

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de ingeniería Ambiental



**Valorización energética de residuos poliestireno y polietileno de
alta densidad para la obtención de combustibles**

Tesis para obtener el Título Profesional de ingeniero Ambiental

Autor:

Yene Justina Condori Sacsahuilca
Rossmery Mamani Moscairo

Asesor:

Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, noviembre de 2023

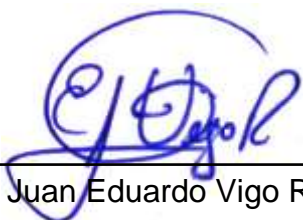
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS POLIESTIRENO Y POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES”** de los autores **Rossmery Mamani Moscairo** y **Yene Justina Condori Sacsahuilca** tiene un índice de similitud de 3% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 13 días del mes de noviembre del año 2023.



Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chufinquirani, a 13 día(s) del mes de noviembre del año 2023 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección de la presidente(a):

Ing. Nancy Luzari Rafael el (la) secretario(a): Dr. Jorge Jiróna Bravo Hualla y los demás miembros: Mac. Evelyn Doris Lavina Suazo

Mac. Leyda Abigail Gonderi Turpa y el (la) asesor(a) Abro. Juan Eduardo Vigo Roversa con el propósito de admitir el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Valorización energética de residuos de poliestireno y polietileno de alta densidad para la obtención de combustible

del(los) bachiller(es): a) Rosmary Mamení Morcayo

b) Yene Justina Gonderi Saccahuilla

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/ a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Rosmary Mamení Morcayo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): Yene Justina Gonderi Saccahuilla

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/ a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidencia
[Firma]
Asesor(a)
[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretaría/a
[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (c)

AGRADECIMIENTO

Yene Justina Condori Sacsahuilca

A Dios, por ser mi fortaleza, mi guía y por brindarme sabiduría. Mi gratitud a Él por la conclusión de este proyecto de investigación, que estuvo lleno de obstáculos y caídas, pero que, con Su ayuda, pudimos superar cada uno de ellos.

A mis padres Erasmo y Martina, por su apoyo incondicional para cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son mi motor y el motivo que me impulsa a perseguir mis metas sin rendirme.

A mis tíos, Víctor, Eduardo y Mercedes. Me siento afortunada de tenerlos como tíos. Gracias por su apoyo económico y emocional.

A mi compañera de tesis, Rossmery, por su comprensión y paciencia. Mi admiración y aprecio para ti.

A mi asesor, Mtro. Eduardo Vigo, y a todas las personas que aportaron con sus conocimientos, consejos y que fueron de gran ayuda.

Rossmery Mamani Moscairo

La presente investigación está dedicada a Dios, por ser mi guía y fuente de fortaleza, ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres, Blanca y Edgar, porque siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo y sus consejos, ayudándome a ser una mejor persona.

A mis tías, Norma, Juana, Irma e Hilda, y a mi tío Jaime, por sus consejos y apoyo incondicional.

A mi asesor, Ing. Eduardo Vigo, mi agradecimiento sincero por su paciencia, guía y acompañamiento incondicional durante todo este proceso de investigación.

A mi compañera de proyecto de tesis, Yene, por su paciencia y tolerancia a lo largo del proyecto, lleno de obstáculos y altibajos, pero que siempre pudimos superar juntas.

Gracias, amiga Yene.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN EXPERIMENTAL.....	9
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA (POLÍMERO).....	10
2.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PIROLÍTICO	10
2.4. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE FRACCIONES LÍQUIDAS Y SÓLIDAS EN EL PROCESO DE PIROLISIS MEDIANTE BALANCE DE MASA	12
2.5. DETERMINACIÓN EL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LUZ (OPACIDAD) DE LOS COMBUSTIBLES	13
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	14
3.1. TEMPERATURA, TIEMPO Y PRESIÓN DE OPERACIÓN.....	14
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	16
3.3. RESULTADO DE COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LUZ	19
3.4. RENDIMIENTO DE LOS COMBUSTIBLES EN FRACCIÓN LÍQUIDO, SÓLIDO Y GAS:	20
4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
6. ANEXOS.....	25

Valorización energética de residuos Poliestireno y Polietileno de alta densidad para la obtención de combustibles

RESUMEN

El manejo inadecuado de los residuos plásticos es una problemática creciente que impacta directamente a la población. La pirolisis se presenta como una alternativa eficaz para la degradación de estos residuos en materiales de alto valor energético. Este estudio se centra en la valorización de residuos plásticos mediante la generación de combustible a partir de polietileno de alta densidad (PEAD) y poliestireno (PS) utilizando el proceso de pirolisis. Se implementó un reactor de tipo batch a partir de un tanque de compresora de aire de 10 litros, con una presión máxima de 130 PSI (9 bar) y una temperatura máxima de 600°C. Además, se determinó el grado de opacidad del combustible pirolítico bajo condiciones de control estático del vehículo durante el periodo de aceleración del motor, con el fin de controlar la emisión de contaminantes. El PEAD y el PS fueron sometidos a temperaturas de 272 y 265°C, y presiones de 37.04 y 40.47 PSI, respectivamente, durante un periodo de 240 minutos. Se utilizó zeolita como catalizador en ambos tratamientos. Los combustibles pirolíticos obtenidos de PEAD y PS, según su densidad, son crudos súper ligeros y altamente volátiles, con poderes caloríficos de 45.22 y 45.21 MJ/kg, respectivamente. La opacidad de ambos combustibles no superó los límites máximos permisibles de 3.25m^{-1} . Los residuos sólidos de PEAD y PS pueden ser valorizados energéticamente, generando un biocombustible pirolítico comparable a un combustible diésel, ofreciendo así una solución sostenible y eficiente para el manejo de residuos plásticos.

Palabras clave: combustible, residuos de plástico, pirolisis, catalizador y propiedades fisicoquímicas.

Energy Valorization of Polystyrene and High-Density Polyethylene Waste for Fuel Production

ABSTRACT

The improper management of plastic waste is a growing issue that directly impacts the population. Pyrolysis presents an effective alternative for degrading these wastes into high-energy materials. This study focuses on the valorization of plastic waste by generating fuel from high-density polyethylene (HDPE) and polystyrene (PS) using the pyrolysis process. A batch reactor was implemented using a 10-liter air compressor tank, with a maximum pressure of 130 PSI (9 bar) and a maximum temperature of 600°C. Additionally, the opacity level of the pyrolytic fuel was determined under static vehicle control conditions during the engine acceleration period to control pollutant emissions. HDPE and PS were subjected to temperatures of 272°C and 265°C, and pressures of 37.04 PSI and 40.47 PSI, respectively, over a period of 240 minutes. Zeolite was used as a catalyst in both treatments. The pyrolytic fuels obtained from HDPE and PS, according to their density, are super light crude oils and highly volatile, with calorific values of 45.22 MJ/kg and 45.21 MJ/kg, respectively. The opacity of both fuels did not exceed the maximum permissible limits of 3.25m⁻¹. HDPE and PS solid residues can be energetically valorized, generating a pyrolytic biofuel comparable to diesel fuel, thus offering a sustainable and efficient solution for managing plastic waste.

Key words: fuel, plastic waste, pyrolysis, catalyst and physicochemical properties.

Introducción

El desarrollo industrial, sumado al consumismo y al crecimiento demográfico, ha favorecido el aumento de la demanda de materiales plásticos. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2021), desde 1950 se han producido más de 8300 millones de toneladas de plásticos en el mundo, de las cuales el 60 % han terminado en vertederos o en el entorno natural, y 11 millones de toneladas son vertidos al océano cada año. Se prevé que, para 2050, habrá más plásticos que peces en el océano (Geyer et al., 2017). En el Perú, el 48,8 % de los residuos plásticos provienen de Lima y Callao, y solo el 9 % se recicla. Esto causa focos de contaminación ambiental, particularmente en el aire, debido al tiempo de degradación (Pradilla y Méndez, 2020). Estos residuos emiten metano y etileno, lo que provoca un aumento de la temperatura y contribuye al efecto invernadero (Hernández et al., 2015).

Los polímeros de polietileno de alta densidad y poliestireno son los residuos plásticos más abundantes y vienen reemplazando a diversos materiales, como el vidrio, debido a su bajo costo, durabilidad, versatilidad y entre otras características (ECOPLAS, 2011). Además, los residuos poliméricos contribuyen con 2000 millones de toneladas de CO₂-eq. al año a las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Zheng y Suh, 2019). La acumulación de nanopartículas, arrastradas por la escorrentía de la lluvia a los ríos y mares, es otro problema que afecta tanto el suelo como el agua (Enfrin et al., 2020). En 2017, se evidenció el primer caso de ingestión de microplástico por un pez de importancia comercial (Barboza et al., 2018). Se espera que la contaminación por plásticos crezca significativamente en el futuro.

Por otro lado, los polímeros de polietileno de alta densidad y poliestireno son los residuos plásticos más abundantes y han reemplazado a diversos materiales, como el vidrio, debido a su bajo costo, durabilidad y versatilidad (ECOPLAS, 2011). Estos termoplásticos pueden fundirse y procesarse (McKelvey et al., 2017) para obtener un producto final con mayor poder calorífico en comparación con los combustibles convencionales (Al-Salem, 2019; Rahman et al., 2023).

La valorización energética de los residuos plásticos puede ser viable a través de procesos térmicos, como la pirólisis. Esta es una tecnología antigua, utilizada por primera vez en Oriente Medio y el sur de Europa para la producción de carbón vegetal antes de 5500 a.C. En Egipto, esta técnica se utilizaba para producir alquitrán, empleado para sellar

barcos (Taipe, 2020). Japón desarrolló la pirolisis de residuos sólidos urbanos en los años 80 para producir electricidad (Mancheno et al., 2016; Williams y Besler, 1992).

Además, se puede utilizar una amplia gama de biomásas en la pirolisis, como residuos sólidos urbanos e industriales (Taipe, 2020). Los productos obtenidos del proceso son el combustible líquido, gas y el biocarbón (biochar), cuyos rendimientos dependen de factores como la temperatura, presión, tiempo y la concentración de sólidos de la biomasa utilizada (Kalargaris et al., 2017; Bridgwater, 2012). La pirolisis puede ser térmica o catalítica; la primera trabaja a temperaturas elevadas entre 500 a 900°C, mientras que la pirolisis catalítica usa temperaturas menores de 350 a 550°C (Emmanuel et al., 2019).

El proceso catalítico posee ventajas destacables, como su bajo impacto ambiental, ya que libera menos CO₂ y gases azufrados (Miandad et al., 2016; Chen et al., 2014). Además, las energías de activación son menores, el tiempo de proceso se ve reducido y se obtiene un producto líquido con características semejantes a un combustible convencional (Herrera et al., 2020; Miandad et al., 2016). La obtención de combustible a partir de los desechos plásticos se presenta como una alternativa viable para la diversificación de la matriz energética en el Perú. Según OSINERGMIN (2021), el consumo de combustibles líquidos en el país continúa siendo dependiente de los volúmenes de importación, debido a un déficit de producción interna (Ramos y Pretell, 2021).

Finalmente, el objetivo de esta investigación es dar un valor agregado a los residuos plásticos de PEAD y PS que abundan en la ciudad de Juliaca, empleando la pirolisis para la obtención de combustibles líquidos.

2. Materiales y Métodos

2.1. Lugar de ejecución experimental

El trabajo de investigación se llevó a cabo a una altitud de 3840 metros sobre el nivel del mar, en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno, Perú.

2.2. Clasificación de los residuos plásticos y acondicionamiento de la materia prima (polímero)

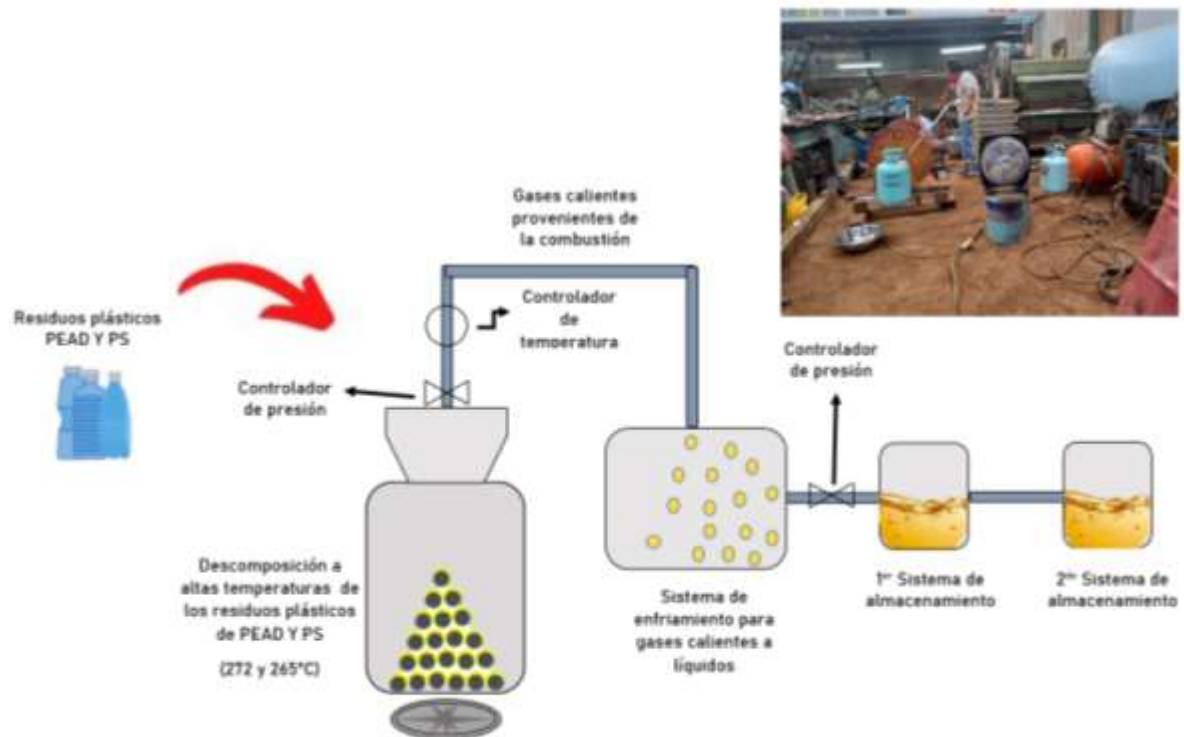
Se utilizó 9 kg de biomasa tanto para el polietileno de alta densidad como para el poliestireno (PS), los cuales se recolectaron de la ciudad de Juliaca. Según Rejas et al. (2015), el PEAD se caracteriza por ser el plástico de mejor calidad, mientras que el PS produce una mayor fracción líquida. Una vez obtenidos los residuos sólidos plásticos, aplicamos un pretratamiento para homogenizar los polímeros y eliminar las impurezas presentes en los residuos de PEAD y PS. Luego se procedió a la reducción del tamaño de las partículas utilizando una trituradora industrial, seguida de un lavado con agua y detergente. Finalmente, se realizó un secado a temperatura ambiente durante 72 horas. Después de completar el proceso de pretratamiento, se registró el peso de los residuos plásticos.

2.3. Implementación del Sistema Pirolítico

Se implementó un reactor tipo batch a partir de un tanque de compresora de aire de 10 L, diseñado para soportar una presión máxima de 130 PSI (9 bar) y una temperatura máxima de 600°C. Además, se incorporó un sistema de enfriamiento para la condensación de gases calientes en líquidos. Para monitorear la presión, se colocó dos manómetros manuales con capacidad de 300 PSI (20 bar), uno instalado en la salida del reactor y otro antes del primer sistema de almacenamiento, con el propósito de medir la presión del gas que llegaba al sistema. De igual manera, se midió la temperatura con una termocupla conectada al reactor, siguiendo la metodología descrita por Mancheno et al. (2016).

Figura 1

Producción de combustible pirolítico a partir de residuos plásticos PEAD y PS mediante degradación térmica controlada



Se añadieron 3 kg de polímero reciclado (PEAD o PS) al reactor en cada corrida. Además, se incorporaron 300 g de zeolita natural como catalizador. Según Ramos et al. (2023), el uso de la zeolita es altamente recomendado para obtener un combustible pirolítico refinado, ya que absorbe algunas de las impurezas presentes en el crudo, como azufre, vanadio y níquel, y reduce la formación de coque, considerado un subproducto altamente indeseable. Se mantuvo el reactor a temperaturas de 272 y 265°C durante 4 horas para la obtención del combustible líquido. Posteriormente, se dejó que el reactor se enfriara y se permitió la condensación de los gases durante 12 horas antes de abrirlo. Los ensayos se realizaron por triplicado tanto para el PEAD como para el PS.

2.4. Cálculo del rendimiento de fracciones líquidas y sólidas en el proceso de pirolisis mediante balance de masa

Se calculó el rendimiento de las fracciones líquidas y sólidas mediante un balance de masa, siguiendo la metodología de Watson et al. (2019). Para obtener el rendimiento del combustible líquido, se utilizó la Ecuación 1, trabajando con la cantidad promedio del combustible pirolítico final y la cantidad promedio inicial del residuo:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{m}{m_{rs}} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde m es la masa del producto líquido o sólido, m_{rs} es la masa de los residuos plásticos (PEAD o PS, según el caso). Además, determinamos el rendimiento del gas producido en el proceso de pirolisis aplicando la Ecuación 2.

$$\text{Rendimiento de gas (\%)} = 100\% - (\%Rend. Líquido + \%Rend. sólido) \quad (2)$$

Figura 2

Combustible pirolítico líquido producido a partir de residuos plásticos PEAD y PS



2.5. Determinación el Coeficiente de Absorción de luz (Opacidad) de los Combustibles

Se determinó la opacidad a través del Coeficiente de Absorción $k(m^{-1})$ en un control estático del vehículo, conforme al procedimiento establecido en el DS N°009-2012-MINAM (MINAM, 2012), el cual define los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulan en la red vial. Este procedimiento se llevó a cabo con el motor en régimen de aceleración desde la velocidad de ralentí hasta su velocidad máxima sin carga. La medición de las emisiones de humo se realizó durante el período de aceleración del motor utilizando un opacímetro (modelo BEA 070, Bosch). Para las pruebas, se emplearon 2 litros de muestras homogéneas de PEAD y PS, respectivamente,

las cuales fueron aplicadas en un motor diésel, siguiendo la metodología de Agudelo et al. (2005).

3. Resultados y Discusiones

3.1. Temperatura, tiempo y presión de operación

Los datos empíricos presentados en la Tabla 1 muestran las variables de operación para la obtención de combustibles pirolíticos a partir de polietileno de alta densidad y poliestireno.

Tabla 1

Variables de operación en la obtención de combustibles pirolíticos a partir de PEAD y PS

Tipo de combustible	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Presión reactor (PSI)	Presión tanque (PSI)
PEAD	272	240	37.42	19.23
PS	265	240	30.48	15.93

Nota: Estos datos son datos empíricos.

La temperatura de pirolisis es un factor crítico en la descomposición térmica de los polímeros. Los resultados muestran que PEAD se descompone a 272°C, mientras que PS lo hace a 265°C. Aunque la diferencia de temperatura es pequeña, puede tener un impacto significativo en la eficiencia del proceso y en la calidad del producto final. Estudios previos han demostrado que la temperatura óptima de pirolisis varía según el tipo de polímero debido a sus diferentes estructuras químicas y estabilidad térmica (Demirbas, 2009). Por ejemplo, el trabajo de Paul T Williams y Brindle (2002) sugiere que pequeñas variaciones en la temperatura pueden alterar significativamente la distribución de productos obtenidos en la pirolisis de plásticos.

El tiempo de pirolisis se mantuvo constante en 240 minutos para ambos polímeros. Este tiempo parece ser suficiente para asegurar una descomposición completa y maximizar el rendimiento de los productos deseados. La literatura indica que el tiempo de reacción es crucial para asegurar la conversión eficiente de los materiales de partida en productos útiles

(Aguado et al., 2007). Un tiempo de pirolisis adecuado evita la formación de subproductos no deseados y mejora la calidad del combustible pirolítico. La presión del reactor difiere significativamente entre PEAD (37.42 PSI) y PS (30.48 PSI). Esta diferencia sugiere que PEAD produce una mayor cantidad de gases volátiles durante su descomposición. La presión del reactor es un indicador importante de la cantidad de gases generados, y su control es esencial para la seguridad del proceso y la calidad del combustible obtenido (Miskolczi et al., 2004). Una mayor presión puede indicar una producción más eficiente de productos gaseosos, que posteriormente pueden ser condensados en combustibles líquidos.

La presión en el tanque de almacenamiento también varía, siendo más alta para PEAD (19.23 PSI) en comparación con PS (15.93 PSI). Esto sugiere una mayor acumulación de productos condensables en el caso de PEAD. La presión del tanque es un reflejo de la cantidad de productos líquidos obtenidos y su control es crucial para asegurar la calidad del combustible (Wu et al., 2015). La diferencia en las presiones puede ser resultado de las distintas composiciones químicas de los productos pirolíticos obtenidos de PEAD y PS.

La temperatura y presión del proceso pirolítico para ambas biomásas fueron diferentes, esto debido a su composición. La estructura del PEAD tiene una cadena cruzada y compleja, mientras que el PS tiene cadena corta que es fácil de descomponerse (Kasar et al., 2020), por lo que no requieren altas temperaturas. Por otro lado, al trabajar a altas temperaturas observamos que el rendimiento de los productos líquidos fue menor y la producción de gas fue mayor. Rejas et al. (2015) alcanzaron una temperatura de 217 °C con PEAD, valor por debajo de nuestra temperatura (272°C); mientras que su proceso con PS logró una temperatura de 155°C, valor menor a nuestra temperatura (265°C). Esta diferencia podría deberse a que trabajamos con mayores tiempos de retención. Entre tanto, Ramos y Pretell (2021) obtuvieron un valor de temperatura de hasta 550 °C; en comparación con nuestro combustible PEAD (272°C), pero alcanzaron una presión menor, 5,027 PSI, que la nuestra (37,042 PSI). Inferimos que esto podría deberse a la relación que existe entre la temperatura y la presión; a mayor temperatura, menor presión. En nuestra investigación, sucedió lo contrario: a una temperatura más baja, se produjo una presión más alta.

3.2. Caracterización de la calidad de agua subterránea

La Tabla 2 muestra las características (densidad, viscosidad, poder caloríficos y Coeficiente de Absorción de opacidad) de los combustibles pirolíticos.

Tabla 2

Caracterización de los combustibles obtenidos por pirólisis y comparación frente a otros productos

Características	Densidad		Viscosidad		Poder calorífico		Coeficiente de Absorción de luz		Referencia
	(Kg/m ³)		(cSt)		(MJ/Kg)		(m ⁻¹)		
PEAD	748.40	±5.37 ^a	2.04	±0.0 ^a	45.22	±0.61a	0.57	±0.04 ^a	Este estudio
	890.30		0.8418		-		-		Mancheno et al., (2016)
	756.00		2.036		43.45		-		Campos & Tenazoa (2018)
PS	822.91	±0.36b	1.94	±0.0b	45.21	±0.87a	0.63	±0.03b	Este estudio
	939.20		0.9879		-		-		Mancheno et al., (2016)
	789.99		1.949		45.79		-		Campos & Tenazoa (2019)
Combustible Nacional	812.80		1.9 a 4.1		45.43				Resolucion_Directoral N°265-2019-MINEM-DGH

Los resultados de este estudio revelan importantes diferencias en las propiedades fisicoquímicas de los combustibles pirolíticos obtenidos a partir de PEAD y PS, en comparación con el diésel nacional. La densidad es un parámetro crítico que influye en la eficiencia de combustión y las emisiones. Los combustibles pirolíticos de PEAD y PS mostraron densidades de $748.40 \pm 5.37 \text{ kg/m}^3$ y $822.91 \pm 0.36 \text{ kg/m}^3$, respectivamente. En comparación, el diésel nacional presentó una densidad de 812.80 kg/m^3 . Estos resultados sugieren que el combustible pirolítico de PS es más comparable al diésel convencional en términos de densidad, lo que puede indicar una mejor compatibilidad para su uso en motores diésel (Demirbas, 2009). La densidad proporciona una idea del contenido del poder calorífico de un combustible (Kasar et al., 2020), así como de las concentraciones de algunos componentes aromáticos como el benceno y tolueno (Anuar Sharuddin et al., 2016). Por lo tanto, el poder calorífico aumenta con la densidad.

El combustible pirolítico PEAD puede ser clasificado de acuerdo a su densidad como un crudo súper ligero, lo cual hace que sea más volátil y puede presentar menor concentración de azufre, siendo así un combustible con menor impacto ambiental (Kasar et al., 2020), además de ser comparable con el diésel nacional. Los combustibles ligeros son los más requeridos en el mercado, ya que son ideales para el refinado en combustibles y derivados. Campos y Tenazoa (2018) consiguieron un combustible súper ligero usando también PEAD y PS, mientras que Mancheno et al. (2016) obtuvieron un combustible con densidad mediana trabajando con PS, pero usando una presión de 9 PSI y 400°C, también usando zeolita como catalizador, al mismo tiempo que consiguieron un crudo pesado usando PEAD. Asumimos que esta diferencia es debida a dos factores que impactan en el rendimiento líquido durante el proceso de pirólisis; el contenido de cenizas y de sólidos volátiles. La presencia de materiales volátiles genera mayor rendimiento de líquido, disminuyendo el contenido de cenizas (Anuar Sharuddin et al., 2016; Miandad et al., 2016). Proaño y Crespo (2009) indican que a temperaturas menores a 300°C el rendimiento líquido es menor.

La viscosidad afecta la atomización del combustible y la eficiencia de combustión. Los valores de viscosidad obtenidos fueron de 2.04 ± 0.0 cSt para PEAD y 1.94 ± 0.0 cSt para PS. Estos valores son inferiores a los reportados para combustibles convencionales, lo cual puede favorecer una mejor atomización y mezcla con el aire durante la combustión (Knothe, 2005). Sin embargo, es importante considerar que la viscosidad debe ser optimizada para cada tipo de motor (Roberts et al., 2014).

El poder calorífico es una medida clave de la energía que puede ser liberada durante la combustión. Los combustibles pirolíticos de PEAD y PS mostraron poderes caloríficos de 45.22 ± 0.61 MJ/Kg y 45.21 ± 0.87 MJ/Kg, respectivamente, muy cercanos al valor del diésel nacional (45.43 MJ/Kg). Esto indica que ambos combustibles pirolíticos pueden ofrecer un rendimiento energético comparable al del diésel convencional (Paul T Williams y Brindle, 2002). Campos y Tenazoa (2018) obtuvieron un poder calorífico similar al encontrado en este estudio usando PS, pero diferente con el PEAD. Sin embargo, el poder calorífico de Mancheno et al., (2016) muestra variaciones según las condiciones de proceso.

La opacidad del humo es un indicador de la emisión de partículas y la eficiencia de la combustión. Los valores de opacidad fueron de 0.57 ± 0.04 m⁻¹ para PEAD y 0.63 ± 0.03 m⁻¹ para PS. Estos resultados sugieren que el combustible pirolítico de PEAD podría generar menos emisiones de partículas en comparación con el de PS, aunque ambos están

dentro de rangos aceptables según estudios previos (Miskolczi et al., 2004). La opacidad del combustible pirolítico de PEAD y PS se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, resultando en combustibles con menos impacto ambiental.

El olor es característico de los combustibles nacionales debido a que causa irritación y malestar nasal cuando es percibido (Guachamin et al., 2023).

Tabla 3

Matriz de correlación de parámetros fisicoquímicos de los combustibles pirolíticos

	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (cSt)	Coefficiente de Absorción de luz (m ⁻¹)	Poder Calorífico (MJ/Kg)
Densidad (kg/m ³)	1	-0.987708	0.864834	0.038751
Viscosidad (Cp)	-0.987708	1	-0.867875	0.051277
Opacidad	0.864834	-0.867875	1	-0.015556
Poder Calorífico (MJ/Kg)	0.038751	0.051277	-0.015556	1

Comparamos los datos del diésel nacional con los obtenidos en este estudio en términos de densidad, viscosidad, poder calorífico y opacidad (Tabla 2). El análisis de varianza reveló una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los combustibles pirolíticos de PEAD y PS en cuanto a su composición fisicoquímica, excepto en el poder calorífico.

La correlación entre las propiedades físicas y químicas del combustible pirolítico revela varias relaciones significativas. La densidad muestra una alta correlación negativa con la viscosidad (-0.987708), indicando que a medida que la densidad aumenta, la viscosidad disminuye significativamente. Asimismo, la densidad tiene una alta correlación positiva con el coeficiente de absorción (0.864834), sugiriendo que un incremento en la densidad se asocia con un aumento en el coeficiente de absorción. Sin embargo, la correlación entre densidad y poder calorífico es muy baja (0.038751), lo que indica una influencia casi nula. De manera similar, la viscosidad también presenta una correlación negativa alta con el coeficiente de absorción (-0.867875) y una correlación muy baja con el poder calorífico (0.051277). Por otro lado, el coeficiente de absorción muestra una correlación muy baja y negativa con el poder calorífico (-0.015556). En general, el poder

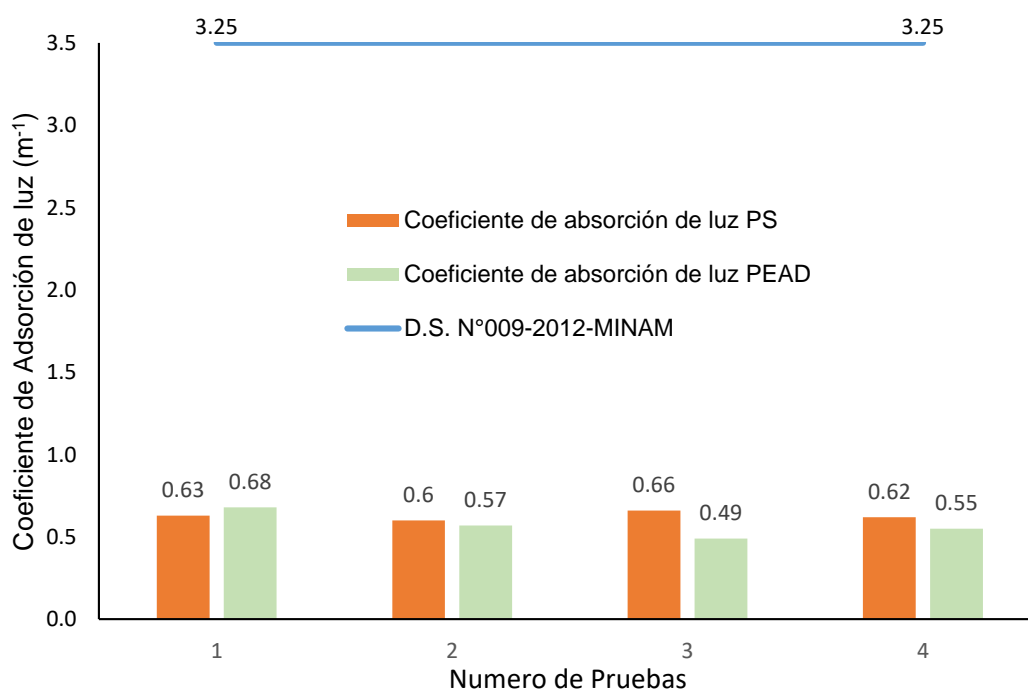
calorífico no está significativamente influenciado por la densidad, la viscosidad ni el coeficiente de absorción, dado que las correlaciones con estas propiedades son muy bajas.

3.3. Resultado de coeficiente de absorción de luz

Esta Figura 3 muestra los valores de opacidad (en m^{-1}) de los combustibles obtenidos de polietileno de alta densidad y poliestireno en cuatro pruebas diferentes, junto con el límite normativo de opacidad para vehículos diésel.

Figura 3

Coeficiente de absorción de luz (opacidad) de los combustibles pirolíticos de PEAD y PS en diferentes pruebas, comparado con el límite establecido por el DS N° 009-2012-MINAM



El coeficiente de Absorción de Luz (m^{-1}), también conocido como coeficiente de extinción, mide la densidad del humo en términos de la cantidad de luz absorbida por metro. Un valor más alto indica una mayor densidad de humo. Los combustibles pirolíticos obtenidos de PEAD y PS mostraron valores de opacidad de $0.57 m^{-1}$ y $0.63 m^{-1}$, respectivamente. Estos valores son significativamente inferiores al límite establecido por el DS N° 009-2012-MINAM, que es $\leq 3.25 m^{-1}$ para vehículos con motores diésel fabricados después de 1996 y operando a altitudes mayores a 3000 metros sobre el nivel del mar. La figura 3 muestra claramente que los valores de opacidad de los combustibles pirolíticos

están muy por debajo del límite normativo en todas las pruebas realizadas. Esto indica que los combustibles derivados de PEAD y PS tienen una emisión de partículas considerablemente baja, lo cual es beneficioso desde el punto de vista ambiental. Estudios recientes han demostrado que los combustibles con baja opacidad emiten menos partículas durante la combustión, reduciendo significativamente la contaminación del aire (Demirbas, 2009). Además, la baja opacidad sugiere una combustión más completa y eficiente, lo cual es crucial para optimizar el rendimiento energético de los combustibles alternativos (Chen et al., 2014).

Se obtuvieron combustibles líquidos altamente volátiles, característicos de los productos de pirolisis, con coloraciones que varían desde el amarillo olivo (PEAD) hasta el pardo oscuro (PS). En procesos termoquímicos, es común observar que el poder calorífico del combustible está relacionado con sus características fisicoquímicas. En este estudio, se observó una correlación negativa entre la opacidad y el poder calorífico (Tabla 3), indicando que un menor grado de opacidad se asocia con un mayor poder calorífico. Además, se identificó una correlación positiva entre la viscosidad y el poder calorífico, lo que sugiere que los combustibles más viscosos pueden tener un mayor contenido energético (Aguado et al., 2007; Miskolczi et al., 2004).

Estos resultados no solo cumplen con las normativas ambientales vigentes, sino que también subrayan el potencial de los combustibles pirolíticos de PEAD y PS como alternativas viables y eficientes. La diferencia en la opacidad entre PEAD y PS puede atribuirse a las variaciones en la composición química y el proceso de descomposición térmica de los polímeros, lo que afecta directamente las propiedades finales del combustible (Paul T Williams y Brindle, 2002; Miandad et al., 2016).

3.4. Rendimiento de los combustibles en fracción líquido, sólido y gas:

El PS presenta un 51,09% (2046,43mL) en rendimiento, en comparación del PEAD que obtuvo un 43,92 % (1935,66mL). Además, el PS obtuvo un 9,09 (300g) del sólido como residuo, en comparación del PEAD que obtuvo un 24,39 % (805g). El PS tiene un 39,88 % en rendimiento de gaseoso, mientras PEAD 31,68 %. Esto podría deberse a que se trabajó a temperaturas.

4. Conclusiones

El estudio revela que las condiciones operativas, particularmente la temperatura (272°C para PEAD, 265°C para PS), el tiempo (240 min) y las presiones (reactor: 37.42 PSI para PEAD, 30.48 PSI para PS; tanque: 19.23 PSI para PEAD, 15.93 PSI para PS), son esenciales para optimizar la eficiencia de la pirolisis y la calidad del combustible. Los distintos requisitos para PEAD y PS destacan la necesidad de condiciones específicas para lograr un rendimiento máximo y una calidad superior del producto.

Los resultados obtenidos demuestran que los combustibles pirolíticos de PEAD y PS presentan propiedades fisicoquímicas prometedoras en comparación con el diésel nacional. El PEAD mostró una densidad de $748.40 \pm 5.37 \text{ Kg/m}^3$ y un poder calorífico de $45.22 \pm 0.61 \text{ MJ/Kg}$, mientras que el PS presentó una densidad de $822.91 \pm 0.36 \text{ Kg/m}^3$ y un poder calorífico de $45.21 \pm 0.87 \text{ MJ/Kg}$, ambos similares al diésel nacional (812.80 Kg/m^3 y 45.43 MJ/Kg). Sin embargo, las diferencias en viscosidad (PEAD: $2.04 \pm 0.0 \text{ cSt}$, PS: $1.94 \pm 0.0 \text{ cSt}$) y opacidad (PEAD: $0.57 \pm 0.04 \text{ m}^{-1}$, PS: $0.63 \pm 0.03 \text{ m}^{-1}$) indican la necesidad de ajustes específicos para cada aplicación.

Además, los coeficientes de absorción de luz (opacidad) de los combustibles pirolíticos de PEAD y PS son consistentemente inferiores al límite regulatorio de 3.25 m^{-1} establecido por el DS N° 009-2012-MINAM, lo que indica que ambos combustibles no solo cumplen con las normativas ambientales, sino que también generan significativamente menores emisiones de partículas. La correlación observada entre la opacidad y el poder calorífico sugiere que una optimización adicional de las condiciones de pirolisis podría mejorar aún más las propiedades de estos combustibles.

Finalmente, el poliestireno muestra un mayor rendimiento en la producción de combustibles pirolíticos, con un 51.09% (2046.43 mL), comparado con el polietileno de alta densidad, que obtuvo un 43.92% (1935.66 mL). Además, PS generó menos residuo sólido (9.09%, 300 g) en comparación con PEAD (24.39%, 805 g), y también produjo más gases (39.88% para PS versus 31.68% para PEAD). Estas diferencias en rendimiento podrían atribuirse a las distintas temperaturas de operación utilizadas en el proceso de pirolisis. En resumen, los residuos plásticos de PEAD y PS se pueden valorizar energéticamente a través del proceso de pirolisis, generando combustibles pirolíticos de menor impacto ambiental y con propiedades muy semejantes al diésel, destacando su alto poder calorífico, densidad similar y viscosidad dentro del rango establecido para combustibles convencionales.

5. Referencias bibliográficas

- Aguado, J., Serrano, D. P., y San Miguel, G. (2007). European trends in the feedstock recycling of plastic wastes. *Global NEST Journal*, 9(1), 12-19. <https://doi.org/10.30955/gnj.000432>
- Agudelo, J., Bedoya, I., y Agudelo, A. (2005). Emisiones gaseosas y opacidad del humo de un motor operando con bajas concentraciones de biodiesel de palma. *Ingeniería y desarrollo: revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte*, 18, 1-22.
- Al-Salem, S. M. (2019). Thermal pyrolysis of high density polyethylene (HDPE) in a novel fixed bed reactor system for the production of high value gasoline range hydrocarbons (HC). *Process Safety and Environmental Protection*, 127, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.05.008>
- Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., y Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308-326. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037>
- Barboza, L. G. A., Vieira, L. R., Branco, V., Carvalho, C., y Guilhermino, L. (2018). Microplastics increase mercury bioconcentration in gills and bioaccumulation in the liver, and cause oxidative stress and damage in *Dicentrarchus labrax* juveniles. *Scientific Reports*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34125-z>
- Bridgwater, A. V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68-94. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.048>
- Campos, A., y Tenazoa, F. (2018). Combustibles fuel-oil obtenidos de residuos plásticos mediante pirólisis, Pucallpa – Ucayali, 2018. En *Universidad César Vallejo*.
- Chen, D., Yin, L., Wang, H., y He, P. (2014). Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review. *Waste Management*, 34(12), 2466-2486. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.08.004>
- Demirbas, A. (2009). Pyrolysis of biomass for fuels and chemicals. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 31(12), 1028-1037. <https://doi.org/10.1080/15567030801909383>
- ECOPLAS. (2011). *Manual de valorización de los residuos plásticos. El plástico protege el medio ambiente. PLASTIVIDA. 5 Edición*, 155.
- Emmanuel, A. H., Estrada, G., Guadalupe, J., Carrillo, P., y Guillermo, J. (2019). *Obtención de gas combustible a partir de la pirólisis catalítica de plásticos reciclados*. 3, 2018-2020.
- Enfrin, M., Lee, J., Gibert, Y., Basheer, F., Kong, L., y Dumée, L. F. (2020). Release of hazardous nanoplastic contaminants due to microplastics fragmentation under shear stress forces. *Journal of Hazardous Materials*, 384(September 2019), 121393. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121393>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., y Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made - Supplementary Information. *Science Advances*, 3(7), 19-24. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

- Guachamin, S., Castro, J., Garcia, A., Garcia, A., Cevallos, E., & Garcia, O. (2023). Obtención de combustibles a partir de pirólisis de material plástico reciclado de polietileno de alta densidad (pead). *Ingeniería, Tecnología e Investigación.*, 6(11).
- Hernández, A., Martínez, J., y Perez, L. (2015). Bacterias Hidrocarbonocásticas Biodegradantes De Poliestireno Expandido. *Foresta Veracruzana*, 17(2), 21-28.
- Herrera, J. I. S., Miranda, B. C., Barquero, A. D., y Rivera, G. J. (2020). Valorización De Residuos De Parafinas Provenientes De La Pirólisis De Plásticos Por Craqueo Catalítico. *Ciencia en Desarrollo*, 11(1), 81-99. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n1.2020.10488>
- Kalargaris, I., Tian, G., y Gu, S. (2017). Combustion, performance and emission analysis of a DI diesel engine using plastic pyrolysis oil. *Fuel Processing Technology*, 157, 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.11.016>
- Kasar, P., Sharma, D. K., y Ahmaruzzaman, M. (2020). Thermal and catalytic decomposition of waste plastics and its co-processing with petroleum residue through pyrolysis process. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121639. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121639>
- Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1059-1070. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.002>
- Mancheno, M., Astudillo, S., Arévalo, P., Malo, I., Naranjo, T., y Espinoza, J. (2016). Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio del proceso de pirólisis. *La Granja*, 23(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.06>
- McKelvey, D., Menary, G., Martin, P., y Yan, S. (2017). Thermoforming of HDPE. *AIP Conference Proceedings*, 1896(October). <https://doi.org/10.1063/1.5008069>
- Miandad, R., Barakat, M. A., Aburizaiza, A. S., Rehan, M., y Nizami, A. S. (2016). Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 102, 822-838. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.06.022>
- MINAM. (2012). *Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM. Modifican Decreto Supremo N° 047- 2001-MTC, que establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial*. 481127-481138.
- MINAM. (2021). *Consenso nacional sobre Visión y Actuación para enfrentar la basura plástica*.
- Miskolczi, N., Bartha, L., Deák, G., y Jóver, B. (2004). Thermal degradation of municipal plastic waste for production of fuel-like hydrocarbons. *Polymer Degradation and Stability*, 86(2), 357-366. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.04.025>
- OSINERGMIN. (2021). *Análisis del Mercado de Hidrocarburos*.
- Pradilla, A., y Méndez, D. (2020). *Valorización Energética de Residuos Sólidos de Poliestireno Mediante Pirólisis, una Revisión del 2011 - 2020 Enmarcada en una Alternativa para la Región*. 1-57.

- Proaño, O., y Crespo, S. (2009). Obtención de combustibles a partir de residuos plásticos. *Revista Politécnica*, 30(1), 137-144.
- Rahman, M. H., Bhoi, P. R., y Menezes, P. L. (2023). Pyrolysis of waste plastics into fuels and chemicals: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188(March), 113799. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113799>
- Ramos, W., Nahui-Ortiz, J., Erazo, R., y Pretell, V. (2023). Pirólisis catalítica de cubrebocas de polipropileno desechables para la obtención de combustibles líquidos. *Información tecnológica*, 34(1), 1-10. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000100001>
- Ramos, W., y Pretell, V. (2021). Obtención de Combustibles Líquidos a Partir de Residuos de Polietileno de Alta Densidad Obtaining Liquid Fuels from High Density Polyethylene Waste. *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-8.
- Rejas, L., Carreón, B., Ortiz, M., Llanes, L., y Copa, M. (2015). Generación de combustibles líquidos a partir de residuos plásticos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10, 635-642.
- Roberts, A., Brooks, R., y Shipway, P. (2014). Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions. *Energy Conversion and Management*, 82, 327-350. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.03.002>
- Taipe, J. (2020). Obtención De Combustibles a Partir De Residuos De Polipropileno Reciclado, Mediante Pirólisis Catalítica. *Universidad de las Fuerzas Armadas*, 53(9), 1689-1699.
- Watson, J., Lu, J., de Souza, R., Si, B., Zhang, Y., y Liu, Z. (2019). Effects of the extraction solvents in hydrothermal liquefaction processes: Biocrude oil quality and energy conversion efficiency. *Energy*, 167, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.003>
- Williams, P. T., y Besler, S. (1992). Pyrolysis of municipal solid waste. *Journal of the Institute of Energy*, 65(465), 192-200. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.1458>
- Williams, Paul T, y Brindle, A. J. (2002). Catalytic pyrolysis of tyres: Influence of catalyst temperature. *Fuel*, 81(18), 2425-2434. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(02\)00196-5](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(02)00196-5)
- Wu, D., Liu, G., Chen, S., y Sun, R. (2015). An experimental investigation on heating rate effect in the thermal behavior of perhydrous bituminous coal during pyrolysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 119(3), 2195-2203. <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4401-y>
- Zheng, J., y Suh, S. (2019). Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature Climate Change*, 9(5), 374-378. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>

6. ANEXOS

Anexo A: Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

RESOLUCIÓN N° 0881/A-2021/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 09 de noviembre de 2021

VISTO:

El expediente de **Rossmery Mamani Moscairo**, identificado(a) con Código Universitario N° 201521923 y **Yene Justina Condori Sacsahuilica**, identificado(a) con Código Universitario N° 201510814, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Rossmery Mamani Moscairo** y **Yene Justina Condori Sacsahuilica**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Valorización energética de residuos de poliestireno y polietileno de alta densidad para la obtención de combustibles Autores" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 09 de noviembre de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Valorización energética de residuos de poliestireno y polietileno de alta densidad para la obtención de combustibles Autores" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **MSc. Rose Adeline Callata Chura** y **MSc. Jael Calla Calla**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.



[Signature]
Dra. María Vallejos Atalaya de Cornejo
DECANA

Regístrese, comuníquese y archívese.



[Signature]
Dra. Erika Inés Acuña Salinas
SECRETARIA ACADÉMICA

CC:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

B1: Evidencia de Sumisión del artículo científico

14/12/23, 15:29

[URJ] Submission Acknowledgement - rossmeryan2@gmail.com - Gmail



Buscar en el correo electrónico



[URJ] Submission Acknowledgement Recibido



Carolina Seas Carvajal via Revistas UNED revistas@uned.ac.es
para ferns.00

20 oct 2023, 12

Dear Dr. Juan Eduardo Vigo Rivera: "El Valorización energética de residuos poliestireno y polietileno de alta densidad para la obtención de combustibles" to UNED

We received your manuscript "El Valorización energética de residuos poliestireno y polietileno de alta densidad para la obtención de combustibles" to UNED. Please address it you do not hear from us within 45 days.

Best regards,

Equipo Editorial / Editorial Team

UNED Research Journal / Revista Cuadernos de Investigación UNED

Comedoría de Investigación

<https://revistas.uned.ac.es/index.php/cuadernos>

AVISO DE CONFIDENCIALIDAD: La información contenida en este mensaje electrónico, incluidos los archivos adjuntos, es de carácter confidencial, por contener

Análisis de laboratorio

C1: Análisis de poder Calorífico de Polietileno de alta densidad N°1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros, Gas Natural y Derivados - CERTIPETRO

INFORME DE ENSAYOS N° IE - 101322

IE N° 101322/Página 1 de 1

1. INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	YENE JUSTHIA CONDORI SACSAHULLCA	
1.2	Dirección Legal	Jr. Dadas Eternos-San Roman	
1.3	Provincia / Departamento	Julaca/Puno	
1.4	Teléfonos / Fax	930995220	
1.5	Documento Nacional de Identidad (DNI)	77070969	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-010-22	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	2022-03-18	
1.8	Ensayos / Servicios Solicitados	1 Ensayo Fisicoquímico	
1.9	Fecha de Inicio de Ensayo	2022-03-21	
1.10	Fecha de Término de Ensayo	2022-03-25	
2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	-	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO DE PEAD N°1	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	01	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	1954.5 ml	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras	Envases de vidrio	
3. RESULTADOS			
Item	ENSAYOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS
3.3	Poder calorífico Bruto (MJ/kg) (Btu/lb) (cal/g)	ASTM D240-14	45 925 19742 10068.5
4. OBSERVACIONES			
<p>--- Especificaciones sobre el uso del Informe de Ensayos: - El presente Informe de Ensayos es válido únicamente a la muestra analizada. - Cualquier corrección o emenda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente. - Las emendas al presente documento efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales regadas por dispositivos legales vigentes. - Esta prohíbe la reproducción parcial del presente Informe de Ensayo. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública. - El presente Informe de Ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión. - El presente Informe de Ensayos, al legítimo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios. Salvo previa autorización escrita del Director Ejecutivo de CERTIPETRO o del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica-UNI.</p>			
Rimac, 25 de marzo de 2022			
		 MSc. Ing. WILLIAMS JAVIER RAMOS VASQUEZ Director Técnico Reg. CIP: 226122	
Formato OTL 005-03			

Teléfonos: (511) 3813845 / (511) 4811070 anexo 8004
 Dirección: Av. Túpac Amaru 2010 – Rimac – Perú
 E-mail: certipetro@fip.uni.edu.pe

C2: Análisis de poder Calorífico de Polietileno de alta densidad N°2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros, Gas Natural y Derivados - CERTIPETRO

INFORME DE ENSAYOS N° IE - 101422

IE N° 101422/Página 1 de 1

1. INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	YENE JUSTINA CONDORI SACSAHUILCA	
1.2	Dirección Legal	Jr. Dados Eternos-San Roman	
1.3	Provincia / Departamento	Juliana/Puno	
1.4	Teléfonos / Fax	930995220	
1.5	Documento Nacional de Identidad (DNI)	77076069	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-010-22	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	2022-03-18	
1.8	Ensayos / Servicios Solicitados	1 Ensayo Fisicoquímico	
1.9	Fecha de Inicio de Ensayo	2022-03-21	
1.10	Fecha de Término de Ensayo	2022-03-25	
2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	-	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO DE PEAD N°2	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	COMBUSTIBLE PIROLITICO	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	01	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	1908.3 ml	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras	Envases de vidrio	
3. RESULTADOS			
Item	ENSAYOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS
3.3	Poder calorífico Bruto (MJ/kg) (Btu/lb) (cal/g)	ASTM D240-14	44.945 19320 10733.5
4. OBSERVACIONES			
-			
<p>Especificaciones sobre el uso del Informe de Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada. - Cualquier corrección o emenda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente. - Las emendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes. - Esta prohibida la reproducción parcial del presente informe de ensayo. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública. - El presente informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión. - El presente informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios. Salvo previa autorización escrita del Director Ejecutivo de CERTIPETRO o del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica-UNI. 			
Rimac, 25 de marzo de 2022			
 MSc. Ing. WILLIAMS JAVIER RAMOS VASQUEZ Director Técnico Reg. CIP: 226122			
Formato DTI_005.03			

Teléfonos: (511) 3813845 / (511) 4811070 anexo 6004
 Dirección: Av. Túpac Amaru 2010 – Rimac – Perú
 E-mail: certipetro@fip.uni.edu.pe

C3: Análisis de poder Calorífico de Polietileno de alta densidad N°3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroferos, Gas Natural y Derivados - CERTIPETRO

INFORME DE ENSAYOS N° IE - 101522

IE N° 101522/Página 1 de 1

1. INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	YENE JUSTINA CONDORI SACSAHUILLCA	
1.2	Dirección Legal	Jr. Dadas Eternos-San Roman	
1.3	Provincia / Departamento	Julica/Puno	
1.4	Teléfonos / Fax	930995220	
1.5	Documento Nacional de Identidad (DNI)	77076969	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-010-22	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	2022-03-18	
1.8	Ensayos / Servicios Solicitados	1 Ensayo Físicoquímico	
1.9	Fecha de Inicio de Ensayo	2022-03-21	
1.10	Fecha de Término de Ensayo	2022-03-25	
2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	-	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO DE PEAD N°3	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	01	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	1944.2 ml	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras	Envases de vidrio	
3. RESULTADOS			
		MÉTODO DE ENSAYO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS
3.3	Poder calorífico Bruto	ASTM D240-14	
	(MJ/kg)		44.795
	(Btu/lb)		19258
	(cal/g)		10689.5
4. OBSERVACIONES			
<p>---</p> <p>Especificaciones sobre el uso del Informe de Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada. - Cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente. - Las enmiendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes. - Esta prohibida la reproducción parcial del presente informe de ensayo. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública. - El presente informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión. - El presente informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios. Bajo previa autorización escrita del Director Ejecutivo de CERTIPETRO o del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica-UPN. <p>Rimac, 25 de marzo de 2022.</p>			
<p>MSc. Ing. WILLIAMS JAVIER RAMOS VASQUEZ Director Técnico Reg. CIP: 226122</p>			
Formato DTL-005.03			

Teléfonos: (511) 3813845 / (511) 4811070 anexo 6004
 Dirección: Av. Túpac Amaru 2010 – Rimac – Perú
 E-mail: certipetro@fp.uni.edu.pe

C4: Análisis de poder Calorífico de Poliestireno N°1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros, Gas Natural y Derivados - CERTIPETRO

INFORME DE ENSAYOS N° IE - 101022

IE N° 101022/Página 1 de 1

1. INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	YENIE JUSTINA CONDORI SACSAHUILLCA	
1.2	Dirección Legal	Jr. Dadas Eternos-San Roman	
1.3	Provincia / Departamento	Julíaca/Puno	
1.4	Teléfonos / Fax	930995220	
1.5	Documento Nacional de Identidad (DNI)	77076969	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-010-22	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	2022-03-18	
1.8	Ensayos / Servicios Solicitados	1 Ensayo Físicoquímico	
1.9	Fecha de Inicio de Ensayo	2022-03-21	
1.10	Fecha de Término de Ensayo	2022-03-25	
2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	---	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO DE PS N°1	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	COMBUSTIBLE PIROLITICO	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	01	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	2069.6 ml	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras	Envases de vidrio	
3. RESULTADOS			
Item	ENSAYOS	METODO DE ENSAYO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS
3.3	Poder calorífico Bruto (MJ/kg) (Btu/lb) (cal/g)	ASTM D240-14	45.835 19705 10947.5
4. OBSERVACIONES			
<p>--- Especificaciones sobre el uso del Informe de Ensayos: El presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada. Cualquier corrección o emienda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente. Las emendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes. Esta prohibida la reproducción parcial del presente informe de ensayos. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública. El presente informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión. El presente informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios, salvo previa autorización escrita del Director Ejecutivo de CERTIPETRO o del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica UNI.</p> <p>Rimac, 25 de marzo de 2022.</p>			
 MSc. Ing. WILLIAMS JAVIER RAMOS VASQUEZ Director Técnico Reg. CIP: 226122			

Formato DTL-005-03

Teléfonos: (511) 3813845 / (511) 4811070 anexo 6004
 Dirección: Av. Túpac Amaru 2010 – Rimac – Perú
 E-mail: certipetro@fip.uni.edu.pe

C5: Análisis de poder Calorífico de Poliestireno N°2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros, Gas Natural y Derivados - CERTIPETRO

INFORME DE ENSAYOS N° IE - 101122

IE N° 101122/Página 1 de 1

1. INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	YENE JUSTINA CONDOBI SACSABULLCA	
1.2	Dirección Legal	Jr. Dados Eternos-San Roman	
1.3	Provincia / Departamento	Julica/Puno	
1.4	Teléfonos / Fax	900995220	
1.5	Documento Nacional de Identidad (DNI)	77076969	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-010-22	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	2022-03-18	
1.8	Ensayos / Servicios Solicitados	1 Ensayo Físicoquímico	
1.9	Fecha de Inicio de Ensayo	2022-03-21	
1.10	Fecha de Término de Ensayo	2022-03-25	
2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	-	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO DE PS N°2	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	01	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	2015 g ml	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras	Envases de vidrio	
3. RESULTADOS			
Item	ENSAYOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS
3.3	Poder calorífico (Bruto)	ASTM D240-14	
	(MJ/kg)		45.565
	(Btu/lb)		10587
	(cal/g)		10881.5
4. OBSERVACIONES			
-			
<p>Especificaciones sobre el uso del Informe de Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada. - Cualquier corrección o comentario en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente. - Las enmiendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes. - Esta prohibida la reproducción parcial del presente informe de ensayos. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública. - El presente informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión. - El presente informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios. Salvo previa autorización escrita del Director Ejecutivo de CERTIPETRO o del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica-UPN. 			
Rímac, 25 de marzo de 2022.			
 MSc. Ing. WILLIAMS JAVIER RAMOS VASQUEZ Director Técnico Reg. CIP: 226122			
Formato DT1-006 03			

Teléfonos: (511) 3813845 / (511) 4811070 anexo 6004
 Dirección: Av. Túpac Amaru 2010 – Rímac – Perú
 E-mail: certipetro@fip.uni.edu.pe

C6: Análisis de poder Calorífico de Poliestireno N°3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



Centro de Certificación, Inspección y Ensayos de Productos Petroleros, Gas Natural y Derivados - CERTIPETRO

INFORME DE ENSAYOS N° IE - 101222

IE N° 101222/Página 1 de 1

1. INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Solicitante (Nombre Legal)	YEJIE JUSTINA CONDORI SACSAHULLCA	
1.2	Dirección Legal	Jr. Dadas Eternas-San Roman	
1.3	Provincia / Departamento	Juliacá/Puno	
1.4	Teléfonos / Fax	930695220	
1.5	Documento Nacional de Identidad (DNI)	77076060	
1.6	Solicitud para Servicios de Ensayos (N°)	SS-010-22	
1.7	Fecha de Recepción de Solicitud	2022-03-18	
1.8	Ensayos / Servicios Solicitados	1 Ensayo Fisicoquímico	
1.9	Fecha de Inicio de Ensayo	2022-03-21	
1.10	Fecha de Término de Ensayo	2022-03-25	
2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
2.1	Producto (Nombre Genérico)	-	
2.2	Identificación de las Muestras Recepcionadas	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO DE PS N°3	
2.3	Marca Comercial o Especial de las Muestras	COMBUSTIBLE PIROLÍTICO	
2.4	Número de Muestras Recepcionadas	01	
2.5	Cantidad de Muestra Recepcionada	2054.1 ml	
2.6	Forma de Presentación de las Muestras	Envases de vidrio	
3. RESULTADOS			
Item	ENSAYOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS
3.3	Poder calorífico Bruto	ASTM D240-14	
	(MJ/kg)		44.215
	(Btu/lb)		19009
	(cal/g)		10560.5
4. OBSERVACIONES			
-			
<p>Especificaciones sobre el uso del Informe de Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El presente informe de ensayos se refiere únicamente a la muestra analizada. - Cualquier corrección o emienda en el contenido del presente documento, lo anula automáticamente. - Las emendas al presente documento no efectuadas por CERTIPETRO, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes. - Esta prohíbe la reproducción parcial del presente informe de ensayo. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública. - El presente informe de ensayos es válido por noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión. - El presente informe de ensayos, el logotipo y nombre de CERTIPETRO no pueden ser utilizados para fines publicitarios. Salvo previa autorización escrita del Director Ejecutivo de CERTIPETRO o del Decano de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica-UNI. 			
Rimac, 25 de marzo de 2022			
 Msc. Ing. WILLIAMS JAVIER RAMOS VASQUEZ Director Técnico Reg. CIP: 226122			


Formato DTL-005.03

Teléfonos: (511) 3813845 / (511) 4811070 anexo 6004
 Dirección: Av. Túpac Amaru 2010 – Rimac – Perú
 E-mail: certipetro@fip.uni.edu.pe

C7: Análisis de Densidad, Viscosidad y color del combustible Pirolítico de Polietileno de Alta Densidad y Poliestireno

INFORME DE ANÁLISIS				
Asunto	: Análisis de densidad, viscosidad y color			
Procedencia	: Juliaca			
Interesado	: Rosamry Mamani Moscairo			
Muestra	: Combustible Pirolítico			
Método	:			
Fecha de Recepción:	28/03/2022			
Fecha de Análisis	: Del 29/03/2022 al 05/04/2022			
Resultados del Combustible Pirolítico de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)				
Análisis	Normativa	Muestra 1 PEAD	Muestra 2 PEAD	Muestra 3 PEAD
Densidad Kg/m ³	ASTM 1298	755	745.7	745.7
Viscosidad Cp	ASTM D445	2.039	2.028	2.039
Color		AMARILLO OLIVO	AMARILLO OLIVO	AMARILLO OLIVO
Resultados del Combustible Pirolítico de Poliestireno (PS)				
Análisis	Normativa	Muestra 1 PS	Muestra 2 PS	Muestra 3 PS
Densidad Kg/m ³	ASTM 1298	823.1	823.14	822.49
Viscosidad Cp	ASTM D445	1.937	1.947	1.937
Color		PARDO OSCURO AMARILLENTO	PARDO OSCURO AMARILLENTO	PARDO OSCURO AMARILLENTO

Puno, 05 de abril del 2022



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS
INTEC S.A.C.
DIRECTOR GENERAL

C8: Análisis de coeficiente de absorción de luz (opacidad) de Polietileno de alta densidad

SENATI  **BOSCH**

AV. UNIVERSAL 854
 FDD JULIACA
 Tel.: E-mail:
 Fax: Internet:

Datos de identificación del vehículo

Matrícula	10241176	Tipo de vehículo	Pikat
Cuentakilómetros	30000	Nº de ident. del veh.	
Fabricante del vehículo	Mazda	Titular vehículo	senati
Modelo	Pikat		

Registro de pruebas del análisis de los gases de escape

Tipo de comprobación	Turbo diesel	Nº informe compr.			
Tipo de combus.	Diesel				
	Unidad	Min.	Máx.	Veh. Dat. real.	Result.
Acondicionamiento					
Temperatura				Acondicionamiento alternativo	# Ok
Nº rev. ralenti	1/min	500	1000	798	Ok
Nº rev. limit.	1/min	2000	5500	2290	Ok
Medición golpe acel.					
Sonda	1 (diámetro 10 mm, escape ≤ 70 mm)				
Nº golpes acel.	Opacidad	Nº rev. ralenti	Nº rev. limit.	Tiempo aceleración	
	1/m	1/min	1/min	s	
k1	0.68	823	2456	0.72	
k2	0.57	827	2439	1.25	
k3	0.49	824	2417	0.71	
k4	0.55	829	2458	0.77	
Golpes de acelerador analizados				44	
Rango de opacidad	1/m		0.2	0.19	Ok
M. aritmética de opacidad	1/m		2.80	0.57	Ok

Resul. final análisis gases escape Aprobado

Explicaciones # pasó las cuatro pruebas realizada

Nº control
 Fecha/hora 08.06.2023 16:05
 Inspector Efraín Mamani

Firma de la persona responsable

Comprobación gases escape Bosch

Software BEA-PC UNI V1.30 Gases de escape BEA070 V1.19 CFFED424
 Aparato de med. BEA030 V0.38 14.10.11 17:00

C9: Análisis de coeficiente de absorción de luz (opacidad) de Poliestireno

SENATI



BOSCH

AV. UNIVERSAL 854
FDD JULIACA

Tel.:

E-mail:

Fax.:

Internet:

Datos de identificación del vehículo

Matrícula	10241176	Tipo de vehículo	Pikat
Cuentakilómetros	30000	Nº de ident. del veh.	
Fabricante del vehículo	Mazda	Titular vehículo	senati
Modelo	Pikat		

Registro de pruebas del análisis de los gases de escape

Tipo de comprobación	Turbo diesel	Nº informe compr.				
Tipo de combus.	Diesel					
		Unidad	Mín.	Máx.	Veh. Dat. real.	Result.
Acondicionamiento						
Temperatura					Acondicionamiento alternativo	# Ok
Nº rev. ralenti		1/min	500	1000	814	Ok
Nº rev. limit.		1/min	2000	5500	2277	Ok
Medición golpe acel.						
Sonda	1 (diámetro 10 mm, escape ≤ 70 mm)					
Nº golpes acel.	Opacidad	Nº rev. ralenti	Nº rev. limit.	Tiempo aceleración		
	1/m	1/min	1/min	s		
k1	0.63	824	2396	0.46		
k2	0.60	825	2433	0.60		
k3	0.66	824	2444	0.78		
k4	0.62	825	2383	0.27		

Golpes de acelerador analizados				44	
Rango de opacidad	1/m		0.2	0.06	Ok
M. aritmética de opacidad	1/m		2.80	0.63	Ok

Resul. final análisis gases escape

Aprobado

Explicaciones # Pasó la prueba de opacida

Nº control

Fecha/hora 08.06.2023 15:49

Inspector Efrain Mamani

Firma de la persona responsable

Comprobación gases escape Bosch

Software BEA-PC UNI V1.30

Gases de escape BEA070 V1.19 CFFE0424
Aparato de med. BEA030 V0.36 14.10.11 17:00