE, J. y PASCHALIS, A. "Economic feasibility of plastic waste conversion to fuel using pyrolysis". *Sustainable Chemistry and Pharmacy* [en línea], 2022, (Alemania) 27(sn), pp. 2-7. [Consulta: 13 octubre 2022]. ISSN 100683. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100683>

MEYS, R., FRICK, F., WESTHUES, S., STERNBERG, A., KLANKERMAYER, J. y BARDOW, A. "Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling". *Resources, Conservation and Recycling* [en línea], 2020, (Alemania) 162(sn), pp. 1-10. [Consulta: 13 octubre 2022]. ISSN 18790658. Disponible en: [10.1016/j.resconrec.2020.105010](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105010)

MILLAN CASAS, T.B. Estudio de Factibilidad Técnica y Económica de una Planta de Pirolisis para la Valorización Energética de Residuos Sólidos Urbanos en el Distrito Federal [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma Metropolitana. (Azcapotzalco-México). 2014. pp. 58. Disponible en: http://energia.azc.uam.mx/images/PDF/ProyecINVES/Tec_Sust/Estudio-de-Factibilidad-Tcnica-y-Economica-de-una-Planta-de-Pirolisis.pdf

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES* [blog]. Quito, Ecuador. Gobierno del Ecuador. 2021. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes->

[Consulta: 05 noviembre 2022]. ISSN 2218-3620. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202017000100001

ONU. *La ONU advierte de que sólo el 9 % del plástico usado en el mundo se recicla* [blog]. (Barcelona): Agencia EFE, 2018. [Consulta: 6 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/la-onu-advierte-de-que-solo-el-9-del-plastico-usado-en-mundo-se-recicla/10004-3638488>

OVIEDO LOPERA, J., URREA GALEANO, V., ZULUAGA HERNÁNDEZ, C., RODRIGUEZ ORTIZ, L. y MORENO ZARTHA, J. "Análisis del ciclo de vida- Aplicación en seis áreas del conocimiento e investigación en biotecnología". *Espacios* [en línea], 2017, (España) 38(36), pp. 24. [Consulta: 13 septiembre 2022]. ISSN 0798 1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n36/a17v38n36p24.pdf>

PALMA, H. y TENESACA, F. Estudio de la degradabilidad del PET (Polietileno tereftalato) dosificado con celulosa de la cáscara de cacao [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2020. pp. 1-10. [Consulta: 13 septiembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18373/4/UPS-CT008688.pdf>

PALMAY, P., HARO, C., HUACHO, I., BARZALLO, D. y BRUNO, J.C. "Production and Analysis of the Physicochemical Properties of the Pyrolytic Oil Obtained from Pyrolysis of Different Thermoplastics and Plastic Mixtures". *Molecules* [en línea], 2022, (Ecuador) 27(3887), pp. 2-14. [Consulta: 1 septiembre 2022]. ISSN 1420- 3049. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27103287>

PALMAY, P., MEDINA, C. y VARGAS, K. "Pirolisis de plásticos de invernadero para recuperar ceras líquidas útiles para refinación". *Ciencia Latina* [en línea], 2021, (Ecuador) 5(3), pp. 3-10. [Consulta: 1 septiembre 2022]. ISSN 2707- 2207. Disponible en: <https://doi.org/10.37811/cl.rcm.v5i3.464>

PALMAY PAREDES, P. Revalorización energética de residuos plásticos urbanos mediante pirólisis: estudio termodinámico, experimentación, aplicación y usos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universitat Rovira i Virgili, Departament d' Enginyeria Mecànica, Tarragona, España. 2022. pp. 75-135. [Consulta: 1 agosto 2022]. Disponible: <https://www.tdx.cat/handle/10803/675657?locale-attribute=es#page=3>

PEÑA, E. "Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río «Yara» en el tramo urbano del municipio «Yara». *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], 2016, (Cuba) 4(1), pp. 59-71. [Consulta: 1 agosto 2022]. ISSN 2310-3469. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5608598>

PLASTICSEUROPE. *La economía circular de los plásticos* [blog]. Madrid, España: PlasticEurope, 2019. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2021/11/Economia_Circular_Plasticos-June2020_Spanish.pdf

PLASTIVIDA, 2007. *Boletín Técnico Informativo N°2- Residuos Plásticos: Su aprovechamiento como Necesidad* [en línea]. Argentina: CIT- Centro de Información Técnica Gerencia Técnica, 2007. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <http://ecoplas.org.ar/pdf/2.pdf>

QUICKER, P. *Evaluation of recent developments regarding alternative thermal waste treatment with focus in depolymerisation processes.* Vienna, Austria: RWTH Aachen University, 2019. ISBN 978-3-944310-48-0, pp. 361-370

RIVERA GARIBAY, O.O., ÁLVAREZ FILIP, L., RIVAS, M., GARELLI RÍOS, O., PÉREZ CERVANTES, E. y ESTRADA SALDÍVAR, N. *Impacto de la contaminación por plásticos en áreas naturales protegidas mexicanas.* Greenpeace México [en línea]. México: Greenpeace México, Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación, UNAM, 2020. [Consulta: 28 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/08/0ead5354-impacto-de-la-contaminacion-por-plastico-resumen.pdf>

RODRÍGUEZ MENDOZA, F. Simulación de un Proceso de Pirólisis de Plásticos empleados ASPEN- HYSYS [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Escuela de Ingenieros Industriales y Civiles, Gran Canaria, España. 2015. pp. 73. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible: <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/105898/2/Rodr%C3%ADguez%20Mendoza%2C%20Fayna.pdf>

SÁNCHEZ MORÁN, M.E., MARTÍNEZ MORÁN, O., GÓMEZ BARRIOS, X. y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, C. "Valorización energética de residuos: análisis de la combustión conjunta de biogás y gases de pirólisis (piro- BIOGÁS)". *Tecnología, Ciencia y Educación* [en línea], 2018, (España) 1(10), pp. 67-74. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 2444-250X. Disponible en: <https://doi.org/10.51302/tce.2018.195>

SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN. *Plan de Creación de Oportunidades 2021- 2025* [en línea]. Quito-Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación, 2021. [Consulta: 03 enero 2023]. Disponible en: <https://www.gob.ec/snp>.

SEO BIRDLIFE y ECOEMBES. *Informe Libera:Impacto del Abandono del Plástico en la Naturaleza* [en línea]. España: SEO BirdLife, Ecoembes, 2019. [Consulta: 25 noviembre 2022]. Disponible en: https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plásticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf

SIN. *Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* [en línea]. Quito-Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación, 2021. [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: <https://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>

SOLÍZ, M.F., DURANGO, J., SOLANO, J. y YÉPEZ, M. *Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador*. Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar- Sede Ecuador. ISBN: 978-9942-837-29-5, pp. 47-123

SOTO MEDINA, J.M. Reciclado mecánico del material plástico procedente de la fracción resto de las plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química, Granada, España. 2021. pp. 23-48. [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/72461>

SUAREZ ROJAS, E., LÓPEZ VELÁZQUEZ, A., ALDANA FRANCO, R., ALVÁREZ SÁNCHEZ, E., RIVERA PEÑA, Y., LEYZA RETURETA, J. y ALDANA FRANCO, F. Análisis tribológico de ceras pirolíticas para su uso como lubricantes [en línea]. *Memorias del XXVII Congreso Internacional Anual de la SOMIM*. Universidad Veracruzana, Pachuca, Hidalgo, México. 2021. pp. 11-16. [Consulta: 29 diciembre 2022]. Disponible en: https://somim.org.mx/memorias/memorias2021/articulos/A2_75.pdf

SUFFO AGUILAR, J.J. Estado del arte de la integración del aceite de pirólisis en refinerías petrolíferas convencionales [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad de Sevilla, Dep. Ingeniería Química y Ambiental, Sevilla, España. 2015. pp. 12-24. [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20468/fichero/PFC+JOSE+JOAQUIN+SUFFO+AGUILAR.pdf>

TACURI SARMIENTO, D.M. DISEÑO Y DESARROLLO DE REACTOR LECHO FIJO CATALÍTICO PARA GASIFICACIÓN DE BIOMASA DE BANANO EN LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, Ecuador. 2021. pp. 99. [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36136/1/Trabajo de Titulacion.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36136/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf)

TAKADA, H. y BELL, L. *Los peligros de la gestión de residuos plásticos. La conversión de residuos en energía, el reciclado químico y los combustibles plásticos.* Tokio, Japón: IPEN, 2021. ISBN 978-1-955400-12-1. pp. 59-66

UNICEF ECUADOR. *El aire que respiramos: Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador* [en línea]. Quito- Ecuador: UNICEF, 2020. [Consulta: 03 enero 2023]. Disponible en: https://www.unicef.org/ecuador/media/6611/file/Ecuador_el_aire_que_respiramos.pdf%20.pdf

URRICELQUI GOÑI, D. Efecto de las condiciones de operación en el hidrocrackeo conjunto de gasóleo de vacío (VGO) y polímeros oxigenados no olefínicos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad del País Vasco, Lejona, España. 2021. pp. 8. [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/54326/TFG_Daniel_Urricelqui.pdf?sequence=3

VARELA MENÉNDEZ, J. La economía circular. Una propuesta de futuro para España y Europa [en línea]. (Trabajo de titulación). (Derecho y Administración) Universidade da Coruña, Facultade de Economía e Empresa, Coruña, España. 2018. pp. 28-30. [Consulta: 29 diciembre 2022]. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21053/VarelaMenendez_Jacobo_TFG_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

VARGAS SANTILLÁN, A. Análisis de Reciclado Químico de Plásticos (PE y PET) para la Obtención de Productos con Valor Agregado en México [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. 2019. pp. 18-30. [Consulta: 29 diciembre 2022]. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/5737/FIQ-D-2019-0214.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

VAZQUEZ, A., BELTRÁN, M., VELASCO, M. y ESPINOSA, R. "El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente". *Universidad Autónoma Metropolitana- Asociación Nacional de la Industria del Plástico* [en línea], 2016, (México), pp. 2-11. [Consulta: 6 agosto 2022]. Disponible en: 10.13140/RG.2.1.3260.5047

WONG, S.L., NGADI, N., ABDULLAH, T.A.T. y INUWA, I. "Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2015, 50 (sn), pp. 1167-1180. [Consulta: 30 agosto 2022]. ISSN 1364-0321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.063>.



ANEXOS

ANEXO A: TABLA USADA PARA COMPARA VALORES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE.

TABLA 1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIONES DE EMISIÓN AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN, INCLUIDAS FUENTES DE COMBUSTION ABIERTA (mg/Nm³)

Contaminante	Combustible	Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento hasta marzo de 2013	Fuente fija nueva: en funcionamiento a partir marzo de 2013
Material particulado	Sólido sin contenido de azufre	200	70
	Fuel oil	200	50
	Diesel	150	50
Óxidos de nitrógeno	Sólido sin contenido de azufre	900	600
	Fuel oil	700	400
	Diesel	500	400
	Gaseoso	140	140
Dióxido de azufre	Fuel oil	1650	1650
	Diesel	1650	1650
Monóxido de carbono	Sólido sin contenido de azufre	1800	1800
	Fuel oil	300	120
	Diesel	250	120
	Gaseoso	100	80

mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas de combustión en condiciones normales, mil trece milibares de presión (1013 mbar) y temperatura de cero grados centígrados (0 °C), en base seca y corregidos al 7% de oxígeno, excepto para fuentes de combustión abierta, cuyas concentraciones deberán corregirse al 18%.

Sólido sin contenido de azufre, incluye biomasa como la madera y bagazo.



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 13 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Marly Carolina Sánchez Toro
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing, Inty Salto

0431-DBRA-UPT-2023

