UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Conversión Hidrotérmica De Polietileno de Baja Densidad Para La Obtención De Bio Crudo

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Daysi Yaneth Valeriano Leonardo

Jhojan Erick Hirpanoca Arhuire

Asesor:

Dra. Gilda Sapillado Condori

Juliaca, setiembre de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Dra. Gilda Sapillado Condori, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **"CONVERSIÓN HIDROTÉRMICA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE BIO CRUDO"** de los autores, Daysi Yaneth Valeriano Leonardo y Jhojan Erick Hirpanoca Arhuire tiene un índice de similitud de 8% 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 23 días del mes de octubre del año 2026.



Dra. Gilda Sapillado Condori

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 18 día(s) del mes de Setiembre del año 2024 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mgr. Enrique Mamani Guela, el (la) secretario(a): Mtro. Pedro Victor Quispe Apaza y los demás miembros: Mgr. Rose Adeline Callata Chura Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera y el (la) asesor(a) Dra. Gilda Sapillado Condori con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Conversión Hidrotérmica De Polietileno de Baja Densidad Para La Obtención De Bio Crudo" del(los) bachiller/es: a) Daysi Yaneth Valeriano Leonardo b) Thojan Erick Hirpanoca Arhuire c) ..... conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental (Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s 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): Daysi Yaneth Valeriano Leonardo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Excelente	Excelencia

Bachiller (b): Thojan Erick Hirpanoca Arhuire

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Excelente	Excelencia

(*) 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.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Índice

RESUMEN v
ABSTRACT vi
1. INTRODUCCIÓN 7
2. MATERIALES Y METODOS 9
2.1. Preparación de los reactores y condiciones de reacción 9
2.2. Separación y cuantificación de los productos de LHT 10
2.3. Caracterización de la composición elemental los biocrudos 11
2.3.1. Análisis elemental 11
2.3.2. Espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR) 12
2.3.2.1. Diagramas de Van Krevelen 12
2.4. Análisis estadístico de los biocrudos 13
2.4.1. Análisis estadístico descriptivo 13
2.4.2. Pruebas de supuestos estadísticos 13
2.4.3. Análisis de Componentes Principales (ACP) 13
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 15
3.1. Cuantificación del rendimiento de los residuos plásticos 15
3.2. Caracterización de composición elemental y grupos funcionales en biocrudos 18
3.2.1. Análisis elemental CHNS-O 18
3.2.2. Diagramas de Van Krevelen 22
3.2.3. Espectros FT-IR por tipo de residuo plástico 23
3.2.3.1. Biocrudos de plástico 24
3.2.3.2. Biocrudos de rafia 26
3.2.3.3. Biocrudos de sorbete 28
3.3. Análisis de Componentes Principales (ACP) 29
4. CONCLUSIONES 32
REFERENCIAS 33
ANEXOS 38

Conversión hidrotérmica de polietileno de baja densidad para la obtención de bio crudo

RESUMEN

Esta investigación evaluó la recuperación energética y composición elemental de biocrudos de plástico, rafia y sorbete obtenidos por licuefacción hidrotérmica (LHT) a 350 °C con lactosuero y glicerina como co-solventes (DCA, n = 3; N = 9). La caracterización comprendió análisis elemental CHNS-O, FT-IR, diagramas de Van Krevelen y ACP. Las diferencias entre tratamientos se evaluaron con ANOVA y prueba post-hoc de Tukey HSD. El plástico registró la mayor recuperación energética (RE = 67.24 ± 12.13 %; p = 0.012) y superior a la rafia (40.18 %; p = 0.025) y sorbete (38.13 %; p = 0.016); ambos grupos no difirieron entre sí (p = 0.928). El oxígeno fue la única variable elemental con diferencias significativas entre grupos (p = 0.024), y el plastico obtuvo menos O (35.87 % vs. ~49 % en los demás). La relación O/C también difirió entre tratamientos (p = 0.033), con una mayor separación entre plástico y sorbete (p = 0.038). Las demás variables elementales no mostraron diferencias significativas. La ausencia de variación en el nitrógeno (p = 0.966) fue debido al lactosuero y no del plástico procesado. El ACP explicó el 94.33 % de la varianza (PC1 = 80.49 %; PC2 = 13.84 %) y separó al plástico de rafia y sorbete. En el diagrama de Van Krevelen, el plástico cayó en la zona lignita-turba (O/C = 0.46) y los demás en la zona de biomasa. El plástico fue la materia prima con mayor potencial energético en el sistema evaluado.

Palabras clave: Licuefacción hidrotérmica; residuos plásticos; recuperación energética; biocrudo, lactosuero.