UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS DE EFECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES A PARTIR DE LOS PLÁSTICOS Y SU POSIBLE IMPLEMENTACIÓN EN LA CIUDAD DE PUYO.

AUTOR(ES):

Cuichan Castillo Jhon Fernando

Salazar Chugcho Johnny Alexis

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Cazares Carrión Karem Yael

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	3/5	No se hacen cambios. Cumple criterios mínimos.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple los criterios
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	1. Algunas citas del texto son incorrectas. Revisar Normas APA 7th edition. 2. Elaborar objetivos específicos permite estructurar cada apartado del documento de manera organizada, para el caso de los resultados y conclusiones estructurar sus partes y responder las preguntas planteadas en los objetivos específicos, con lo cual por mí se pueden quedar, sin embargo, de cara a presentar el documento se debe propiciar únicamente objetivo general del estudio, no es usual en un artículo científico y de acuerdo con las directrices de las autoridades académicas no se deben aportar objetivos específicos en el documento, por tratarse de un documento de características similares a las de un artículo científico. El objetivo del resumen no coincide con el objetivo "general" al final de la introducción.
4. MARCO TEÓRICO		

Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	10/15	1. Se repite el error señalado en el formato 3. Algunas citas (narrativas y parentética) del texto son incorrectas. Revisar Normas APA 7th edition.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	10/15	1. Al señalar lo que no han investigado, definido o probado con anterioridad se cita un autor, eso fortalece la metodología. Para el caso de fuentes de información primaria en vuestro trabajo no se cita el autor, es decir de acuerdo con quién? Esto lo señalé en el formato 3 y no hicieron nada (revisar formato 3). 2. La metodología se presenta desorganizada (revisar recomendación del formato 3) La metodología le faltan mejorar criterios para la selección de estudios, rigurosidad científica o metodológica. 3. Las tablas no se citan en el texto que la precede. Las tablas permiten fortalecer la redacción y en vuestro caso no la citan, sino la citan que papel cumple?, al lector hay que inducirlo, ojo inducirlo, tampoco es correcto repetir "de cabo a rabo" la información de la tabla o figura en el texto, eso es incorrecto, es cansino, inusual y no es bien visto.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	20/25	1. Al inicio de resultados (ver documento), señalé anteriormente sobre la fuente primaria y no justifican el por qué no hacen el cambio, tampoco explican por qué no citan ningún autor que definiera que son las fuentes de información primaria, ni nada. Cito mi señalamiento: "1. Al inicio de resultados se refiere a fuentes de información primaria, escribir en MM el tipo de fuente de información (primaria y/o secundaria) que buscarán y citar el autor, quién define las fuentes de información." No se cumple, no se responde, no se motiva. 2. Ya señalé anteriormente: Evitar el

		uso excesivo de formato negrita y cursiva en figuras y tablas. No se cumple. Era necesario revisar normas APA y es evidente que dentro de tablas y figuras no se utiliza formato negrita, tampoco se utiliza formato cursiva, exceptúense de este último caso los nombres científicos y otras contadas situaciones. 3. Se cita mal la fuente de figuras. También señalé anteriormente que se tenía que revisar normas APA. No cumple la recomendación.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	Cumple criterios mínimos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	2/5	No cumple en su totalidad.
VALORACIÓN TOTAL	73	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	73

Atentamente,

Julio César Muñoz Rengifo, Ph.D.
Docente-Investigador
Universidad Estatal Amazónica

Firmado electrónicamente por:
JULIO CESAR MUNOZ RENGIFO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 22 días del mes de febrero de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título presenta claramente la idea principal del trabajo.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	En el resumen se aborda los aspectos relevantes del trabajo dando a conocer el alcance, los objetivos, resultados y la metodología utilizada.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	La introducción desarrolla una visión general desde lo macro hacia lo puntual, respaldando con argumentos metodológicos y científicos.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	12/15	La revisión bibliográfica del trabajo está relacionada con los objetivos propuestos, que además sirven de argumento y respaldo al método utilizado.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	La metodología planteada es apropiada y corresponde al tema y objetivos, que permite un adecuado procesamiento de la información.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	La presentación de los resultados es ordenada y secuencial de acuerdo a la metodología y objetivos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	En las conclusiones se redacta lo relevante de la investigación y mantiene coherencia con los objetivos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	Cumple con la normativa.
VALORACIÓN TOTAL	89/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**89/100**

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDISON OSWALDO SAMANIEGO GUZMAN

Dr. Edison Samaniego Guzmán PhD.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 22 días del mes de febrero de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 04 de febrero del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Cuichan Castillo Jhon Fernando, con C.I. 2100938451 con el Tema: "Análisis de efectos positivos y negativos del proceso de obtención de combustibles a partir de los plásticos y su posible implementación en la ciudad de Puyo", de la carrera de Ingenería Ambiental.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2.6%, Informe generado con fecha 01 de febrero del 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Trabajo Cuichán - Salazar.docx (D126713413)
Submitted	2022-02-01T00:13:00.0000000
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	2.6%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**submission.pdf** Document submission.pdf (D94087641)	2
W	URL: http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1713/Salud.%20alimentaci%C3%B3n%20y%20sexualidad%20en%20el%20envejecimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-11-08T17:37:08.0070000	1
W	URL: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6382/Proyecto%20final%20de%20grado%20Planta%20de%20Pirolisis%20%202019%20VF.pdf?sequence=1Otal, Fetched: 2022-02-01T00:14:00.0000000	1
SA	**CAMARA_GALLEGO_BI64465_20210628_1104_c007.pdf** Document CAMARA_GALLEGO_BI64465_20210628_1104_c007.pdf (D109948090)	2
W	URL: https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_en_Procesos_Industriales/vol3num7/Revista_de_Tecnolog%C3%ADas_en_Procesos_Industriales_V3_N7_1.pdf Fetched: 2022-02-01T00:13:36.9670000	1

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 04 de febrero del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Salazar Chugcho Johnny Alexis, con C.I. 1600468019 con el Tema: "Análisis de efectos positivos y negativos del proceso de obtención de combustibles a partir de los plásticos y su posible implementación en la ciudad de Puyo", de la carrera de Ingenería Ambiental.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2.6%, Informe generado con fecha 01 de febrero del 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL
CAZARES
CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Trabajo Cuichán - Salazar.docx (D126713413)
Submitted	2022-02-01T00:13:00.0000000
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	2.6%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**submission.pdf** Document submission.pdf (D94087641)	2
W	URL: http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1713/Salud.%20alimentaci%C3%B3n%20y%20sexualidad%20en%20el%20envejecimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-11-08T17:37:08.0070000	1
W	URL: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6382/Proyecto%20final%20de%20grado%20Planta%20de%20Pirolisis%20%202019%20VF.pdf?sequence=1Otal, Fetched: 2022-02-01T00:14:00.0000000	1
SA	**CAMARA_GALLEGO_BI64465_20210628_1104_c007.pdf** Document CAMARA_GALLEGO_BI64465_20210628_1104_c007.pdf (D109948090)	2
W	URL: https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_en_Procesos_Industriales/vol3num7/Revista_de_Tecnolog%C3%ADas_en_Procesos_Industriales_V3_N7_1.pdf Fetched: 2022-02-01T00:13:36.9670000	1

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

Análisis de efectos positivos y negativos del proceso de obtención de combustibles a partir de los plásticos y su posible implementación en la ciudad de Puyo

Cuichan Castillo Jhon Fernando[1]
amb2016050@uea.edu.ec

Salazar Chugcho Johnny Alexis[1]
amb2017148@uea.edu.ec

Cazares Carrión Karem Yael, MSc.[1]
kcazares@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

En la actualidad el continuo incremento de la demanda de energía, además del agotamiento del combustible derivado del petróleo ha creado la necesidad de generar una fuente de combustible alternativa que se puede obtener a partir de los desechos plásticos. Por tal motivo, se realizó una recopilación bibliográfica acerca de los diferentes métodos de obtención del combustible a partir del plástico. Con la información obtenida de fuentes bibliográficas como: "Scielo", "Redalyc", "Google Académico", "EBSCOhost" y "ScienceDirect", se estableció una matriz comparativa entre las tecnologías estudiadas en la que se discutió las ventajas, desventajas, mantenimiento, costo y eficiencia. Como segunda parte en este trabajo de investigación, a partir de la matriz de Pugh se examinó qué proceso de transformación de plástico en combustible previamente indagado es el más idóneo para implantarlo en la ciudad de Puyo. Se concluyó que el proceso más adecuado para implementar en la ciudad de Puyo es la hidrogenación, debido a sus características de eficiencia, mantenimiento y ventajas. Sin embargo, el elevado costo de implementación y mantenimiento junto con el bajo índice de reciclaje que existe, formaría una barrera que impide el desarrollo de esta nueva tecnología.

Palabras Clave: procesos, combustible, plásticos, métodos

Abstract

Currently, the continuous increase in the demand for energy, in addition to the depletion of fuel derived from petroleum, has created the need to generate an alternative fuel source that can be obtained from plastic waste. For this reason, a bibliographic compilation was made about the different methods of obtaining fuel from plastic. With the information obtained from bibliographic sources such as: "Scielo", "Redalyc", "Google Académico", "EBSCOhost" and "ScienceDirect", a comparative matrix was established between the technologies studied in which the advantages, disadvantages, maintenance, cost and efficiency were discussed. As a second part of this research work, based on Pugh's matrix, it was examined which process of transformation of plastic into fuel previously investigated is the most suitable for implementation in the city of Puyo. It was concluded that the most suitable process to implement in the city of Puyo is hydrogenation, due to its efficiency,

maintenance and advantages. However, the high cost of implementation and maintenance, together with the low recycling rate, would form a barrier to the development of this new technology.

***Keywords**:* process, fuel, plastics, methods

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos son un material ampliamente usado en todo el mundo, debido a sus características de durabilidad, ligereza, estabilidad y bajo costo, por tal motivo con el pasar de los años se han ido acumulando y sus ventajas la han convertido en una problemática ambiental por su resistencia a la degradación natural (Shen et al., 2020). Según Mohammed B y al Rayaan (2021), el informe de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) de las Naciones Unidas (ONU) ha demostrado que después de seis meses aproximadamente un 100 % de los productos comprados se convierten en residuos, los cuales son principalmente desechos alimenticios y plásticos.

En los tiempos actuales otra problemática es el continuo incremento de la demanda de energía, además del agotamiento del combustible derivado del petróleo que no es renovable y ha creado la necesidad de una fuente de combustible alternativa (Sangita Mahapatra et al., 2021). Estos combustibles no renovables se consumen a un ritmo insostenible; por ejemplo, un tercio de la energía mundial es consumida en el transporte y solo en Estados Unidos se consume una cuarta parte del suministro mundial de petróleo, por tal motivo se han realizado muchos estudios para generar energías alternativas (Bidhya Kunwar et al., 2016).

La búsqueda de nuevas fuentes de combustibles se ha convertido en una necesidad, por tal motivo la aplicación una metodología para convertir plásticos en combustibles es una muy buena alternativa a la problemática antes mencionada. Según Rejas Luis et al. (2015) los desechos plásticos pueden convertirse en materia prima y generamos una nueva fuente de energía. Se puede apreciar que al aplicarlo se puede proteger el ambiente, generar una ganancia económica y una nueva fuente de trabajo, en lugar de contaminar y producir daños irreparables al ambiente, lo cual contribuye al desarrollo y mejora la calidad de vida de la población (Rejas Luis et al., 2015).

Se desarrolló una revisión bibliográfica documental para hallar todos los métodos que permitan aprovechar los plásticos comunes, además de analizar mediante esta revisión documental los efectos positivos y negativos de dichos procesos; además de considerar la factibilidad de implantar los procesos analizados en la ciudad de Puyo para a obtener combustible a partir de los plásticos generados por la población.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La presente investigación está basado en un diseño de tipo no experimental exploratoria y documental con un enfoque cualitativo, el cual se realizó mediante una revisión bibliográfica de fuentes primarias como: artículos científicos de investigación, libros y fuentes secundarios como: artículos de revisión bibliográfica, directorios o repositorios de tesis, con literatura publicada en español e inglés, sobre los efectos del proceso de obtención de combustibles a partir de los plásticos y su posible implementación en la ciudad de Puyo.

Para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos propuestos se realizó una investigación sistemática de literatura científica publicada en los últimos 8 años sobre los efectos del proceso de obtención de combustibles a partir de los plásticos y su posible implementación. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura en las siguientes bases de datos (BD): Scientific Electronic Library Online [Scielo] (FAPESP and BIREME; Brasil), la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal [Redalyc] (UAEM; México), Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc: USA), EBSCOhost (EBSCO Industries; Birmingham, Alabama y EE. UU.), ScienceDirect (Elsevier; Ámsterdam) y además se analizó repositorios de tesis de pregrado y posgrado a nivel nacional e internacional relacionados con la temática.

Tabla 1.
Número de documentos consultados en cada base de datos.

Bases de datos	N° de documentos
Scielo (FAPESP and BIREME; Brasil)	11
Redalyc (UAEM; México)	13
Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc; USA)	18
EBSCOhost	9
ScienceDirect (Elsevier; Ámsterdam)	13
Total	64

Al analizar la Tabla 1 se determinó que el número de estudios investigados fueron 64 de los cuales 23 fueron seleccionados según diferentes criterios de inclusión para ser utilizados, de entre ellos 12 pertenecieron a artículos científicos, 7 fueron tesis de grado y 4 tesis de postgrado. Los criterios para la selección de estudios fueron los siguientes:

- **Palabras claves para la búsqueda de información:** Las palabras claves que fueron de utilidad para encontrar la información esperada fueron: methods to

convert plastic into fuel, hydrogenation, pyrolysis, gasification, hydrothermal liquefaction, advantages and disadvantages of converting plastic into fuel en lengua inglesa, junto a su traducción en español siendo métodos para convertir plástico en combustible, hidrogenación, pirolisis, gasificación, licuefacción hidrotermal, ventajas y desventajas de convertir plástico en combustible.

- **Año de publicación:** Se analizó estudios de los años 2015 a 2022.
- **Selección de datos:** El estudio verificó que el artículo disponga de todos los parámetros para un citado correcto, contenga información relacionada con el estudio que se llevó a cabo y contenga información en relación con las variables antes descritas.

Para lograr un manejo adecuado de la información se realizó una lectura de los documentos bibliográficos seleccionados, que fueron posteriormente agrupados dependiendo de la información que contengan. Al tener toda la información necesaria se llevó a cabo una selección de los documentos con los aspectos más relevantes del tema de estudio, los cuales fueron oficiales o verificables y se ejecutó un análisis y síntesis que fue plasmado en este artículo bajo criterios de rigurosidad científica.

Para obtener la información de los tipos de plásticos y los procesos idóneos, se realizó la revisión de estudios que permitió recopilar y sintetizar artículos de investigaciones científicas primarias, en este sentido las variables que se tomaron en cuenta fueron las características de los plásticos y los métodos para convertir plástico en combustible.

Para determinar los efectos tanto positivos como negativos, se revisó los procesos de manera que se incluyeron los criterios de análisis como: la eficiencia, mantenimiento, costo, ventajas y desventajas.

Para establecer si los procesos de obtención revisados en la bibliografía se los puede implantar en la ciudad de Puyo, se realizó en función de la matriz de decisiones diseñada por Stuart Pugh**.** Esta matriz también llamado método Pugh tiene el objetivo de escoger la mejor alternativa de diferentes opciones, los cuales serán representados de una forma gráfica (Rojas Andrés, 2015). Para lograrlo se tuvo en cuenta los procesos de pirólisis, hidrogenación, gasificación y la licuefacción hidrotermal.

Los criterios que se aplicaron fueron:

- Eficiencia: Hace referencia al rendimiento de los plásticos en el proceso.
- Mantenimiento: Indica el valor monetario para conservar el funcionamiento óptimo de los equipos que intervienen en los procesos.
- Costo: Son los costos de la implementación de los procesos.

- Ventajas: Son los beneficios que tiene los procesos.
- Desventajas: Son las limitaciones o inconvenientes que tienen los procesos desde el punto de vista de la operación.

Las alternativas (procesos de transformación) que tuvo la matriz fueron:

- Pirólisis: Método por el cual el plástico se somete a altas temperaturas en un ambiente sellado (Servio Astudillo et al., 2015).
- Hidrogenación: Se realiza mediante la aplicación de plásticos a altas temperaturas con hidrógeno(Roncacio Kelly, 2017).
- Gasificación: Se produce al combinar calor y aire u oxígeno (Roncacio Kelly, 2017).
- Licuefacción hidrotermal: Este método usa el agua a temperatura y presión muy alta para convertir el plástico en combustible (Chen et al., 2019).

Tabla 2.
Estimación de valores referenciales para los parámetros de la alternativa más adecuada.

Condiciones	Valor
Condición más favorable (superior)	+1
Condición intermedia (igual)	0
Condición más negativa (inferior)	-1

Para escoger la mejor alternativa de implantación de un proceso de obtención de combustible a partir de plásticos en la ciudad de Puyo por medio de la matriz de toma de decisiones, se empleó las valoraciones de: (+1) para la mejor opción, (0) para la opción neutral y (-1) para la opción de deficiente, que está descrito en la tabla 2.

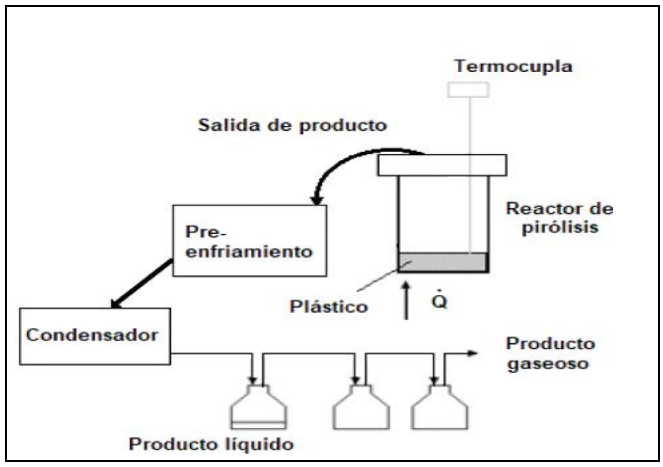
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través de la técnica de recopilación de información de fuentes secundarias, se agruparon cuatro procesos descritos por diferentes autores, los cuales engloban información necesaria para establecer los tipos de plásticos requeridos para cada técnica, los mismos que se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3.
Identificación de los plásticos para cada proceso.

INVESTIGADORES	PROCESO	TIPO DE PLÁSTICO
(Taipe Jessica, 2020) (Rejas Luis et al., 2015)	Pirólisis	(PE), (PET), (PEAD), (PVC), (PP), (PEBD) y (PS)
(Pino Sebastian, 2016) (Roncacio Kelly, 2017)	Hidrogenación	(PE), (PP), (PS) y (PET)
(Lojano Freddy, 2020) (Vargas Alfonso et al., 2019)	Gasificación	(PET), (PEAD), (PVC), (PP), (PEBD) y (PS)
(Chen et al., 2019) (Seshasayee & Savage, 2020)	Licuefacción Hidrotermal	(PC), (PP), (PS) y (PET)

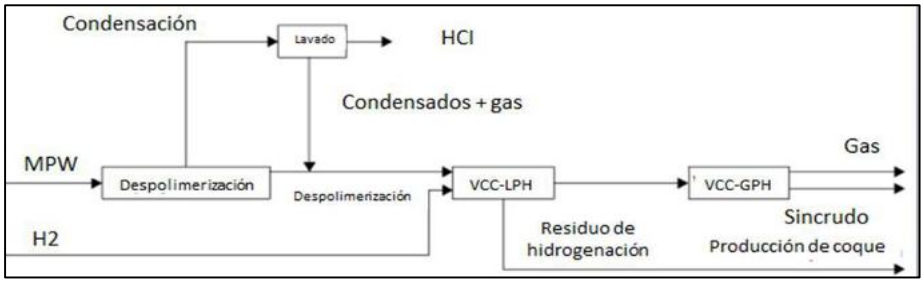
Figura 1.
Diagrama de proceso de la pirólisis.



Fuente: Adaptado de (Amar Sebastian et al., 2019)

Según Rejas Luis et al. (2015), los plásticos usados para el proceso de pirólisis fueron, tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), polietileno de baja densidad (PEBD), poliestireno (PS), los cuales fueron sometidos al proceso de conversión para conseguir hidrocarburos, demostrándonos que este método se puede utilizar en varios tipos de plásticos fácilmente sin inconvenientes. En cambio, Taipe Jessica (2020), considera de mayor importancia señalar que los tipos de plásticos conocidos como: polietileno (PE), PP y PS, producen hidrocarburos más valiosos al momento de ingresar al proceso de pirólisis.

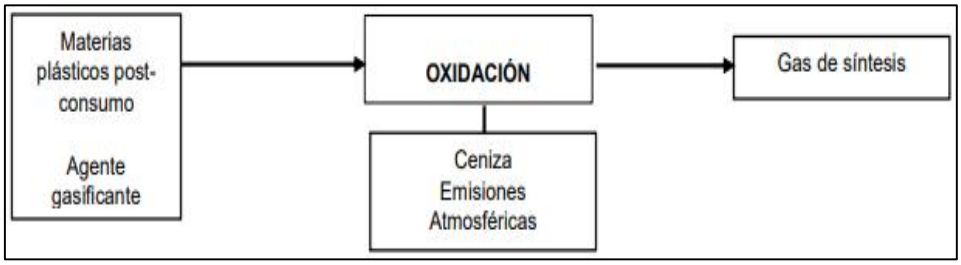
Figura 2.
Diagrama de procesos de la hidrogenación.



Fuente: Adaptado de (Pino Sebastian, 2016)

De acuerdo con Pino Sebastian (2016), el proceso de la hidrogenación puede ser utilizado para convertir polímeros en combustibles, de los cuales nos señala, PE, PP, PS y una mezcla de estos, debido a sus características propias las permiten obtener un producto semejante al crudo del petróleo. De manera diferente Roncacio Kelly (2017), señala que los compuestos plásticos orgánicos en general pueden convertirse en hidrocarburos al aplicarse las condiciones necesarias.

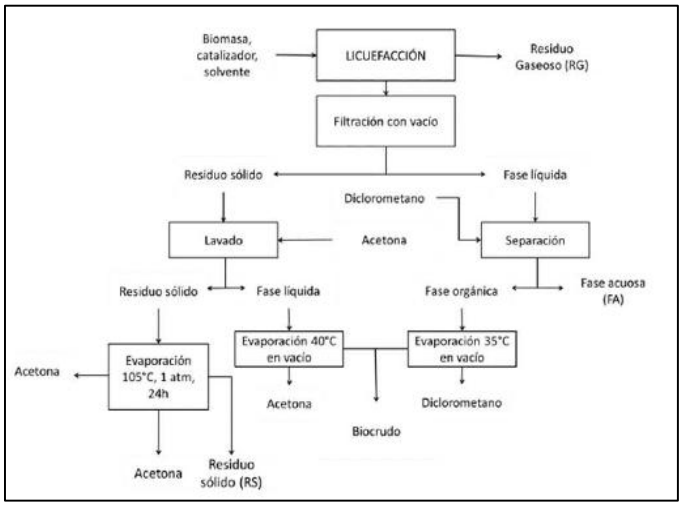
Figura 3.
Diagrama de procesos de la gasificación.



Fuente: Adaptado de (Roncacio Kelly, 2017)

Según Vargas Alfonso et al. (2019), los plásticos más adecuados para el proceso de gasificación son: PET, PEAD, PVC, PP, PEBD, PS, los cuales tienen un alto poder calorífico cuando están en el reactor a una temperatura de 700 a 900 °C. El investigador Lojano Freddy (2020), mediante la experimentación aplicando el proceso de gasificación en el plástico PET, proveniente de las botellas comprobó que es factible obtener combustible.

Figura 4.
Diagrama de procesos de licuefacción.



Fuente: Adaptado de (Gomez et al., 2019)

Para los investigadores Seshasayee y Savage (2020), los plásticos que se pueden convertir en combustibles son: PP, policarbonato (PC), PS y PET, los cuales tienen un poder calorífico diferente cuando son convertidos siendo el PC y PET, los más bajos, en cambio, el PP y PS son los más altos. Según Chen et al. (2019), el plástico PP representa el 23% de los residuos totales, los cuales al ser aplicado la licuefacción hidrotermal se convertirá en combustible de buena calidad, con valor calorífica 48 - 49 MJ/kg estando de acuerdo con lo mencionado anteriormente.

Efectos de los procesos

De acuerdo con la información recopilada para los procesos revisados en el presente artículo, se estableció una matriz comparativa de procesos de obtención de combustible a partir del plástico con los criterios y alternativas expuestos anteriormente. Está información se encuentra reflejada en la Tabla 4.

Tabla 4.
Matriz comparativa de los procesos de pirólisis, hidrogenación, gasificación y licuefacción hidrotermal.

Procesos	Eficiencia	Mantenimiento	Costo	Ventajas	Desventajas
Pirólisis	La eficiencia que se obtuvo del método es de alrededor un 70% para PP y PE, además del 20% para el PEAD y PEBD en otras palabras, si uso 1 kg de los materiales con eficiencia del 70% obtendremos 0,7 kg de combustible y con los materiales de eficiencia al 20% se obtendría 0,2 kg (Rejas Luis et al., 2015).	Para mantener el proceso es necesario el gasto de $875000 mensual (Farfan Olga et al., 2019).	Para implementar este proceso se necesita un costo de $1660976000 (Chivatá Daniel & Duarte Camilo, 2018).	La alimentación requiere pretratamiento para que no afecte el rendimiento (Roncacio Kelly, 2017). Reduce las emisiones atmosféricas de óxido de nitrógeno (NO) y azufre (S) por ser un proceso cerrado (Roncacio Kelly, 2017). Los productos y subproductos generados cuentan con características para ser reutilizados (Roncacio Kelly, 2017). Dispone de	El costo promete ser elevado para la compra de los equipos y su instalación (Roncacio Kelly, 2017). Los hidrocarburos líquidos deben ser sometidos a un proceso de refinación posterior (Roncacio Kelly, 2017). Los costos se asocian a la cantidad de material con el que dispone a trabajar y a los procesos refinados a los que deben ser sometidos los hidrocarburos líquidos (Roncacio Kelly, 2017).

				la admisión de material residual de otros procesos (Roncacio Kelly, 2017).	
Hidrogenación	Al tomar un dato de una planta de hidrogenación se pudo observar una eficiencia de 80%, debido a que el proceso convirtió 1 toneladas de plásticos en 800 kg de combustible (Pino Sebastian, 2016).	En esta planta el costo de mantenimiento es más elevado, con $111000 de manera anual (Robles Iglesias, 2017).	Tomando como referencia una planta de hidrogenación se pudo observar que el costo total del proyecto de implementación seria $32649590,50 (Robles Iglesias, 2017).	Los productos resultantes son puros no requiere extensos tratamientos posteriores para su refinación (Roncacio Kelly, 2017). Minimiza la implementación de químicos para su tratamiento y conserva el recurso hídrico (Roncacio Kelly, 2017).	Costos de implementación elevados para su baja industrialización (Roncacio Kelly, 2017). Genera problemas de corrosión derivados del HCl y otros compuestos durante el proceso (Roncacio Kelly, 2017).
Gasificación	En este proceso se pudo encontrar una eficiencia de 19,68%, producido en un experimento donde 375 g de	En este tipo de planta los costos por mantenimiento fueron de $17410500 anualmente (Néstor Montiel	Para poder realizar la implementación de esta planta se necesita como costo total del proyecto	Producción de gas con características de combustible (Roncacio Kelly, 2017). Los	Tecnologías de baja calidad para implementar en la actualidad (Roncacio Kelly, 2017).

	plástico (PET) se convirtió en 73,79 g de hidrocarburo (Lojano Freddy, 2020).	et al., 2022).	$5642650 (Vargas Alfonso et al., 2019).	productos son de utilidad para generar electricidad, calor o producir productos químicos sin contribuir a la generación de gases de efecto invernadero (Roncacio Kelly, 2017).	Se utiliza una fuente de energía adicional para generar calor y dar inicio al proceso (Roncacio Kelly, 2017).
Licuefacción Hidrotermal	La eficacia encontrada en este proceso es de 32% para PP, 16% para PET, 86% para PS y 60% para PC, lo cual podemos decir que al usar aquellos con una eficiencia de 32% podemos convertir 1 kg de plástico en 0,32 kg de combustible (Seshasayee & Savage, 2020).	Al tomarse como ejemplo una posible implantación de una planta podemos decir que el costo de mantenimiento en esta planta será de $134890 (Carla Zannol, 2016).	Este proceso no tiene muchos datos de costo de implementación de planta, de modo que solo se pudo determinar que su precio es más alto que la pirolisis. (Bona Miguel, 2016).	La Licuefacción hidrotermal (HTL) es aquel en donde el material sólido se convierte en un líquido denso en energía, que luego se puede tratar para producir combustibles líquidos terminados (Seshasayee & Savage,	Tiene los valores caloríficos más bajos, pero un tratamiento adicional para eliminar los átomos de oxígeno aumentaría la densidad de energía (Seshasayee & Savage, 2020).

2020).

Para este apartado se agrupó las variables de eficiencia, mantenimiento, costo, ventajas y desventajas, en los cuales, obteniendo los resultados de la documentación descrita por varios autores, permite mencionar que la eficiencia para el proceso de pirólisis es de un 70% para PP y PE, además del 20% para PEAD y PEBD, que es resultado del análisis de un experimento realizado en condiciones similares, a excepción de la cantidad usada para PP donde fue 300 g, mientras que los demás plásticos solo utilizaron 250 g (Rejas Luis et al., 2015)

Cuando se compararon los distintos procesos se determinó que la licuefacción hidrotermal descrita por Seshasayee y Savage (2020), tiene una eficiencia mejor con los plásticos (PS) que fue del 86%, pero para los plásticos (PP) tuvo un resultado de 32%. Para el (PET), la eficiencia fue del 16% y para el (PC) la eficiencia se generó en un 60%. Esta ha tenido una diminución, debido a lo cual se consideró que aplicarlos en el proceso de hidrogenación explicada por Pino Sebastian (2016), que tiene una eficiencia de 80% para los plásticos en general lo que resulta una buena alternativa, también habiendo considerado los costos para implementación y mantenimiento.

Habiendo considerado los costos proporcionados por Vargas Alfonso et al. (2019) y Robles Iglesias (2017) para los procesos de gasificación e hidrogenación respectivamente determinaron, que a pesar de que la planta de gasificación presentó el costo de implementación más bajo en comparación con los demás procesos tuvo una eficiencia muy baja, por lo cual se analizó que la planta de hidrogenación que tiene el segundo costo más bajo y posee una eficiencia alta al tratar plásticos en general lo que implica que sería el mejor proceso cuando se toman en cuenta los criterios de costos de implementación y eficiencia.

Habiendo examinado la información proporcionada por Roncacio Kelly (2017) y Seshasayee y Savage (2020), de estos cuatro procesos, se determinó que los impactos positivos a nivel económico no se podrán visualizar de inmediato, mientras que los ambientales serían más visibles, en cambio, los impactos negativos a nivel económico serian tanto el costo inicial como el de mantenimiento y los ambientales algunos subproductos que necesitan tratamiento posterior.

Posible proceso de implantación en la ciudad de Puyo

A continuación, se presenta la matriz de decisiones, donde se ubicaron los criterios en la respectiva fila de la matriz de Pugh y las alternativas en las columnas, donde se evaluó qué proceso tienen mayor beneficio con respecto a los criterios de evaluación analizados en la revisión bibliográfica y si fuese factible su implementación en la ciudad del Puyo.

Tabla 5.
Matriz para la toma de decisiones.

Alternativas / Criterios	Pirólisis	Hidrogenación	Gasificación	Licuefacción Hidrotermal
Eficiencia	+1	+1	-1	0
Mantenimiento	0	+1	-1	0
Costo	-1	0	+1	-1
Ventajas	+1	+1	+1	0
Desventajas	0	-1	-1	+1
Suma positivos	+2	+3	+2	+1
Suma negativos	-1	-1	-3	-1
Suma general	1	+2	-1	0

Para el desarrollo de la matriz de decisiones se utilizó las valoraciones descritas en la tabla 2 y se tomó en cuenta la información recabada de los trabajos de investigación, la cual se recopiló en la Tabla 4.

El resultado en la matriz de decisiones mostró que el proceso de la pirólisis obtuvo un valor en la sumatoria general de 1, ya que en los criterios mencionados en la Tabla 3, se demostró que la eficiencia y las ventajas obtuvieron el valor de +1, debido a que tiene un alto rendimiento en la conversión de plástico a combustible y conlleva beneficios ambientales, por el contrario, el costo obtuvo el valor de -1 por su alto precio de implementación y las desventajas junto con el mantenimiento con un valor de 0.

Para el proceso de gasificación la evaluación demostró una suma general de -1, a causa de los criterios de la eficiencia, mantenimiento y desventajas en donde se obtuvo una valoración de -1 por su bajo porcentaje de conversión de plástico a combustible, alto precio del mantenimiento y restricciones no muy significativas. El costo y las ventajas obtuvieron una valoración +1 debido a su bajo costo de implementación con respecto a los demás procesos y beneficios a la sociedad.

Después de la evaluación de la matriz se observó que la licuefacción hidrotermal obtuvo una sumatoria general de 0, por el motivo de obtener en costos un valor de -1 y en desventajas +1, a causa de su precio elevado y limitaciones no muy significativas. Además, la eficiencia, mantenimiento y ventajas tuvieron valoraciones de 0 por el porcentaje variable de conversión de plástico a combustible, precio de mantenimiento ni alto ni bajo con respecto a los otros procesos y no tener ventajas representativas.

El resultado obtenido indica que la hidrogenación es el proceso más óptimo que podría aplicarse a la ciudad de Puyo, debido a que la información nos permitió calificar con el valor +1 a la eficiencia por su alto porcentaje de 80%, un valor +1 al mantenimiento por su precio más bajo en comparación con los demás procesos, el valor 0 al costo a causa de tener un valor alto, pero no demasiado al comparar con otros procesos, el valor +1 a ventajas en virtud de los beneficios ambientales junto con los económicos que generaría después de un tiempo y el valor -1 a las desventajas por las deficiencias que tiene.

4. CONCLUSIONES

Para el proceso de conversión de plásticos a combustible, los tipos de plásticos representan una parte fundamental, debido a que afectan el producto y subproducto final, por tal motivo cada proceso tiene sus tipos de plásticos más adecuados, siendo para la pirólisis el (PE), (PET), (PEA), (PVC), (PP), (PEBD) y (PS), para la hidrogenación el (PE), (PP), (PS) y (PET), en cambio, la gasificación tendrá (PET), (PEAD), (PVC), (PP), (PEBD) y (PS), finalmente la licuefacción hidrotermal trabajará con (PC), (PP), (PS) y (PET).

El proceso de hidrogenación es el más eficiente al momento de transformar la materia prima en combustible debido a que su eficiencia alcanza un valor de 80%, no obstante, el costo de implementación es muy excesivo en comparación con la gasificación, pero es más económico que la pirólisis y la licuefacción hidrotermal, por el contrario, el método con más inconvenientes sería la gasificación debido al 19,68 % de rendimiento.

Al ejecutar la matriz de toma de decisiones de Pugh, se concluyó que el proceso más adecuado para implementar en la ciudad de Puyo es la hidrogenación, debido a sus características de eficiencia, mantenimiento y ventajas al compararse con los demás métodos. Sin embargo, el elevado costo de implementación y mantenimiento junto con el bajo índice de reciclaje que existe, formaría una barrera que impide el desarrollo de esta nueva tecnología.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amar Sebastian, Ardila Alba, & Barrera Ronaldo. (2019). Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de la pirólisis de residuos plásticos. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, *37*, 1–8. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612019000200306

Bidhya Kunwar, H.N.Cheng, Sriram RChandrashekaran, & Brajendra KSharma. (2016). *Plastics to fuel: a review*. *54*, 421–428. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115010941

Bona Miguel. (2016). *Estudio de la carbonización hidrotermal de alperujo húmedo y caracterización de los productos generados bajo diferentes condiciones de operación*. https://zaguan.unizar.es/record/60594/files/TAZ-TFG-2016-741.pdf

Carla Zannol. (2016). *Factibilidad económica de producción de biodiesel a partir de microalgas en Argentina*. https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/563/501095_Zannol_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chen, W.-T., Jin, K., & Linda Wang, N.-H. (2019). Use of Supercritical Water for the Liquefaction of Polypropylene into Oil. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *7*(4), 3749–3758. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b03841

Chivatá Daniel, & Duarte Camilo. (2018). *Diseño conceptual de una planta para el aprovechamiento de caucho molido de neumáticos usados a partir de pirólisis*. https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6705/1/6131974-2018-1-IQ.pdf

Farfan Olga, Peña Diego, & Prieto Monica. (2019). *Implementación de una planta para la generación de diesel sintético a partir de llantas usadas por medio del proceso de pirolisis, en la ciudad de Bogotá*. http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6382/Proyecto%20final%20de%20grado%20Planta%20de%20Pirolisis%20%202019%20VF.pdf?sequence=1

Gomez, E. , Osorio, A. , Ocampo, D., & Ríos, L. (2019). Optimización de la Producción de Biocrudo mediante Licuefacción Hidrotérmica Catalizada de Buchón de Agua. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, *30*, 147–160. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000500147&lang=pt

Lojano Freddy. (2020). *Obtención de Combustibles a Partir de Teraftalato de Polietileno (PET) a Escala de Laboratorio Mediante Procesos de Pirólisis y Gasificación*. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18901/1/UPS-CT008803.pdf

Mohammed B, & al Rayaan. (2021). *Recent advancements of thermochemical conversion of plastic waste to biofuel-A review27*. *2*, 1–6. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821000227

Moreno Angie, & Sáens Paula. (2018). *Evaluación de la obtención de diésel a nivel laboratorio mediante pirólisis a partir de residuos plásticos provenientes del proceso de empacado en la empresa Atlantic FS S.A.S*. http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6951/1/6131986-2018-2-IQ.pdf

Néstor D. Montiel, B. J. D. S.-L. J. F. P. (2022). *Análisis de incentivos a la inversión para la generación de energía eléctrica a partir de una central de ciclo combinado de gasificación por plasma integrada a partir de residuos sólidos urbanos*. *30*, 1–17. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X21009114

Pino Sebastian. (2016). *Impactos ambientales en el aprovechamiento de plásticos para la generación de combustibles*. https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/628/1/1026278889-2016-2-GA.pdf

Rejas Luis, Carreón Bicmar, Ortiz Maribel, Llanes Lilian, & Copa Milena. (2015). Generación de combustibles Líquidos a partir de residuos plásticos. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, 1–7. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872015000100005

Robles Iglesias, R. (2017). *Planta de producción de ciclohexano a partir de la hidrogenación del benceno*. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12316/401771.pdf?s

Rojas Andres. (2015). *Diseño de una metodología de evaluación del desempeño de un operador logístico en tareas de distribución de un producto de comercialización masiva*. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/21266/1/63819_1.pdf

Roncacio Kelly. (2017). *Análisis del Reciclaje Químico como Alternativa Tecnológica para la Valorización y Disposición Final de Residuos Plásticos Post-Consumo*. https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16986

Sangita Mahapatra, Dilip Kumar, Brajesh Singh, & Pravin Kumar Sachan. (2021). *Biofuels and their sources of production: A review on cleaner sustainable alternative against conventional fuel, in the framework of the food and energy nexus*. *4*, 1–12. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277242712100036X

Servio Astudillo, Pablo Arévalo, Inés Malo, Tania Nara, & Johana Espinoza. (2015). *Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio de pirólisis*. *23*, 60–67. https://www.redalyc.org/journal/4760/476051461008/html/

Seshasayee, M. S., & Savage, P. E. (2020). Oil from plastic via hydrothermal liquefaction: Production and characterization. *Applied Energy*, *278*, 115673. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115673

Shen, M., Song, B., Zeng, G., Zhang, Y., Huang, W., Wen, X., & Tang, W. (2020). Are biodegradable plastics a promising solution to solve the global plastic pollution? *Environmental Pollution*, *263*, 114469. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114469

Taipe Jessica. (2020). *Obtención de combustibles a partir de residuos de polipropileno reciclado, mediante pirólisis catalítica.* http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23134/1/T-ESPEL-IPE-0064.pdf

Vargas Alfonso, Aguilar Alma, Zuñiga Guillermo, & Castro Agustin. (2019). Análisis Tecno-Económico de Gasificación de Polietileno, caso en México. . *Revista de Tecnologías En Procesos Industriales*, *3*, 1–5. https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_en_Procesos_Industriales/vol3num7/Revista_de_Tecnolog%C3%ADas_en_Procesos_Industriales_V3_N7_1.pdf

ANEXOS

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Plásticos

El plástico es el primer material sintético creado por el hombre, el cual se crea de la misma manera que muchos otros productos, mediante la extracción y procesamiento de los recursos naturales que se encuentran en el planeta (Roncacio, 2017). Podemos separálos en dos tipos principales por los materiales usados para su fabricación, los que usan materiales no renovables como el petróleo o el gas natural para su producción y aquellos que contienen material renovable, llamados plásticos biobasados (Roncacio Kelly, 2017).

La mayoría de los plásticos actualmente utilizan petróleo para su fabricación, el cual está formado por diferentes compuestos, los cuales se separan en grupos y son utilizados tanto en la producción de plásticos como en muchos otros procesos de la industria química (Chen et al., 2019). Su extracción, refinación y procesamiento generan diversos impactos en el ambiente, entre los cuales destacan la deforestación, afectaciones a la biodiversidad, contaminación, compactación, erosión y producción de gases de efecto invernadero (Chen et al., 2019).

6.1.1 Tipos de plásticos

Los distintos tipos de plásticos que tenemos son:

- PET (tereftalato de polietileno): Utilizado en las botellas de plástico y refrescos, por medio del reciclaje se puede generar un plástico de igual o mejor calidad (Roncacio Kelly, 2017).
- PEAD o HDPE (polietileno de alta densidad): Es poco opaco y aguanta altas temperaturas, por lo que es muy resistente, además de ser utilizado en la vida cotidiana como recipientes de productos de limpieza, botes de cremas o de leche, los cuales después de un reciclado puede ser reutilizado para todo tipo de elementos como contenedores de reciclaje, otras botellas y envases de comida, macetas (Roncacio Kelly, 2017).
- PVC (poli cloruro de vinilo): Está considerado como el plástico más peligroso que existe debido a su proceso de fabricación, debido a que sus efectos son muy contaminantes, por lo que muchas empresas que lo usaban están buscando otras alternativas y solo puede ser reciclado de manera industrial (Roncacio Kelly, 2017).
- LDPE o PEBD (polietileno de baja densidad): Se produce a través del gas natural y es muy barato, de ahí su amplio uso frente a otros tipos de plásticos, además

mediante el reciclado se puede volver a utilizar para crear los mismos productos, los cuales pueden ser por ejemplo las bolsas de plástico y aislantes de cables (Roncacio Kelly, 2017).

- PP (polipropileno): Tiene la característica de ser resistente al calor y no flexible, las cuales se pueden encontrar por ejemplo en tapas de envases, envoltorios, utensilios de cocina y recipientes, además de poder someterse a procesos de reciclado (Roncacio Kelly, 2017).
- PS (poliestireno): Este material tiene una buena resistencia y es un buen aislante, usado en la construcción y en productos como por ejemplo en duchas, espuma aislante y tubos de ensayo, además su reciclaje es costoso dado que debe transformarse a través del calor (Roncacio Kelly, 2017).
- Otros tipos de plásticos: Sus componentes no se conocen del todo, por lo que no pueden reciclarse y eso hace de ellos un tipo de plástico muy contaminante, además se incluyen en esta categoría algunos tipos de plásticos de composición mixta, los cuales tienen distintos usos como para los discos compactos, recipientes de embutidos, envases de pasta dentífrica y platos para cocinar en el microondas (Roncacio Kelly, 2017).

6.2 Método/procesos

Los métodos empleados para la recuperación de materias primas, se crean para dar un valor agregado a los residuos, estos procesos son basados en reciclaje químico, los procesos de tecnología avanzada permiten degradar los plásticos hasta su estado molecular, convirtiéndolos en gases o líquidos, y que además dan un valor agradado al generar como producto hidrocarburos aptos para su uso como combustibles (Pino Sebastian, 2016). Este tipo de reciclaje es el más viable para las corrientes de residuos, ya que supera las dificultades que se presentan en el reciclaje mecánico (separación de plásticos y clasificación de estos), sin embargo, los costos asociados al desarrollo de los equipos de alta tecnología hacen que los procesos sean factibles solo a gran escala (Pino Sebastian, 2016).

6.2.1 Pirólisis

Es un método de reciclaje químico de plástico, que incluye calentamiento de materias primas a alta temperatura en ausencia de oxígeno (Moreno Angie & Sáens Paula, 2018). El propósito es descomponer las moléculas de polímero y convertirlas en cadena más corta, correspondiente a los hidrocarburos combustibles, el cual es uno de los métodos más investigado porque permite explotar plástico para reutilizar y darle otro propósito (Moreno Angie & Sáens Paula, 2018).

El tratamiento termoquímico puede destruir polímeros de hidrocarburos más pequeños con diferentes números de carbonos y punto de ebullición, en un ambiente inerte y sin aire, de esta manera se puedo decir que es el método para la producción de combustible más prometedora debido al bajo consumo de energía tiene alrededor del 10% de la energía total contenida en desperdicios plásticos, el combustible del proceso de pirolisis depende según el tipo de residuos plásticos que se introduzcan en el proceso (Pino Sebastian, 2016).

6.2.2. Hidrogenación

Es el proceso de eliminación de los residuos plástico que se realiza con hidrógeno y calor para romper sus cadenas y producir aceites sintéticos que pueden ser utilizados en refinerías y plantas químicas, además es implementado con polímeros como PE, PP, PS, PET y sus mezclas, la principal referencia de esta tecnología es un proceso Veba (Pino Sebastian, 2016).

Veba Oil Ag ha estado operando desde 1981 hidrogenación de carbón a petróleo en Alemania, en 1992/1993 se empleó una unidad de depolimerización en un proceso dedicado a la eliminación de residuos plásticos para envases, con una capacidad de fábrica de 87.000 toneladas en 1998 tratado, pero decidió rescindir el contrato alrededor de 1999 antes (programado para completarse en 2003) porque la hidrogenación no es económicamente competitiva (Pino Sebastian, 2016).

6.2.3. Gasificación

Se usa las reacciones de despolimerización con un agente gasificarte en bajas concentraciones, provocando que el plástico tenga una combustión incompleta y obteniendo gases como CO_2, CO, etc. Posteriormente, los gases se condensan para obtener hidrocarburos o si se usa bien producir energía eléctrica mediante motores (Lojano Freddy, 2020).

El producto es un combustible llamado gas de síntesis o syngas, utilizado principalmente en la generación de energía térmica y eléctrica, por lo cual es utilizado sustrato carbonoso o materia prima con el agente gasificador para conseguir un mayor o menor poder, su composición es CO, CO_2, H_2, H_2O, CH_4 y pequeñas cantidades de concentraciones de hidrocarburos pesados como etanol (C_2H_6), metanol, diésel FT y Etileno (C_2H_4) (Lojano Freddy, 2020).

En el proceso de gasificación se consideran algunos factores que influyen el proceso correcto, las reacciones químicas que tienen lugar en el reactor, como: (Lojano Freddy, 2020).

- Agente gasificante: Aire, oxígeno, vapor de agua, CO_2, H_2.
- Temperatura y Presión en las que ocurre las reacciones en el reactor.
- Tipos de gasificadores: pueden ser gasifica dores de lecho fijo y gasifica dores de lecho fluido.
- Transporte neumático, sistemas combinados o circulantes, horno rotatorio, etc.
- Fuente de calor: puede ser por métodos directos o indirectos.
- Forma de incorporación de la materia prima: alimentación superior o alimentación inferior (Lojano Freddy, 2020).

6.2.4. Licuefacción hidrotermal

El proceso de obtención de energía y combustibles a partir de la licuefacción hidrotérmica de la biomasa ha sido considerado en las últimas décadas como una de las tecnologías que puede llegar a suplir parte de la demanda energética futura mediante una estrategia ambiental y económicamente viable (Gomez et al., 2019). Esta tecnología tiene la gran ventaja de no requerir el secado de la biomasa, con lo cual se reduce el enorme gasto energético de evaporar agua, que se requiere otras tecnologías como la pirolisis y la gasificación (Gomez et al., 2019)

Este proceso utilizar agua a temperaturas muy altas (450 ºC) con alta presión, el cual tiene un rendimiento bajo y se puede obtener después de una hora petróleo, gas o disolventes. Si bien puede ser una solución también viene con complicaciones, debido a que este combustible seguirá produciendo CO_2 al ser usado (Chen et al., 2019).