



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Herrera Leon, Thany Erick (orcid.org/0000-0001-9303-0185)

Mendoza Villarreal, Joel (orcid.org/0000-0003-1343-007X)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (orcid.org/0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por guiarnos en nuestra etapa universitaria y bendecir el camino para salir adelante frente a las adversidades.

A nuestros padres por confiar en nosotros y nuestro camino académico, otorgándonos valores que sirvieron de referente para formar una buena imagen profesional.

A nuestro tutor el Dr. Jorge Jave Nakayo; que nos otorgó su tiempo para orientarnos, compartir sus conocimientos y demostrarnos que sí se pudo.

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater, la Universidad Cesar Vallejo que nos ha permitido crecer como profesionales y velar por una mejor calidad de vida para la humanidad.

A nuestras familias por el apoyo emocional a seguir adelante.

Al Ingeniero Jorge Jave por ser un gran líder y sacar lo mejor de nosotros.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de Inga feuilleei y Carya illinoensis de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.", cuyos autores son HERRERA LEON THANY ERICK, MENDOZA VILLARREAL JOEL FERNANDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 09 de Agosto del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO DNI: 01066653 ORCID: 0000-0003-3536-881X	Firmado electrónicamente por: JJAVEN el 17-08- 2023 21:07:12

Código documento Trilce: TRI - 0646429



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HERRERA LEON THANY ERICK, MENDOZA VILLARREAL JOEL FERNANDO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de Inga feuilleei y Carya illinoensis de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
THANY ERICK HERRERA LEON DNI: 42517007 ORCID: 0000-0001-9303-0185	Firmado electrónicamente por: THERRERA el 09-08-2023 14:13:04
JOEL FERNANDO MENDOZA VILLARREAL DNI: 77504331 ORCID: 0000-0003-1343-007X	Firmado electrónicamente por: MENDOZAVI el 09-08-2023 12:47:26

Código documento Trilce: TRI - 1391704

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.2.1 Variables	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimiento	20
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos	33
IV. RESULTADOS.....	34
REFERENCIAS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de cáscara de <i>Inga Feuilleei</i>	34
Tabla 2. Caracterización de Cáscara <i>Carya Illinoensis</i>	34
Tabla 3. Eficiencia térmica según diseño de mezcla.....	35
Tabla 4. Temperatura de la briqueta.	36
Tabla 5. Densidad de la briqueta.....	37
Tabla 6. Humedad de las briquetas.....	38
Tabla 7. Cenizas de las briquetas.	39
Tabla 8. Material Volátil de las briquetas.....	40
Tabla 9. Carbono Fijo de briquetas.	41
Tabla 10. Poder Calorífico de briqueta.....	42
Tabla 11. Resistencia a la compresión de las briquetas	43
Tabla 12. Tiempo de Combustión de briquetas.....	44
Tabla 13. Eficiencia térmica de las briquetas	45
Tabla 14. Prueba de normalidad de poder calorífico según <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i>	46
Tabla 15. Anova de poder calorífico.	46
Tabla 16. Prueba de normalidad de los diseños de mezcla.	47
Tabla 17. Prueba de anova de los diseños de mezcla.....	48
Tabla 18. Prueba Tukey del poder calorífico según los diseños de mezcla.	48
Tabla 19. Prueba Tukey de los tiempos de combustión de los diseños de mezcla...	48
Tabla 20. Prueba de normalidad de características físicas de las briquetas.	49
Tabla 21. Prueba de T-Student de características físicas.	50
Tabla 22. Prueba de normalidad de características químicas de las briquetas.....	50
Tabla 23. Prueba de T-Student de características químicas de las briquetas.....	51
Tabla 24. Prueba de normalidad de características mecánicas.	52
Tabla 25. Prueba de anova de características mecánicas.	53
Tabla 26. Prueba de normalidad de la eficiencia térmica de las briquetas.....	53
Tabla 27. Prueba de Anova de eficiencia térmica	54
Tabla 28. Prueba tukey de eficiencia térmica.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Diagrama de procedimientos en la investigación	20
Figura 2. Ubicación de la empresa HEPAR S.A.C.	21
Figura 3. Recolección de residuos	22
Figura 4. Diseño de prototipo de molde.	23
Figura 5. Proceso de limpieza y lavado.....	24
Figura 6. Proceso de secado de cáscara de Inga feuleei	24
Figura 7. Reducción de particular de muestras	25
Figura 8. Proceso de corte de cáscaras de <i>Carya illinoensis</i>	25
Figura 9. Lavado de <i>Zea mayz</i>	26
Figura 10. Desgranado y registro de peso	27
Figura 11. Ebullición del agua con presencia de muestra.	27
Figura 12. Tamizado de residuos de <i>Inga feuleei</i> y <i>Carya illinoensis</i>	28
Figura 13. Caracterización de cáscaras	29
Figura 14. Diseño de mezcla de componente.	30
Figura 15. Colocación de las mezclas en los moldes de briquetas.	31
Figura 16. Compactación de briquetas.....	32
Figura 17. Briquetas	32
Figura 18. Eficiencia térmica según diseño de mezcla.....	35
Figura 19. Comportamiento de la temperatura de briquetas según diseño de mezcla de componentes.....	36
Figura 20. Comportamiento de la densidad de briquetas según diseño de mezcla. .	37
Figura 21. Humedad de briquetas según diseño de mezcla.	38
Figura 22. Cenizas de briquetas según diseño de mezcla.	39
Figura 23. Material volátil de briquetas según diseño de mezcla.	40
Figura 24. Carbono fijo de briquetas según diseño de mezcla.....	41
Figura 25. Poder calorífico de briquetas según diseño de mezcla.	42
Figura 26. Resistencia de las briquetas según diseño de mezcla.	43
Figura 27. Tiempo de combustión de briquetas según diseño de mezcla.	44
Figura 28. Eficiencia térmica de las briquetas según diseño de mezcla	45

RESUMEN

El uso exponencialmente de combustibles fósiles ha generado el aumento de las emisiones de carbono en forma de CO₂. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar la eficiencia térmica de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*, procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC. Dentro de la metodología se evaluó 8 diseños de mezcla. Los resultados indicaron que la briketa con mejor diseño de mezcla estuvo compuesta por 25% de *Inga feuillei* con 75% *Carya illinoensis*, logrando alcanzar una eficiencia térmica de 26.675%. Además, dentro de las características físicas presentó una temperatura de 21 °C, densidad de 0.84 g/cm³, humedad de 2.31%, cenizas 2.01% y material volátil de 7.37%. Las características químicas de la briketa fueron carbono fijo 88.31 %, poder calorífico 33997.964 KJ/kg. Las características mecánicas de las briquetas presentaron una resistencia a la compresión de 2.11 KJ/kg y tiempo de combustión de 30 minutos. En conclusión, se obtuvo una briketa resistente de consumo prolongado y el uso de residuos con alto contenido lignocelulósico favoreció sus propiedades, cumpliendo con la norma Técnica Colombiana 2060.

Palabras clave: Briketa, *carya illinoensis*, *inga feuillei*, eficiencia térmica.

ABSTRACT

The exponential use of fossil fuels has generated an increase in carbon emissions in the form of CO₂. Therefore, the objective of the study was to determine the thermal efficiency of the briquettes made from shells of *Inga feuillei* and *Carya illinoensis*, from the solid waste operating company HEPAR SAC. Within the methodology, 8 mix designs were evaluated. The results indicated that the briquette with the best mix design was composed of 25% *Inga feuillei* with 75% *Carya illinoensis*, achieving a thermal efficiency of 26.675%. In addition, within the physical characteristics it presented a temperature of 21 °C, density of 0.84 g/cm³, humidity of 2.31%, ash 2.01% and volatile material of 7.37%. The chemical characteristics of the briquette were fixed carbon 88.31%, calorific value 33997.964 KJ/kg. The mechanical characteristics of the briquettes presented a compressive strength of 2.11 KJ/kg and a burning time of 30 minutes. In conclusion, a resistant briquette of prolonged consumption was obtained and the use of waste with high lignocellulosic content favored its properties, complying with the Colombian Technical Standard 2060.

Keywords: Briquette, *Carya illinoensis*, *Inga feuillei*, thermal efficiency

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los combustibles fósiles son las fuentes de energías más relevantes y suministran alrededor del 80 % de las necesidades mundiales de energía primaria; sin embargo, su crecimiento de uso exponencialmente ha generado el aumento de las emisiones de CO₂ (Fanárraga *et al.*, 2022). En el 2018, las emisiones globales de CO₂ por la quema de combustibles fósiles alcanzaron los 32 800 millones de toneladas (Agencia Internacional de Energía, 2019).

Estudios revelan que la Tierra se calentará hasta 3,2 °C para el año 2100, a menos que se hagan esfuerzos para reducir las emisiones de CO₂ (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2019). Asimismo, el 14% del uso de combustible fósil pertenecen a países en vías de desarrollo (Tursi, 2019). En Etiopía, la quema de biomasa tradicional proporciona más del 92 % de su consumo de energía, en Ghana más del 64%, en Kenia el 70%, en Nigeria el 78%, en Bangladesh 60% y en Brasil 7% (Kpalo *et al.*, 2020).

En el Perú, ejecutar un plan a corto plazo para reducir el uso de combustibles fósiles implica una modificación casi total de las fuentes principales de energía. Esto, debido a que el 72 % de la economía todavía depende de los derivados del petróleo, y la demanda de combustibles se centraliza en el diésel, abasteciendo al sector transporte; que es importado con un costo de 63 millones de soles diarios. Además, del gas natural y balones utilizados en el hogar, que están combinados con petróleo (Gamio, 2021).

Por lo tanto, es necesario emplear fuentes de energía renovables como el uso de biomasa que absorben dióxido de carbono (CO₂) durante su crecimiento y lo emiten en su combustión, logrando cero efectos invernadero y convirtiéndose en una fuente de energía limpia y de bajo costo (Delgado *et al.*, 2020).

El reaprovechamiento de biomásas para producir energía es un claro ejemplo de sostenibilidad, donde la visión es reaprovechar las toneladas diarias de residuos orgánicos que produce cada habitante y que estas puedan tener un impacto positivo en la producción de energía. Según el MINAM (2021), el Perú valorizó en residuos orgánicos aproximadamente un total de 92 823 toneladas, siendo 68 399.63 toneladas de restos de frutas y verduras procedentes de las viviendas, mercados, juguerías etc.

Dentro de las biomásas de mayores impactos se encuentran las briquetas que iniciaron su producción en América del Norte en la segunda mitad de la década de 1970 y en la actualidad se utilizan a escala mundial, concentrándose en los países desarrollados (Durango *et al.*, 2019). Las briquetas son productos 100% ecológicos y renovables, de forma cilíndrica o rectangular, contiene baja humedad, alta densidad, ocupa menos espacio, no presenta olores, humos ni chispas y alcanza menor porcentajes de cenizas, otorgando una bioenergía sólida con altos niveles de poder calorífico (Villarroel y Macías, 2020).

La fabricación de briquetas es un claro ejemplo de reaprovechamiento de los residuos orgánicos en la producción de biocombustibles; reduciendo sus cantidades vertidos en los rellenos sanitarios; generando energía que puede contrarrestar el uso de carbón procedente de los combustibles fósiles y siendo amigables con el medio ambiente con los gases emitidos al aire (Tejada *et al.*, 2021).

Basado en la realidad problemática expuesta, se buscó responder a la incógnita: ¿Cuál será la eficiencia de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC, Lima 2023?, que representa el **problema general**; y como **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC que permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023?, ¿Cuál es el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023?, ¿Cuáles son las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya*

illinoensis de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?, ¿Cuáles son las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?, y ¿Cuáles son las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?

La **justificación ambiental** está relacionada con la reutilización sostenible de los residuos orgánicos que comúnmente son dispuestos directamente a un relleno sin reaprovechamiento alguno. Además, con la creación del biocombustible se minimiza la emisión de gases contaminantes a la atmosfera y se reduce la huella de carbono que contribuye a la recuperación de los bosques. La **justificación económica** reside en la creación de un combustible innovador y de bajo costo (no hubo gastos en la materia prima), en comparación al carbón común, promoviendo su compra. La **justificación social** radica en el beneficio de brindar a la población un ejemplo de reaprovechamiento de residuos orgánicos que diariamente son mal segregados, evitando los malos acopios que traen consigo el aglomeramiento de vectores con posibles daños de salud y afectación paisajística del espacio compartido en la sociedad. **Teóricamente** aporta conocimiento relacionado con la generación de biocombustibles, soporte teórico para futuras investigaciones, ya que la biomasa puede ser variada, dando así inicio a un nuevo tema a investigar.

La investigación posee como **objetivo general**, Determinar la eficiencia de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC, Lima 2023; y como **objetivos específicos**: Caracterizar las cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC que permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023; Determinar el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023; Determinar las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023; Determinar las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de

la empresa HEPAR SAC, Lima 2023; y Determinar las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.

Dentro de las hipótesis del estudio, se tuvo como **hipótesis general**: Las briquetas elaboradas con cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* poseen una eficiencia térmica superior al 20 %; y como **hipótesis específicas**: Las características de las cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023; El diseño de mezcla de componentes de 25% de cáscara de *Inga feuilleei* + 75% de cáscara de *Carya illinoensis* + 0% aglutinante permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023; Las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023; Las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023; y Las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, son óptimas..

II. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de este trabajo de investigación parte de la revisión de diferentes estudios culminados que guardan relación con la presente investigación. A continuación, los principales trabajos son los siguientes:

Bastidas, Valera y Serrano (2022), analizaron las características de las briquetas elaboradas de palma de aceite, de las cuales se determinó que gran parte de sus características guardan similitud a la leña nativa, presentando una relación másica de CO/CO₂ superior en la briqueta que en la cocción. En conclusión, las briquetas de palma de aceite mostraron características apropiadas para reemplazar la leña nativa con la intención de contrarrestar la deforestación.

García *et al.* (2019), produjeron briquetas aglutinadas con maíz, donde se evaluó proporciones de almidón con aserrín. La briqueta de proporción de 25% de almidón con 75% de aserrín, presentó una briqueta con 45,2 mm de diámetro, 101 mm de longitud, 9,4% de humedad y 0,45 g/ml de densidad, logrando los mejores resultados de poder calorífico (20,799 kJ/kg). En conclusión, se obtuvieron briquetas con capacidad para ser empleados en el revestimiento de interiores y aislante térmico.

Villarreal y Macías (2020), prepararon y caracterizaron física y químicamente las briquetas, determinando que las briquetas con tamaño de 10 cm y elaboradas a base de 4% de cáscara de arroz, 14% de polvillo, 10% de hueso y 12% de aserrín lograron los mejores resultados, alcanzando humedad de 11%, poder calorífico de 5268.20 Kcal/kg, densidad de 1g/cm³, cenizas de 4.35%, fuerza de compactación de 6.51 PSI y tiempo de combustión de 30 minutos.

Delgado *et al.* (2020), caracterizaron las briquetas de residuos de maíz. La composición de las briquetas fue de 30% de aglomerante con 70% residuos de maíz, que tuvo 35% de tusa y 35% de tallo, logrando cumplir con la mayoría de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana 2060. Concluyendo que, cuanto menor

sea la humedad de los residuos, menor es el porcentaje de ceniza y mayor poder calorífico proporciona la briqueta.

Moreno *et al.* (2021), corroboraron que las briquetas con contenido de borra de café con aglomerante presentan altos niveles de energía, baja generación de gases en la combustible; sin embargo, no fue suficiente para superar los niveles del carbón mineral. En conclusión, a través del uso de briquetas se puede contrarrestar la deforestación y enfermedades pulmonares provocados por el humo de leña.

Ortega *et al.* (2021), evaluaron la eficiencia térmica de briquetas derivadas de residuos. La evaluación se realizó por el método directo (bomba calorimétrica) e indirecto (combustible tradicional). El uso de las briquetas permitió reducir la emisión de CO y alcanzó una eficiencia máxima de 15.22%. Concluyendo que las briquetas pueden sustituir los combustibles tradicionales, dando lugar al reaprovechamiento y revalorización de los residuos para mejorar las condiciones ambientales manteniendo los niveles de eficiencia térmica.

Fanarraga *et al.* (2022), elaboraron briquetas de hueso de aguacate, aserrín y capote de yuca. Las briquetas tuvieron forma cilíndrica con 5cm de diámetro y 7 cm de largo. Los mejores resultados se lograron con 70 g de hueso de aguacate, 20 g de aserrín y 30 g de ligante diluidos en 120 mL de agua, alcanzando altos niveles de poder calorífico y la reducción de CO₂.

Mendoza *et al.* (2020), determinaron las dosis óptima de serrín-estiércol, a través de un diseño experimental simplex lattice. Para la elaboración de briquetas se realizó procesos de secado y triturado de la biomasa, alcanzando un tamaño de partícula de 2mm y una humedad de 12%; luego fue depositado en molde y compactado con una briquetadora semiautomática a 10 MPa. La mezcla óptima fue de 60% estiércol y 40% serrín, logrando un poder calorífico de 1556 kJ/kg (2155 kJ/Nm³).

Fosca *et al.* (2021), demostraron la viabilidad de la briqueta generada de la borra de café, para su uso como medio generador de energía. El análisis financiero realizado a 5 años indicó que su implementación genera beneficio económico, siendo la inversión inicial necesaria de S/. 140,000, del cual el 28.5% debe ser asumida por socios y el 71.5% por préstamo bancario. Determinando que la recuperación de dinero invertido sería a partir del tercer año.

Beltrón *et al.* (2019), determinaron la capacidad energética de briquetas elaboradas de biomasa lignocelulósica. Los residuos utilizados fueron cascarilla de maní (*Arachishypogaea*) y tallo de maíz (*Zea mays L.*) presentes en cinco mezclas. El poder calorífico más alto obtenido (30534,89kJ/kg) fue el de la mezcla 4 en proporciones de cáscara de maní y tallo de maíz 25:75 respectivamente con una producción de cenizas de 9,49% y un contenido de carbono fijo de 26,18% resulta que favorecen la eficiencia del pellet en el proceso de combustión ($T_{max} = 787 \pm 13^{\circ}C$) mientras que la mezcla 1 (100% cáscara de maní) obtuvo el menor contenido energético (M1: 28191,06 kJ/kg).

Durango, Berastegui y Mendoza (2019), elaboraron briquetas mezclando residuos con tres aglomerantes (maíz, yuca y plátano) en dos porcentajes (10% y 30%). Los resultados demostraron que las briquetas presentaron contenido de humedad de 15%, índice de durabilidad superior a 97,95% y no hubo variaciones significativas entre la aplicación de aglomerantes. En conclusión, fue posible obtener excelentes briquetas de algodón y coco sin influencia significativa de los aglomerantes

Kpelou, et al. (2019), investigaron el efecto de la baja tasa de dos ligantes orgánicos sobre la eficiencia energética de las briquetas producidas a partir de carbones de cáscara de coco tierno (TCH), cáscara de palmiste (PKS) y mazorcas de maíz (CC). Los resultados de WBT, BR, TR y T_{max} estaban respectivamente dentro de los rangos 3.4 - 12.3 min, 2.90 - 7.71 g/min, 4.63°C/s - 16.10°C/s y 623°C - 900°C. El aumento del contenido de aglutinantes mejoró la estabilidad termomecánica y afectó negativamente los parámetros de eficiencia energética de las briquetas estudiadas.

Nattapong, Pilada y Anuwat (2019), utilizaron cuatro proporciones de mezcla diferentes de carbón vegetal en polvo de madera Madan y cáscara de coco para producir briquetas: MW (100 %), MW:CS (80 %:20 %), MW:CS (50 %:50 %) y CS (100 %) en esta investigación. Los resultados revelaron que las briquetas de carbón vegetal hechas de madera Madan (100%) tenían el poder calorífico más alto de 6622 cal/g. Los residuos de madera de Madan podrían considerarse como una materia prima renovable potencial para fabricar briquetas como fuente de energía alternativa.

La Ifa, et al. (2020), elaboraron biobriquetas de desechos de cáscara de nuez de anacardo obtenidos del sudeste de Sulawesi, Indonesia. El producto biobriquetas tiene un poder calorífico de 29,49 MJ/kg, contenido de humedad de 5,3 %, contenido de cenizas de 4,96 %, contenido de sustancias volátiles de 17,16 % y contenido de carbono de 72,62 %, que cumple con el estándar de biobriquetas (SNI 016235-2000 e ISO 17225).

De Grzegorz *et al.* (2022), mostraron que el CH fue el material más ventajoso para la aglomeración debido al bajo consumo energético del proceso ($47,6 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$), mientras que entre las mezclas preparadas, el CC-CH fue el más eficiente energéticamente ($54,7 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$). Los pellets elaborados con la mezcla CH-CC se caracterizaron por buenos parámetros de calidad, con un poder calorífico inferior satisfactorio ($13,09 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) y bajo consumo energético en el proceso de aglomeración ($55,3 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$). Además, los gránulos obtenidos tenían densidad ($1,24 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$) y durabilidad mecánica (89%), que son importantes en su transporte y almacenamiento.

Senila *et al.* (2022), determinaron que las briquetas tienen diferentes etapas de descomposición dependiendo de la temperatura, como secado, calentamiento, desvolatilización y agregación de carbón. Todas las briquetas se descomponen alrededor de los 600 °C. El análisis por difracción de rayos X (XRD) muestra la cristalinidad de las briquetas. Los gases de combustión estuvieron por debajo de los

límites admitidos, a excepción del contenido de monóxido de carbono debido a la combustión incompleta y al alto contenido de lignina.

Morales, Rutiaga y Ruiz (2022), mostraron que el uso de residuos de biomasa es una opción energética en las comunidades rurales y contribuye a reducir el consumo de leña y mitigar los GEI. La gasificación de briquetas para calentar agua reduce un 74% las emisiones de GEI, aumenta un 30% la eficiencia térmica y reduce las emisiones contaminantes de CO, CH₄, y PM_{2.5}, NMHC, EC y OC entre un 50 % y un 75 % en comparación con un fuego de tres piedras. El uso de briquetas en la estufa Patsari mostró un ahorro de energía del 12% y una reducción del 36% en CO₂ e en comparación con el fuego abierto tipo "U". Las briquetas podrían reducir el consumo de leña en 318 t/año.

Sunardi, Djuanda and Mandra (2019), fabricaron briquetas a partir de residuos de mazorcas de maíz. La composición de la mezcla de briquetas consta de 60% de partículas de carbón, 10% de harina de sagú y agua caliente hasta un 30% del peso total de las briquetas de carbón. Se concluyó que la variación de la presión y el tamaño de las partículas de las briquetas dan diferentes efectos sobre las características de la calidad de combustión de las briquetas.

Sánchez, Aspe and Sindoi (2022), sostuvieron que la biobriqueta más específicamente de residuos agrícolas es una energía renovable que tiene un fuerte potencial para ser un recurso energético alternativo considerando varios factores, incluyendo el volumen y la sostenibilidad de desechos producidos en las cercanías, costo inicial, máquina disponibilidad, y muchos más. También debería ser menos costoso o más eficiente en comparación con el combustible fósil/carbón existente para que ser llamado un reemplazo efectivo, y ser capaz de competir en el mercado.

Pavla, Brunerová y Roubík (2020), aprovecharon los residuos mediante el uso de tecnología de fabricación de briquetas (producción de combustibles sólidos) y el potencial de la prensa manual de fabricación de briquetas de baja presión en áreas

rurales y periurbanas de Java Oriental, donde la leña todavía se usa comúnmente como fuente de energía para calefacción y cocina (además de GLP).

Bill *et al.* (2022), elaboraron briquetas de desechos de ratán, cáscaras de coco, bagazo de caña de azúcar y cáscaras de plátano necesitan 0,78 kWh/kg, 0,75 kWh/kg, 1,46 kWh/kg y 2,60 kWh/kg de energía primaria, respectivamente. Se descubrió que los valores actuales netos para los desechos de ratán, cáscaras de coco, bagazo de caña de azúcar y sistemas de fabricación de briquetas de cáscara de plátano eran de 66 526 €; 67.189€; -34.317€; y -44.932€, respectivamente. En conclusión, la producción de briquetas a partir de residuos de cultivos podría beneficiarse económicamente.

Bastidas *et al.* (2022), fabricaron briquetas para reemplazar el uso de leña. Logrando superar la eficiencia de la leña de brasil *Haematoxylum brasiletto* que posee 10.5% al obtener una eficiencia térmica de 10.8% en una mezcla de raquis y 15% de almidón como aglutinante. Así mismo, obtuvo un poder calorífico de 18071 KJ/Kg, cenizas 3%, humedad 2.56% demostrando un correcto biocombustible capaz de reemplazar a la leña de brasil de forma eficiente y amigable con el medio ambiente.

Keshac *et al.* (2021), analizaron las propiedades físicas de las briquetas de cáscara de arroz, determinando que los resultados mostraron bajo contenido de humedad y de cenizas que las briquetas y un porcentaje satisfactorio de materia volátil y poder calorífico que justifica su mejor viabilidad como mejor reemplazo de las briquetas convencionales. Debido a la mejora de la densidad de la maleza avícola, las briquetas mixtas también son más adecuadas para el almacenamiento, ya que tienen una buena vida útil y menos roturas durante el transporte.

Navarro *et al.* (2022), determinaron que las briquetas de residuos se dividen en función del poder calorífico : a base de biomasa ($16,22 \pm 1,65 \text{ MJ kg}^{-1}$), a base de madera ($19,03 \pm 2,46 \text{ MJ kg}^{-1}$), y briquetas a base de plástico y carbón ($24,64 \pm 5,29 \text{ MJ kg}^{-1}$). Los resultados de la revisión subrayan que faltan análisis de emisiones en

interiores, así como investigaciones relacionadas con la prueba de ebullición del agua para la valorización de residuos de fabricación de briquetas para sistemas de cocina y calefacción en países en desarrollo.

Homdoug, et al. (2019), investigaron el rendimiento de un gasificador a base de briquetas elaboradas por residuos sólidos urbanos y residuos vegetales logrando un potencia en el motor de 7.5 Kw. La eficiencia fue de 16% y 17% consecutivamente. Ambos fueron combinados con alglutinante de mandioca y cal. Alcanzando un poder calorífico de 26000KJ/Kg y 28500KJ/Kg.

Briones y Chilán (2019), en su estudio cada tratamiento consistió en un 30% de aglutinante como variable fija y un 30% de residuos agrícolas de maíz con las siguientes proporciones T1 = 60% cerda - 40% tallo, T2 = 40% cerda - 60% tallo, y T3 = 50% cerda - 50% tallo. Se examinaron un total de doce unidades experimentales con los parámetros de poder calorífico, resistencia a la compresión, cenizas, tiempo de ignición y contenido de humedad. Estos valores se compararon con la norma colombiana NTC 2060. El T1 tuvo el menor potencial promedio para la formación de poder calorífico, con 15,14 MJ/kg, comparado con el T3, que tuvo un promedio de 15,55 MJ/kg; por lo tanto, el T3 es el mejor tratamiento.

Poma y Ruiz (2022), en su estudio fabricaron briquetas a partir de *mangifera indica* y *persea americana* como propuesta del uso de biocombustibles. Dicha fabricación obtuvo una dosis eficiente compuesta por 150 gr de *mangifera indica*, 80 gr de aglutinante de yuca y 70ml de agua; con un resultado de 10.77MJ/Kg en una humedad de 0.66% y un 0.33% de cenizas, dando un nuevo aporte de manejo de residuos orgánicos eficientes.

Fanárraga y Jihuallanca (2021), en su investigación demostraron la menor emisión de CO₂ a partir de briquetas de hueso de palta. Para ello, se fabricó la composición de 3 briquetas. Logrando obtener un poder calorífico de 13.36 MJ/Kg con una humedad de 8.75% y 1.5% de cenizas con la briqueta con mejores características

compuestas por 20g de serrín, 70g de hueso de palta y 30g de aglutinante. Demostrando mediante un analizador de gases una cantidad de 480ppm de CO₂ con la briqueta creada a comparación de 1432 ppm que reporta un carbón común.

Magnago, et al. (2020), tuvieron por objetivo demostrar la creación de briquetas a partir de cáscara de variados cítricos y cascarilla de arroz, usando como aglomerante cascara de papa amarilla. Los resultados fueron positivos con una resistencia de compresión adecuada en todas las composiciones y un poder calorífico de 17,2 MJ/Kg en la mezcla de cáscara de naranja y cáscara de arroz; demostrando poder reemplazar la leña que posee un poder calórico promedio de 10,4MJ/Kg.

Kumar, et al. (2021), en su estudio propusieron experimentar la creación de briquetas a partir del hueso y cáscara de mango, siendo residuos recuperados de una industria. Para su compresión realizaron dos estados de la briquetadora en caliente y frío, obteniendo una mejor durabilidad de 94,31% en caliente. La dosis optima registrada fue la compuesta de 80% de biomasa y 20% de silicato de sodio usado como aglomerante, dando un poder calorífico de 18,71MJ/Kg. Demostrando así una buena alternativa de energía limpia.

Artigas, (2020), fabricó briquetas a partir de corteza de pino y serrín, utilizando como aglomerante el destilado de resina de pino propio de los residuos de madera de aserradero. Al fabricar dichas briquetas se determina el examen instantáneo de las muestras, demostrando así valores bajos de humedad y cenizas, por lo que aumenta su combustibilidad. La briqueta compuesta de 50 % de serrín y 50% de corteza posee las mejores cualidades fisicoquímicas y mecánicas, con un poder calorífico de 4200 Kcal/Kg.

Sawadogo, et al. (2018), realizaron la producción de briquetas con residuos de anarcado por método de carbonización a 350°. La dosis óptima fue de 55% residuo de anarcado, 10% de aglutinante de almidón de yuca y 35% de agua; logrando obtener

un poder calorífico de 29.928 MJ/Kg alcanzando una eficiencia térmica de 33.9% superando al carbón de leña con 33.70%.

Onukak, et *al.* (2017), elaboraron briquetas a partir de residuos de una industria de curtido, logrando obtener una eficiencia térmica de 26.38% con la muestra número 6 y un poder calorífico de 21460 KJ/Kg, 94.61% de carbono fijo y 3.11% cenizas, no obstante, la muestra número 4 obtuvo un mejor poder calorífico de 22140 KJ/Kg y una eficiencia térmica de 20.78%. Las briquetas obtenidas brindan un gran aporte para la reducción de residuos dispuestos como contaminantes.

Los **residuos agrícolas** son fácilmente accesibles, ya que se consideran basura, y a menudo se queman inmediatamente por su valor calorífico. Generar energía térmica o exponerse a procesos térmicos o mecánicos. Para la producción de diversos biocombustibles sólidos, por ejemplo, se utilizan técnicas térmicas o mecánicas, por ejemplo, el carbón vegetal o las briquetas. Cuando los restos son abundantes, son más adecuados para el agotamiento energético final. La finalidad del proyecto de residuos agrícolas es estudiar y evaluar el aumento de la producción de residuos aprovechables que puedan utilizarse para crear bioenergía (Alvarez, 2018).

El **diseño de briquetas** es un procedimiento para la creación de briquetas ecológicas, ya que el producto tendrá la forma y las dimensiones correctas según el diseño (Tuesta, 2016).

La **combustión** es el proceso por el cual, a una temperatura determinada, el combustible se une con el oxígeno, se mezcla con el reactivo, para producir dos productos gaseosos, como el humo o los vapores, y partículas similares a las cenizas. (Ambientum, 2021).

La **humedad** es uno de los factores más esenciales que influyen en el rendimiento de la briqueta. Si la briqueta tiene un alto contenido de humedad, la energía es inversamente proporcional, por ende, se necesita de mayor energía para dicha combustión y su poder calorífico se verá afectado (Airthings, 2021).

La **densidad** es una métrica importante que mejora el almacenamiento y el tránsito al requerir menor espacio y, por tanto, menos transporte. Si se aumenta la densidad, la masa de la briqueta por unidad de volumen también aumentará. El volumen de la briqueta también aumentará. Y cuanto mayor sea la presión aplicada, mayor será la resistencia del comprimido (TodaMateria, 2021).

Las **cenizas** consideradas como restos de la combustión, las sales y las pequeñas partículas minerales son la biomasa residual que se encuentran presente como sales unidas por una estructura de carbono o como partículas de minerales. Hay dos tipos de cenizas, una que se queda en el suelo y otra que se volatiliza. Dependiendo del tipo de biomasa, la concentración de cenizas puede ser tan baja como el 0,5% en el caso de algunas especies de pasta de madera, mientras que los granos como los residuos agrícolas y animales pueden incluir hasta un 0,5% de cenizas. Hasta el 20% de la economía proviene de la agricultura y las empresas animales (EcuRed, 2021).

El **carbón fijo** forma parte del carbon residual en estado seco, que se obtiene después de hallar el material volátil (Caballero y Lara, 2020).

El **material volátil** forma parte del porcentaje de gases combustionados, que adicionados con la cantidad de cenizas, forman parte del carbon fijo (Caballero y Lara, 2020).

La **temperatura** considerada como una magnitud física, significa la energía interna de una persona, un objeto o el entorno en general; un termómetro mide esta temperatura. Un termómetro sirve para medir la temperatura, expresándose en términos de calor y frío con una relación de temperatura mayor, el calor y el frío con una temperatura extremadamente baja (Fiscalab, 2021).

El **monóxido de carbono** como subproducto de la combustión de la gasolina, el gas natural, la madera, el aceite, el queroseno o el gas propano, los equipos domésticos, como las calefacciones y los coches, liberan un gas o vapor venenoso sin sabor, color ni aroma (EPA, 2021).

Los **aglutinantes** pueden ser diversos de acuerdo a su procedencia de composición como orgánicos e inorgánicos y el estado en el que se encuentra como líquido, sólido o semisólido. Comúnmente empleados para adherir materia y solidificar un producto; en el caso de las briquetas, influye en la producción estructural que demanda evitar el desmoronamiento y asegura su transporte (Calderon y Correa, 2021).

El pericarpio de la ***Carya illinoense***, un residuo de la nuez de pecana, un fruto seco con gran cantidad de antioxidantes, fibras y ácidos grasos insaturados. La cáscara de ***Carya illinoense*** es rica en fibra equivalente a un 80% compuesto por celulosa, hemicelulosa y puede contener hasta un 52% de lignina. De acuerdo con un proceso organosolv se pudo obtener un resultado de 30% de lignina en la cáscara de ***Carya illinoense*** (Espinoza- Acosta, 2022).

Según Vásquez, et. al. (2019) la cáscara de ***Carya illinoense*** contiene aproximadamente un 4% grasas, 3% proteína, 80% de fibra dietética y una energía calórica 381 KJ/g.

El **aglutinante** empleado fue el aglutinante orgánico “almidón de maíz”, que según Calderón y Correa (2021) en su investigación donde estima la calidad de briquetas de acuerdo con el aglutinante empleado, menciona que los aglutinantes compuestos de almidón de maíz, yuca y/o gelatina presentan una densidad promedio que se encuentra en el intervalo de 729 a 987 Kg/m³; con una resistencia de compresión que oscilan entre 1,02 y 8,32 MPa. Dichos resultados son de importancia para la obtención de un resultado eficiente en el poder calorífico, ya que la densidad es proporcional a la cantidad de energía.

Según Riera (2020), para la obtención del almidón de maíz se realiza la hidratación, molienda, filtración, sedimentación, lavado y secado del grano; dando lugar a este aglutinante que se encuentra compuesto por amilosa y amilopectina que son los 2 polímeros que lo constituyen.

Según la **Norma Técnica Colombiana 2060**, las briquetas deben ser mayor o igual a 3 cm en dimensión, poseer la facilidad de combustión limpia, además en su manipulación y transporte no debe deteriorarse y/o desmoronarse. El tamaño y estructura debe ser uniforme, además su poder calorífico debe ser mayor a 21 000 KJ/KG para tipo 1, briquetas provenientes de carbón mineral y 12 500 KJ/Kg para tipo 2, briquetas provenientes de otro tipo de combustible. El aglutinante debe poseer características aglomerantes y brindar la unificación correspondiente. Así también, no debe ser tóxico ni producir gases tóxicos irritantes para el ser humano durante su combustión en cantidad a la permitida. (NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2060, 2022)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo **aplicada**, debido que se realizarán muestras para la obtención de datos que confirmen la eficiencia del biocombustible creado a partir de residuos de cáscaras de paca y pecana. Según Mimenza (2017) la investigación aplicada refiere la obtención de datos a partir de observación de las variables que promuevan la solución de una conyuntura.

El diseño fue **experimental**; porque se manipularon las dos variables, con la intención de someter a prueba un objeto de estudio y poder comprobar y dar validez a una hipótesis con el razonamiento sólido (Mitjana, 2019).

Asimismo, la investigación tiene **enfoque cuantitativo**, que se caracteriza por la medición numérica para dar respuesta y verificar las hipótesis planteadas (Muñoz, 2021).

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1 Variables

Variable independiente: Cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis*

Definición conceptual:

Los residuos agrícolas como las cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* son fácilmente accesibles, ya que se consideran desperdicio y a menudo se queman inmediatamente por su valor calorífico y pueden usarse como biocombustibles sólidos como carbón vegetal o briquetas (Álvarez, 2018).

Variable dependiente: Briquetas

Definición conceptual: Se trata de un biocombustible sólido de gran densidad, el proceso de prensado requiere la aplicación de una gran cantidad de fuerza. Por último, pero no menos importante, el proceso de secado tiene lugar a altas temperaturas al aire libre (CEUPE, 2018).

3.2.4 Operacionalización

3.3. Población, muestra y muestreo

Según Condori (2020), la **población** es el total de unidades analíticas que componen el fenómeno de estudio y debe medirse para una investigación específica integrando. El participante en una determinada característica, denominada población, que comprende el conjunto de fenómenos atribuibles a la encuesta.

La población para la investigación fueron las cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis*

Según Picado (2017), es cuando se realiza una tesis con técnicas cuantitativas, es decir, mediante el uso de análisis numéricos, la **muestra** es una representación

estadísticamente válida de la población en general, por lo que puede ser necesario un censo.

La muestra fue de 16 Kg de residuos sólidos de residuos sólidos de cáscara de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*, 8 Kg de cada residuo para elaborar briquetas.

Según Torres (2017), el **muestreo** es la práctica estadística que consiste en seleccionar individuos de una población para que sirvan de representación transversal del conjunto a efectos de una investigación.

Dado que se tomaron muestras de tres formas distintas de biomasa, el procedimiento no fue aleatorio, sino que se eligió por su idoneidad. Por ello, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia de dos residuos sólidos (cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas fueron la observación y la revisión de documentos, con una guía de observación que sirve de dispositivo de recogida de datos. Se solicitó a los expertos en la materia su opinión sobre el tema para garantizar la autenticidad de los instrumentos (Corral, 2009).

3.5. Procedimiento

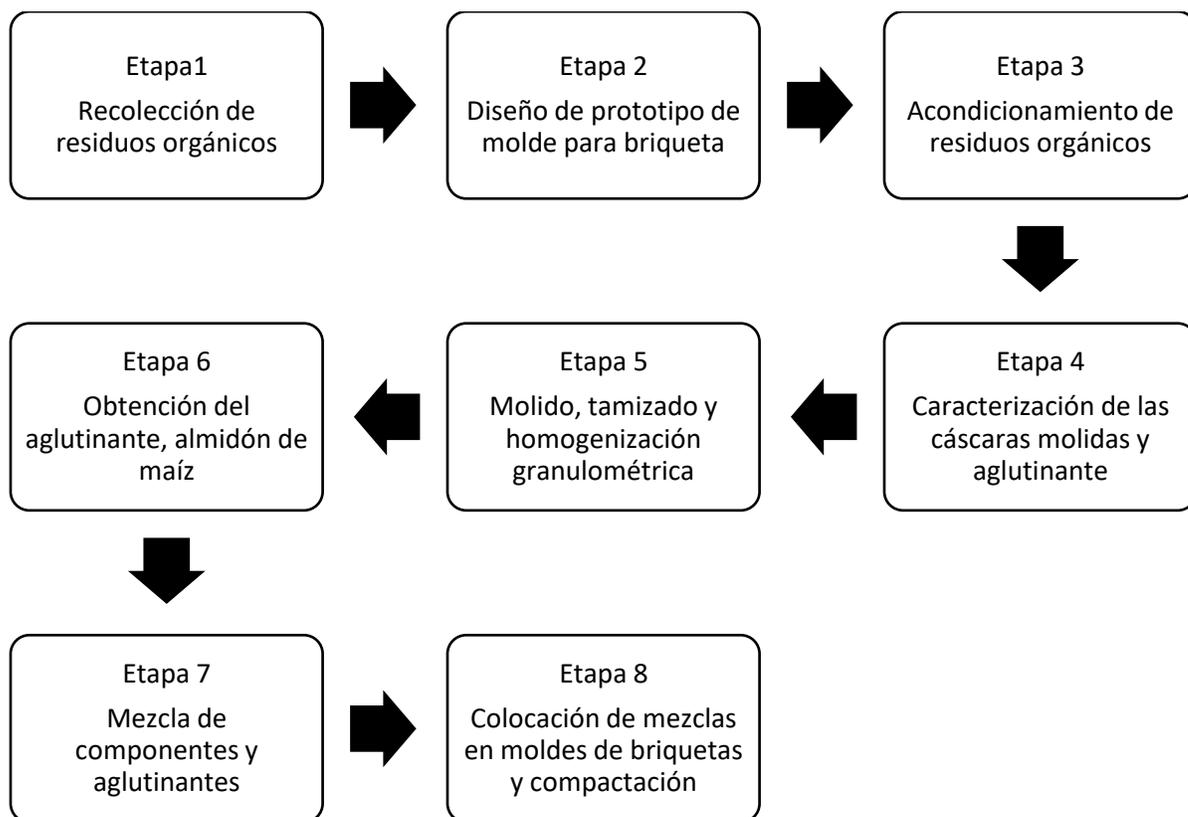


Figura 1. Diagrama de procedimientos en la investigación

ETAPA 1: Recolección de residuos orgánicos (Cáscara de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*)

La recolección de los residuos fue realizada en la empresa HEPAR S.A.C. Para ello, previamente se sostuvo una reunión con miembros de la empresa, donde a través de una carta de autorización por parte del Gerente general, se pudo desarrollar la actividad.

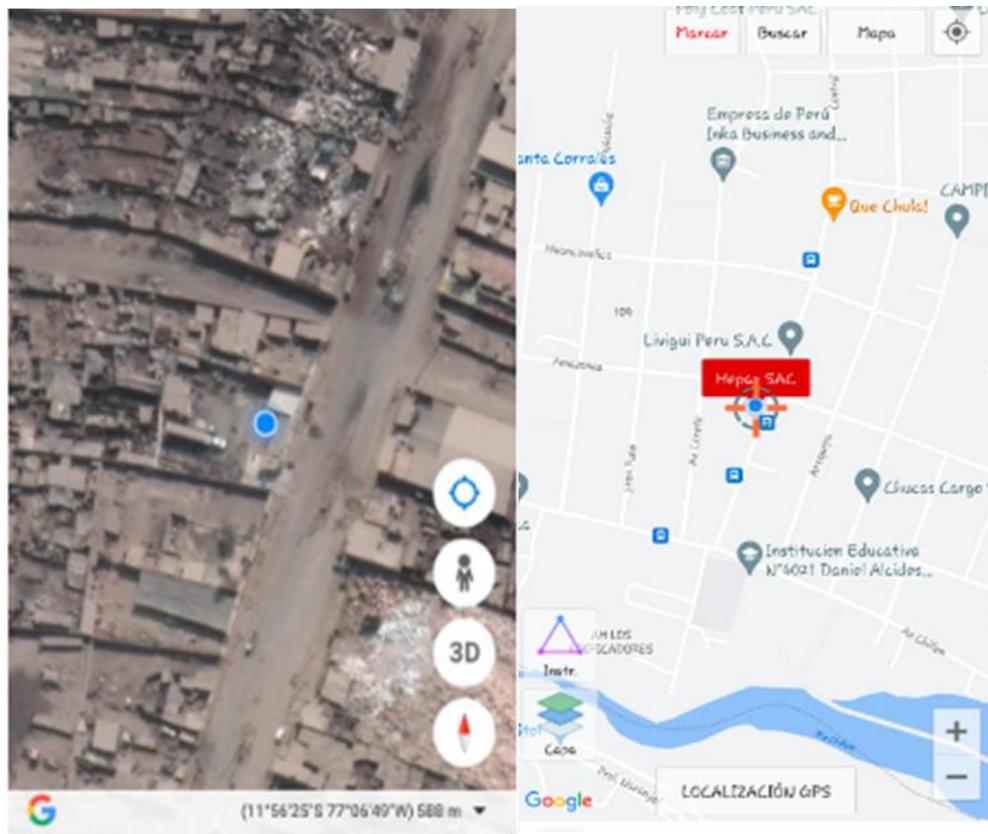


Figura 2. Ubicación de la empresa HEPAR S.A.C.

La figura 2, mostró que la empresa HEPAR S.A.C. se encuentra ubicada en la Urbanización los chasquis Mz J lote 24 – 3era etapa, distrito San Martín de Porres. Referenciada bajo las coordenadas UTM (269802.474E, 8679128.954N 18L)



Figura 3. Recolección de residuos

La *figura 3*, mostró la recolección de los residuos que, según el protocolo de procedimiento de esta actividad, se ingresó portando equipos de protección personal, como traje tyvek, guantes, zapatos de seguridad y toca para cabello. La recolección se realizó bajo la supervisión de los operarios de la unidad que se encontraban realizar el proceso de evacuación de los residuos, adquiriendo así los residuos orgánicos por conveniencia, tales como las cáscaras de *Inga feuleei* y *Carya illonoinensis*. Los residuos recolectados fueron introducidos en bolsas herméticas (ziploc) y fueron llevados al laboratorio de la Universidad César Vallejo.

ETAPA 2: Diseño de prototipo de molde para briqueta.

De acuerdo con los estudios recopilados, se realizó la fabricación de un molde cuadrado de material de acero inoxidable con las siguientes medidas y estructura:

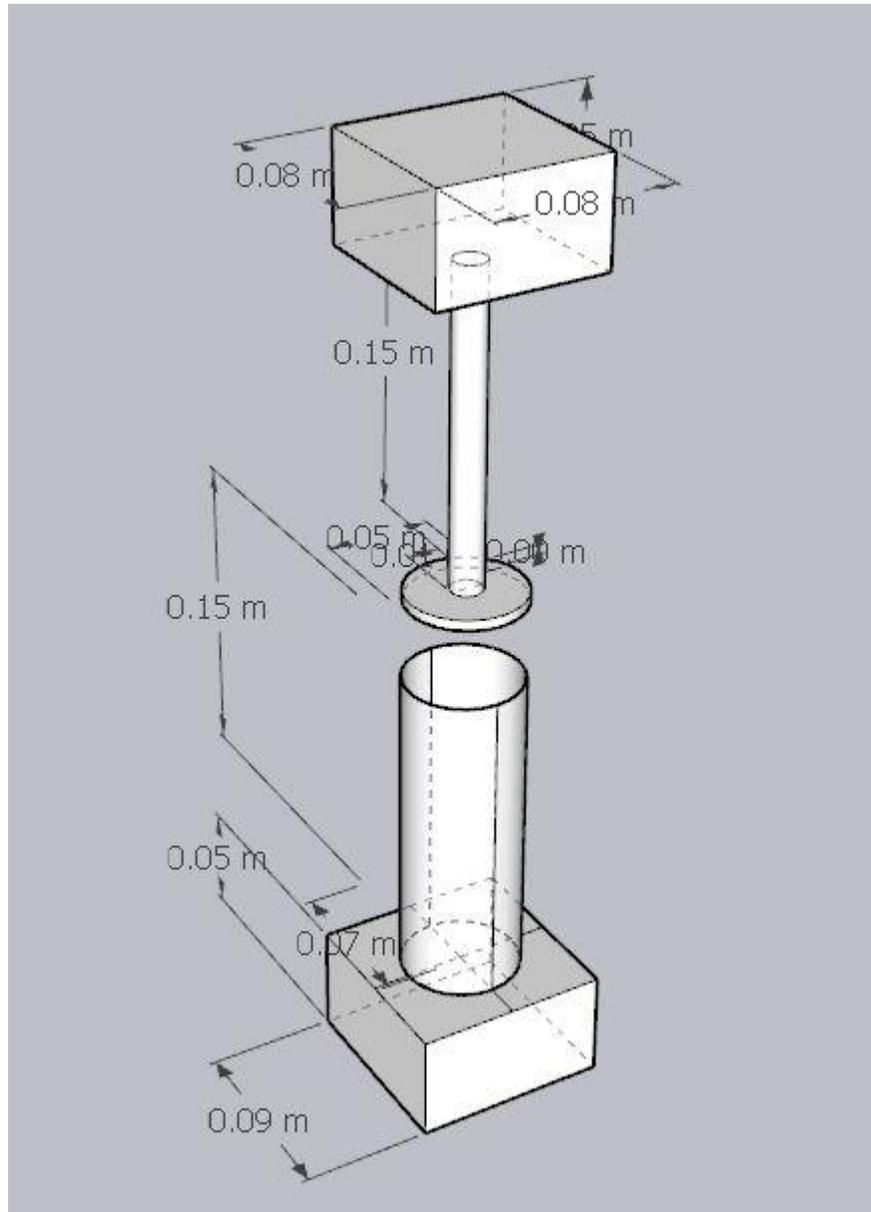


Figura 4. Diseño de prototipo de molde.

ETAPA 3: Acondicionamiento de los residuos orgánicos

Los residuos recolectados fueron retirados de sus bolsas herméticas y se aplicaron procesos de limpieza y lavado.



Figura 5. Proceso de limpieza y lavado

La figura 5, representa el procedimiento de la limpieza de la biomasa, retirando todo tipo de impurezas y lavando con agua destilada. Para el caso de la cáscara de *Inga feuilleia*, se abrió dicho residuo en 2 partes para mejorar su manipulación.



Figura 6. Proceso de secado de cáscara de *Inga feullei*

La *figura 6*, revela la forma de secado de cáscara de *Inga feuillei* a temperatura ambiente bajo exposición al Sol alcanzando temperatura promedio de 21°C durante un periodo de 48 horas.



Figura 7. Reducción de particular de muestras

La *Figura 7*, mostró el proceso de corte de los residuos secos con la finalidad de reducir su tamaño y por ende el volumen que ocupa para facilitar su manipulación los siguientes procedimientos.



Figura 8. Proceso de corte de cáscaras de *Carya illinoensis*.

La Figura 8, muestra que en el caso de la cáscara de *Carya illinoensis*, se procedió a retirar los restos del fruto seco, dejando únicamente la cáscara. Luego, se cortó con apoyo de una tijera esterilizada con paño y alcohol. El proceso de corte permitió reducir el tamaño de cáscara. Posteriormente, la cáscara de *Carya illinoensis* fue colocada al Sol a una temperatura promedio de 21°C por 48 horas.

ETAPA 4: Obtención del aglutinante, almidón de maíz

Basado en los antecedentes recopilados y las características que posee, se optó por el uso del almidón de maíz (*Zea mayz*) para la obtención del aglutinante natural.



Figura 9. Lavado de Zea mayz.

La *Figura 9*, muestra el lavado de 1.002Kg de *Zea mayz* recolectado, con la finalidad de retirar las impurezas presentes.



Figura 10. Desgranado y registro de peso

La *Figura 10*, mostró el proceso de desgranado del *Zea mays*, que al finalizar fue lavado con agua destilada y después de permanecer por una hora de secado a temperatura ambiente, fue pesado y se registró un peso de 880.9g de granos.



Figura 11. Ebullición del agua con presencia de muestra.

La *Figura 11*, muestra que los granos de *Zea mays* fue colocado en un recipiente, adicionando 1L de agua para alcanzar ebullición (100°C). Luego, se retiró

la muestra y se dejó reposar por 20 minutos a temperatura ambiente, con la finalidad de reducir la temperatura y poder manipularlo. Posteriormente, fue filtrado en un matraz y permaneció en reposo por 24 horas. Transcurrido el tiempo, se logró visualizar el sedimento; por lo cual, se retiró el agua superior y el sedimento fue colocado y envuelto en papel aluminio por un plazo de 24 horas. Obteniendo como resultado el almidón de maíz.

ETAPA 5: Molido, tamizado y homogenización granulométrica

Reducido el volumen, los residuos de *Inga feuleei* y *Carya illinoensis* fueron triturados a través de molino industrial marca Grondoy, modelo GR-MGD30. Reduciendo así, la granulometría de ambos residuos orgánicos, para luego ser tamizados.

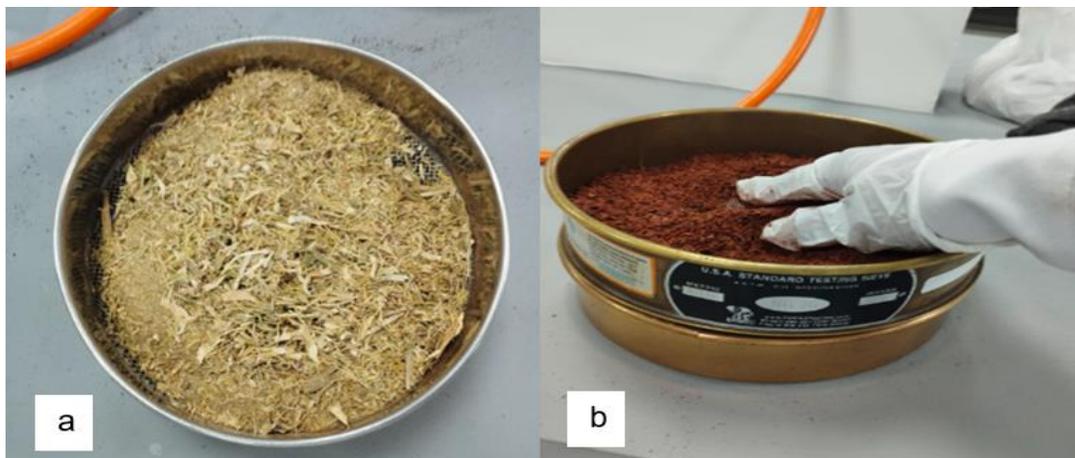


Figura 12. Tamizado de residuos de *Inga feuleei* (a) y *Carya illinoensis* (b).

La Figura 12, mostró el proceso de tamizado de las muestras bajo malla número 10, asegurando una medida de diámetro de 2 mm, logrando así una homogenización correcta. El residuo que no logró pasar fue sometido nuevamente al molido para evitar el desecho de biomasa.

ETAPA 6: Caracterización de las cáscaras molidas y aglutinante



Figura 13. Caracterización de cáscaras

En esta etapa se realizó el procedimiento de obtención de parámetros, tales como potencial de hidrógeno, temperatura, densidad, porcentaje de humedad, cantidad de cenizas, porcentaje de material volátil y poder calorífico. Dado que, resulta relevante, conocer las características iniciales de la biomasa antes de ser mezclada (Datos pre-experimentales). De igual forma, el aglutinante fue sometido al mismo análisis de los parámetros mencionados. La metodología empleada se encuentra relacionada al Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

ETAPA 7: Mezcla de componentes y aglutinantes.

En el proceso de elaboración de briquetas, se establecieron diversos diseños de mezcla (dosificaciones), por lo que se procede a la codificación:

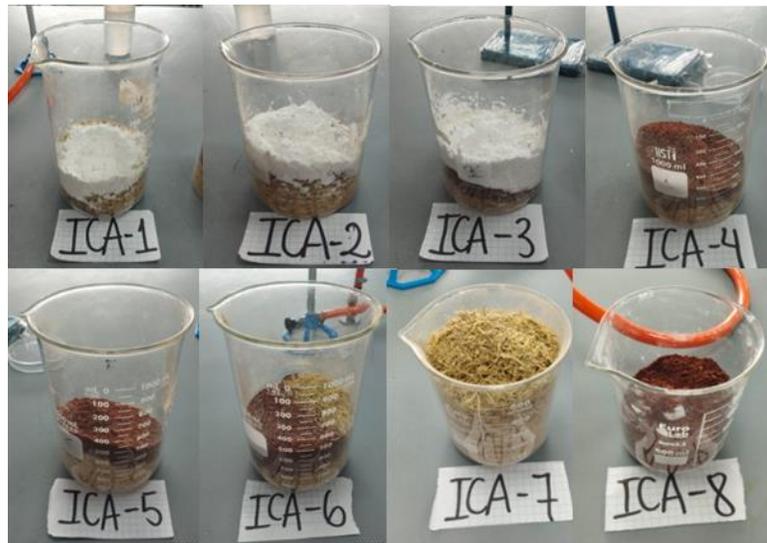


Figura 14. Diseños de mezcla de componente.

De acuerdo con lo mencionado se tomaron los diferentes diseños, por lo que se procede a la codificación:

- ICA-1: 25% residuos de *Inga feuillei* + 50% residuos de *Carya illinoensis* + 25% aglutinante.
- ICA-2: 50% residuos de *Inga feuillei* + 25% residuos de *Carya illinoensis* + 25% aglutinante.
- ICA-3: 25% residuos de *Inga feuillei* + 25% residuos de *Carya illinoensis* + 50% aglutinante.
- ICA-4: 25% residuos de *Inga feuillei* + 75% residuos de *Carya illinoensis* + 0% aglutinante.
- ICA-5: 50% residuos de *Inga feuillei* + 50% residuos de *Carya illinoensis* + 0% aglutinante.
- ICA-6: 75% residuos de *Inga feuillei* + 25% residuos de *Carya illinoensis* + 0% aglutinante.

- ICA.7: 100% residuos de *Inga feulleei*.
- ICA-8: 100% residuos de *Carya Illinoensis*

Etapas 8: Colocación de las mezclas en los moldes de briquetas y compactación



Figura 15. Colocación de las mezclas en los moldes de briquetas.

En esta etapa se realizó la colocación de 100g de mezclas en cada molde para la próxima compactación. Tomando en cuenta la fabricación de 3 briquetas para cada diseño.



Figura 16. Compactación de briquetas.

La Figura 16, mostró la etapa donde se realizó la compactación con el equipo ADR TOUCH HW KASSEL y el apoyo de un motor POWER TEAM PART NO: 3482-0014 MODELO A. La base fue apoyada con 3 discos de acero inoxidable para elevar la altura de la base del molde de nuestra briqueta.



Figura 17. Briquetas

Las briquetas ya compactadas, fueron secadas a temperatura ambiente por 2 semanas

Temperatura promedio de 1era semana: 23°C

Temperatura promedio de 2da semana: 21.8°C

3.6. Método de análisis de datos

Para el proceso de análisis de datos se ejecutaron análisis de tipo descriptivo e inferencial. Los análisis descriptivos se encuentran direccionados al alcance de objetivos siendo necesario el uso del programa Microsoft Excel para el proceso de tabulación y gráficos que interpretará los resultados y los análisis inferenciales se encuentran relacionados a las hipótesis del estudio que se apoyarán en el software IBM SPSS Versión 26 para la contrastación de hipótesis.

3.7. Aspectos éticos

Los autores actuales de este estudio se dedican a seguir la ética de la investigación proporcionada por la Universidad César Vallejo como guía de revisión, y como tal, no se hará ningún cambio en los datos recogidos. Pasó por Turnitin, un servicio de detección de plagio, con una puntuación de precisión de presentación del 25% o menos.

IV. RESULTADOS

Los resultados fueron presentados de forma descriptiva (según objetivos) e inferencial (según hipótesis):

4.1. Resultados descriptivos

Los resultados descriptivos fueron organizados según los objetivos planteados en el estudio.

4.1.1. Caracterización de la cáscara de *Inga Feuilleei* y *Carya Illinoensis*

Para el uso de residuos dentro de un proceso de elaboración de un producto (briqueta), es relevante conocer sus características. Por ello, la tabla 1 y 2, nos brindan información de las características de la cáscara de *Inga Feuilleei* y *Carya Illinoensis*.

Tabla 1. Caracterización de cáscara de *Inga Feuilleei*.

Temperatura (°C)	Granulometría (mm)	Densidad (g/cm ³)	Porcentaje de Humedad (%)	Cenizas (%)	Material volátil (%)	Poder calorífico (Kcal/kg)
25.6	2	1.34	31.7	1.29	67	4753

La Tabla 1 presentó la caracterización de la cáscara de *Inga Feuilleei* para la elaboración de las briquetas, donde se determinó una temperatura de 25.6°C, granulometría de 2mm, densidad de 1.34g/cm³, humedad de 31.7%, cenizas en 1.29%, material volátil en 67% y 4753 Kcal/kg.

Tabla 2. Caracterización de Cáscara *Carya Illinoensis*.

pH	Temperatura (°C)	Granulometría (mm)	Densidad (g/cm ³)	Porcentaje de Humedad (%)	Cenizas (%)	Material volátil (%)	Poder calorífico (Kcal/kg)
4.06	25.6	2	1.68	20.6	16.4	63	4265

La Tabla 2 presentó la caracterización de la cáscara de *Carya Illinoensis* para la elaboración de las briquetas, donde se determinó que presentó un pH de 4.06, temperatura de 25.6°C, granulometría de 2mm, densidad de 1.68 g/cm³, humedad de 20.6%, cenizas en 16.4%, material volátil en 63% y 4265 Kcal/kg.

4.1.2. Determinar el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas

La identificación del diseño de mezcla óptimo de componentes nos permitió conocer el máximo nivel de eficiencia térmica alcanzada por la briqueta (Ver Tabla 3 y Figura 18).

Tabla 3. Eficiencia térmica según diseño de mezcla.

Diseño de mezcla	Eficiencia térmica (%)
ICA 1	24.251
ICA 2	23.520
ICA 3	23.941
ICA 4	26.675
ICA 5	22.196
ICA 6	20.074
ICA 7	25.985
ICA 8	25.061

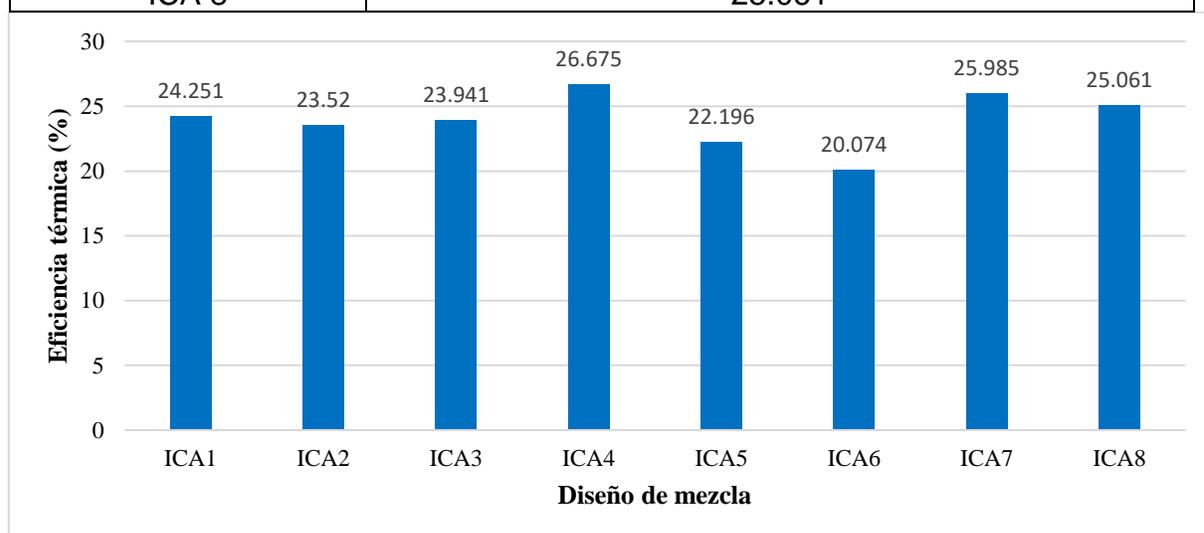


Figura 18. Eficiencia térmica según diseño de mezcla.

La Tabla 3 y *Figura 18*, mostró que el diseño de mezcla ICA 4 (25% *Inga feuilleei* con 75% *Carya illinoensis*), obtuvo la mayor eficiencia térmica (26.675%). Este resultado revela que las briquetas al contener residuos orgánicos lignocelulósicos (materia seca vegetal), no necesitan la presencia de aglutinantes en su composición para generar altos niveles de eficiencia térmica.

4.1.3. Características físicas de las briquetas

Las briquetas fueron caracterizadas físicamente, obteniéndose la Tabla 4 y Figura 19.

Tabla 4. Temperatura de la briketa.

Diseño de mezcla	Temperatura (°C)			Temperatura promedio (°C)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	21.4	21.6	21.8	21.6
ICA 2	21	21.3	21.4	21.2
ICA 3	21.9	22	21.6	21.8
ICA 4	20.8	21.1	21.2	21
ICA 5	22.5	22.2	22.3	22.3
ICA 6	21.8	22.1	21.7	21.9
ICA 7	22.7	22.1	22.5	22.4
ICA 8	21.6	21.5	21.9	21.7

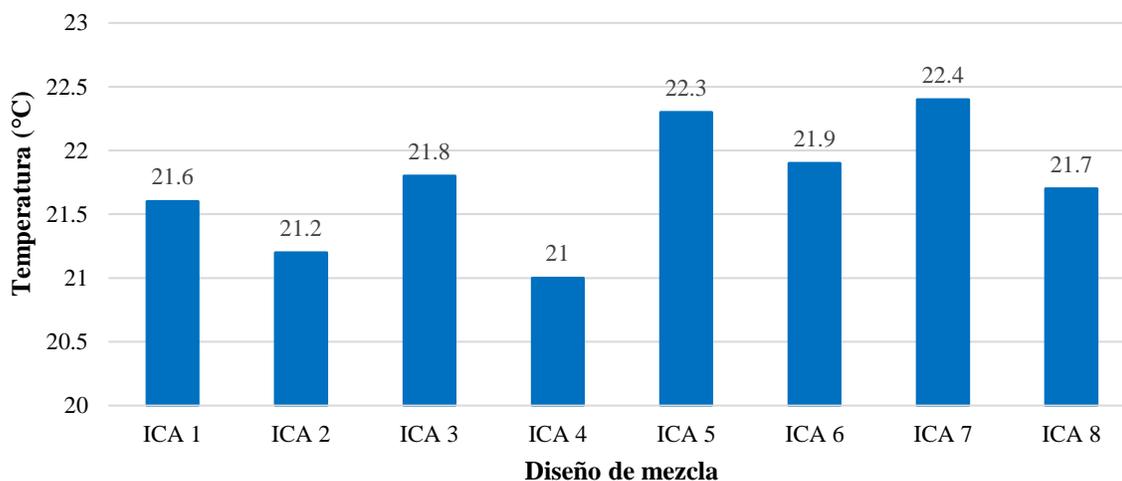


Figura 19. Comportamiento de la temperatura de briquetas según diseño de mezcla de componentes.

La Tabla 4 y Figura 19 mostró que el rango de temperatura de las briquetas fluctuó entre 21 y 22.4 °C. Alcanzando su mayor nivel de temperatura (22.4 °C) con la aplicación del diseño de mezcla ICA 7 (100% de *Inga feuillee*), esto se debe al bajo contenido de humedad que posee el residuo.

Tabla 5. Densidad de la briqueta

Dosis	Densidad (g/cm ³)			Promedio de Densidad (g/cm ³)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	0.77	0.78	0.81	0.79
ICA 2	0.84	0.88	0.81	0.84
ICA 3	1.01	1.03	1.05	1.03
ICA 4	0.81	0.86	0.84	0.84
ICA 5	0.69	0.73	0.7	0.71
ICA 6	0.6	0.57	0.61	0.59
ICA 7	0.64	0.59	0.66	0.63
ICA 8	0.98	1.00	1.03	1.00

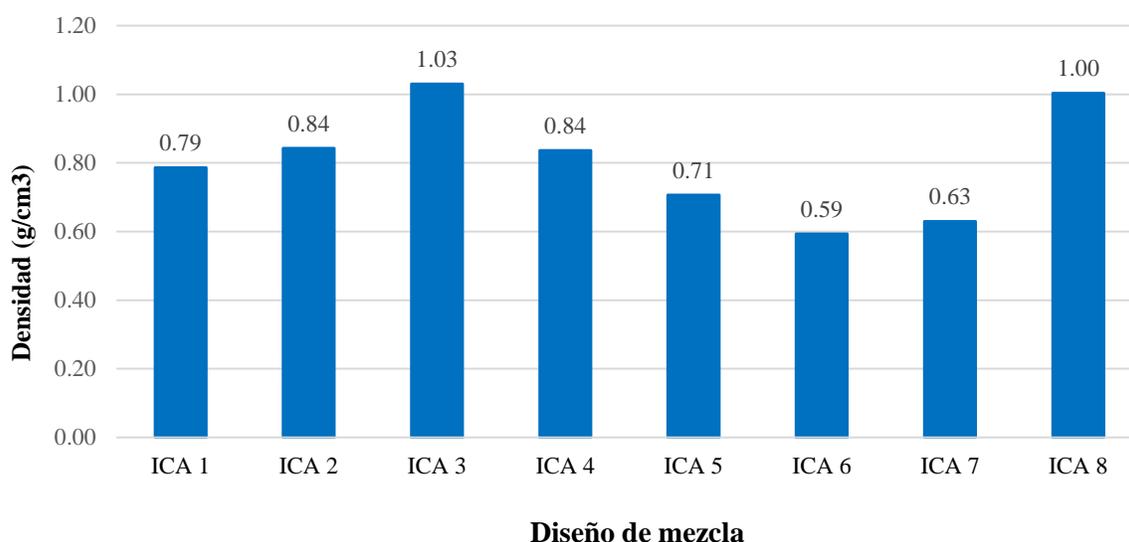


Figura 20. Comportamiento de la densidad de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 5 y *Figura 20*, mostró que el rango de densidad de las briquetas fluctuó entre 0.59 y 1.03 g/cm³. Alcanzando su mayor nivel de densidad (1.03 g/cm³) con la aplicación del diseño de mezcla ICA 3 (25% de *Inga feuilleei* con 25% *Carya illinoensis* y 50% de aglutinante), por ser la briqueta que contuvo en mayor nivel el aglutinante.

Tabla 6. Humedad de las briquetas.

Dosis	Humedad (%)			Promedio de Humedad (%)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	6.65	6.67	6.64	6.65
ICA 2	6.78	6.81	6.79	6.80
ICA 3	6.47	6.49	6.5	6.49
ICA 4	2.29	2.31	2.32	2.31
ICA 5	5.28	5.29	5.31	5.29
ICA 6	4.05	4.05	4.07	4.06
ICA 7	2.46	2.47	2.44	2.46
ICA 8	3.41	3.42	3.44	3.42

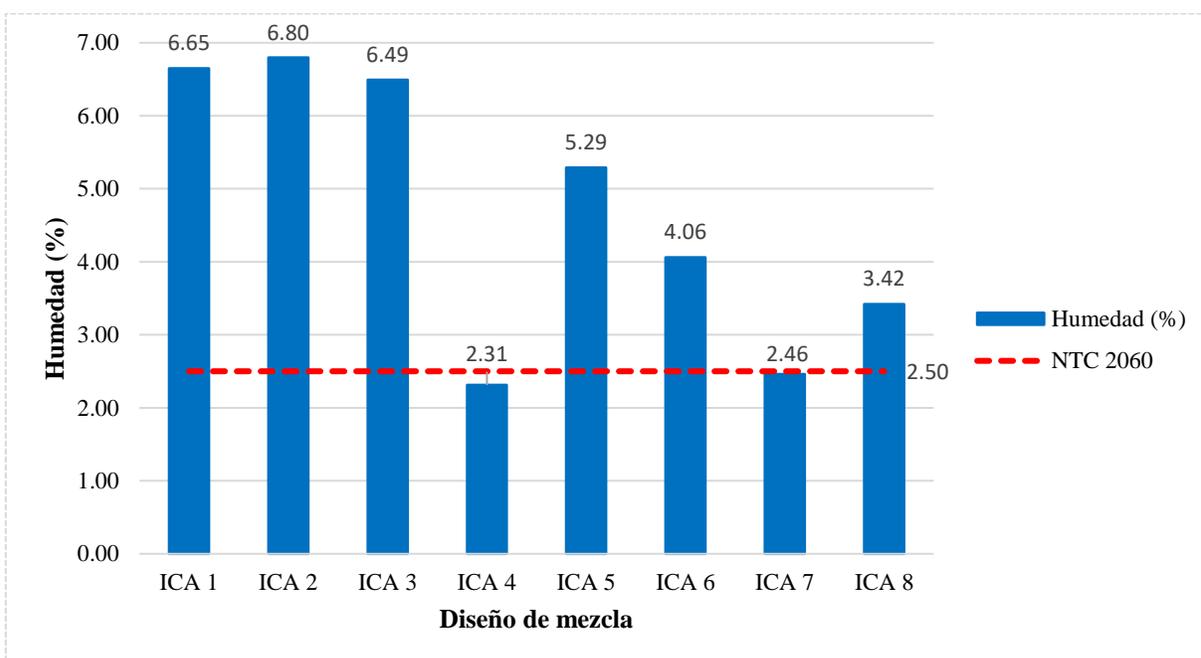


Figura 21. Humedad de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 6 y *Figura 21*, mostró que el rango de humedad de las briquetas fluctuó entre 2.31 y 6.80 %. Alcanzando sus menores niveles de humedad con los diseños de mezcla ICA 7 (100% de *Inga feuillei*) y ICA 4 (25% *Inga feuillei* con 75% *Carya illinoensis*), que se encuentran por debajo del límite que establece la Norma Técnica Colombiana 2060.

Tabla 7. Cenizas de las briquetas.

Dosis	Cenizas (%)			Promedio de Cenizas (%)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	1.43	1.41	1.47	1.44
ICA 2	1.7	1.74	1.69	1.71
ICA 3	1.95	1.9	1.92	1.92
ICA 4	1.98	2.02	2.04	2.01
ICA 5	2.92	2.86	2.88	2.89
ICA 6	3.47	3.44	3.39	3.43
ICA 7	3.61	3.66	3.62	3.63
ICA 8	2.54	2.57	2.49	2.53

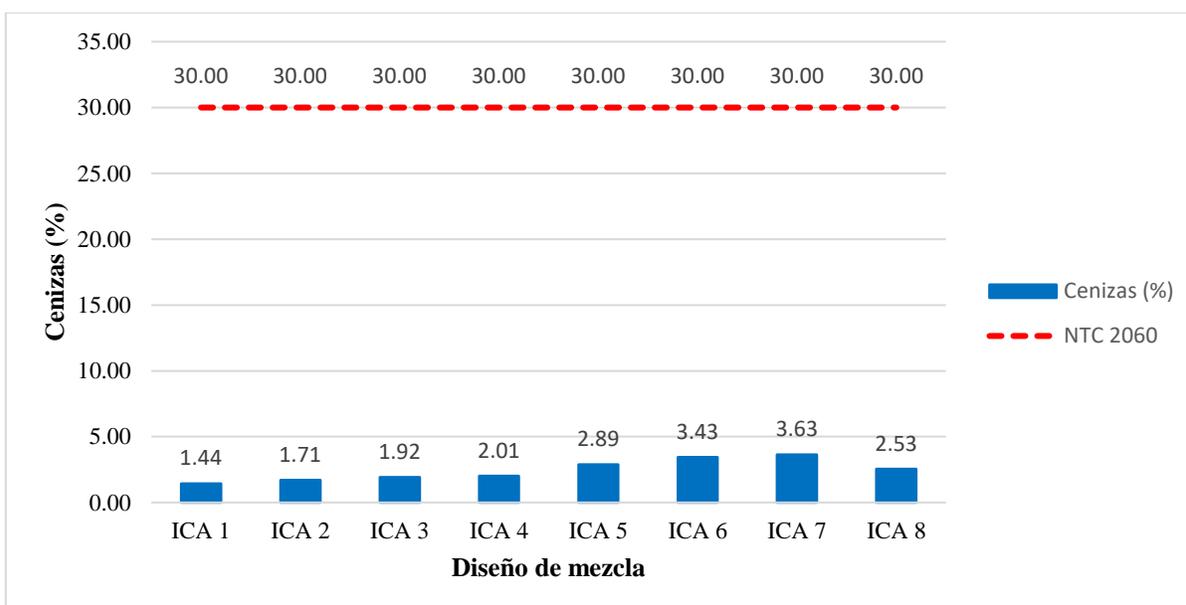


Figura 22. Cenizas de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 7 y Figura 22, mostró el contenido de cenizas de las briquetas, que fluctuaron en un rango de 1.44 a 3.63%. La mayor cantidad de cenizas (3.63%) fue lograda con el diseño de mezcla ICA 7 (100% de *Inga feuillee*), esto se debe por las características propias (leñoso) del residuo *Inga feuillee* que contiene mayor nivel de sequedad y no poseer aglutinante; sin embargo, todas las briquetas fueron adecuadas en su contenido de cenizas según la Norma Técnica Colombiana 2060.

Tabla 8. Material Volátil de las briquetas.

Dosis	Material Volátil (%)			Material Volátil promedio (%)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	8.33	8.34	8.37	8.35
ICA 2	9.57	9.55	9.52	9.55
ICA 3	11.31	11.29	11.26	11.29
ICA 4	7.34	7.37	7.39	7.37
ICA 5	11.67	11.7	11.72	11.70
ICA 6	13.71	13.72	13.75	13.73
ICA 7	12.81	12.82	12.84	12.83
ICA 8	12.25	12.23	12.22	12.23

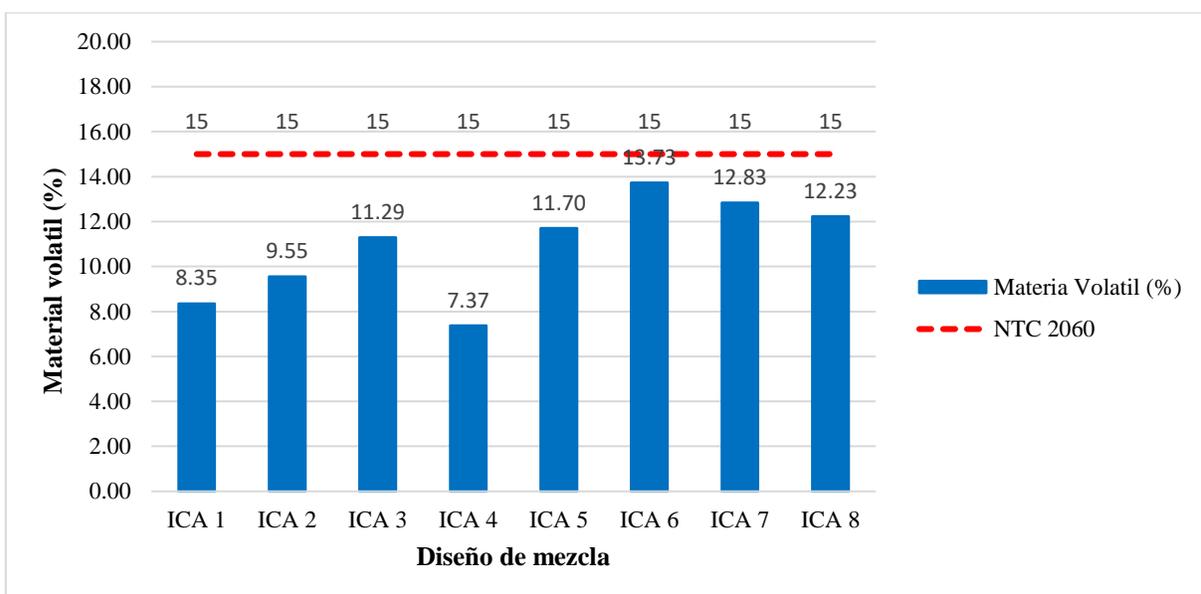


Figura 23. Material volátil de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 8 y Figura 23, mostró el material volátil de las briquetas, que fluctuaron en un rango de 7.37 a 13.73%. El mayor nivel volátil fue logrado con el diseño de mezcla ICA 6 (75% residuos de *Inga feuillei* con 25% residuos de *Carya illinoensis*). Además, todas las briquetas respetaron el rango establecido por la Norma Técnica Colombiana 2060.

4.1.4. Características químicas de las briquetas

Tabla 9. Carbono fijo de briquetas.

Dosis	Carbono Fijo (%)			Promedio de Carbono Fijo (%)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	83.57	83.54	83.58	83.56
ICA 2	81.97	81.95	81.94	81.95
ICA 3	80.28	80.31	80.30	80.30
ICA 4	88.31	88.30	88.33	88.31
ICA 5	80.14	80.12	80.11	80.12
ICA 6	78.78	78.77	78.80	78.78
ICA 7	81.09	81.06	81.08	81.08
ICA 8	81.84	81.83	81.81	81.83

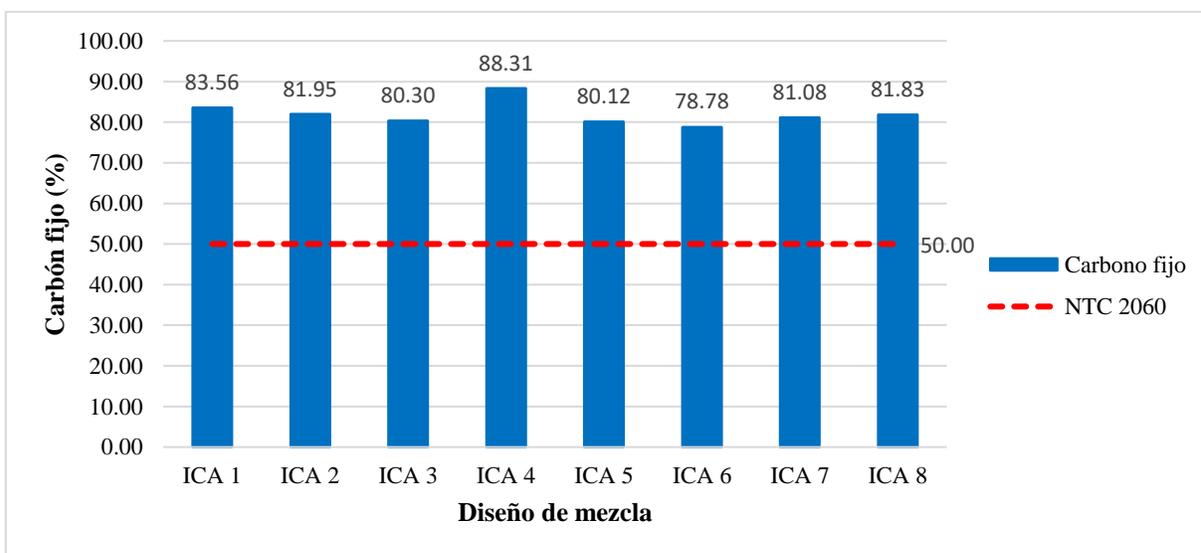


Figura 24. Carbono fijo de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 9 y Figura 24, mostró el nivel de carbón fijo de las briquetas, que fluctuaron en un rango de 78.78 a 88.31%. Se determinó que todas las briquetas producidas superaron el nivel mínimo de carbono fijo establecido por la Norma Técnica Colombiana 2060.

Tabla 10. Poder Calorífico de briqueta.

Dosis	Poder Calorífico (Kcal/kg)			Promedio de Poder Calorífico (Kcal/kg)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	32861.77	32861.75	32861.74	32861.75
ICA 2	32908.80	32908.77	32908.78	32908.78
ICA 3	33217.84	33217.87	33217.86	33217.86
ICA 4	33997.97	33997.96	33997.94	33997.96
ICA 5	33362.70	33362.67	33362.68	33362.68
ICA 6	33922.10	33922.11	33922.08	33922.10
ICA 7	34258.86	34258.88	34258.89	34258.88
ICA 8	34212.25	34212.23	34212.22	34212.23

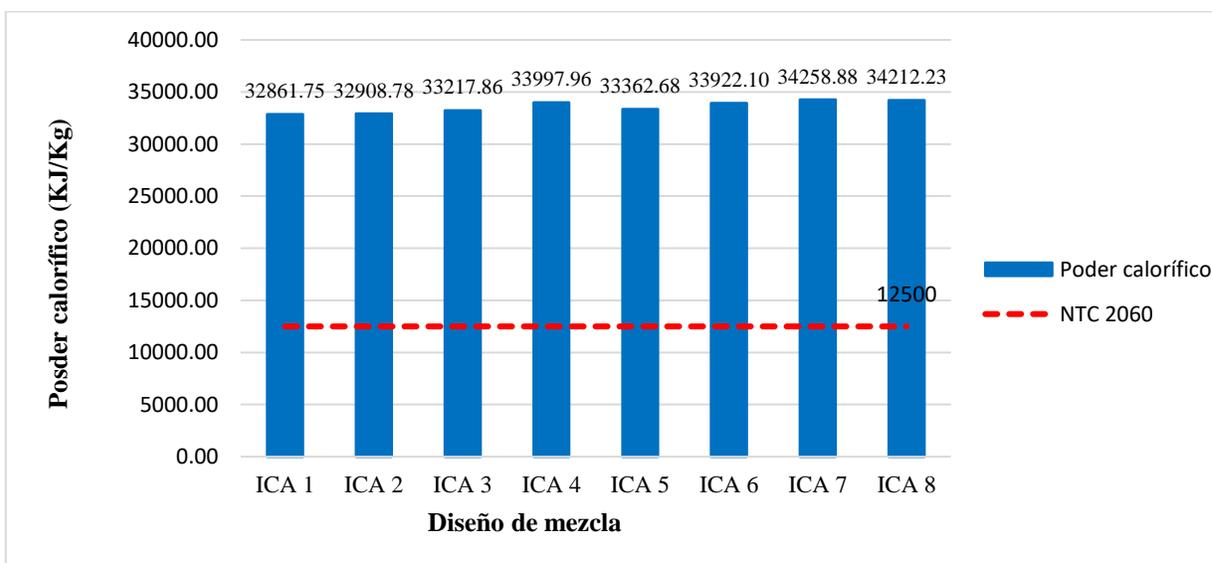


Figura 25. Poder calorífico de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 10 y *Figura 25*, mostró que el poder calorífico de todas las briquetas fue superior a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana 2060. Alcanzando el mayor nivel de poder calorífico con el diseño de mezcla ICA 7 (100% de *Inga feuillee*), por las características propias (leñoso) del residuo *Inga feuillee* que contiene mayor nivel de sequedad y no poseer aglutinante; sin embargo, todas las briquetas fueron consumidas en corto tiempo.

4.1.5. Características mecánicas de las briquetas

Tabla 11. Resistencia a la compresión de las briquetas

Diseño de mezcla	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm ²)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	2.19	2.16	1.17	2.17
ICA 2	2.44	2.42	2.41	2.42
ICA 3	2.52	2.53	2.55	2.53
ICA 4	2.10	2.13	2.11	2.11
ICA 5	1.69	1.71	1.72	1.71
ICA 6	1.70	1.68	1.67	1.69
ICA 7	1.32	1.3	1.27	1.30
ICA 8	1.74	1.76	1.77	1.76

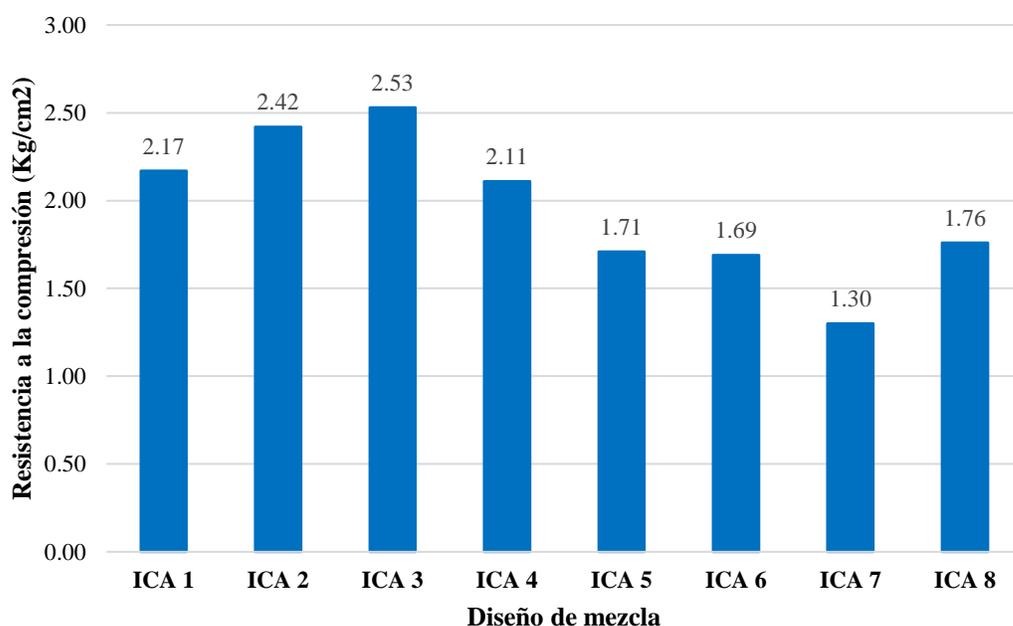


Figura 26. Resistencia de las briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 11 y *Figura 26* mostró la resistencia de compresión de las briquetas, que se encuentran en un rango entre 0.130 a 2.53 kg/cm². Alcanzando su mayor nivel de resistencia a la compresión con el diseño de mezcla ICA 3 (25% de *Inga feuilleei* con 25% de *Carya illinoensis* + 50% aglutinante), esto debido a la inclusión de mayor nivel de aglutinante.

Tabla 12. *Tiempo de Combustión de briquetas.*

Diseño de mezcla	Tiempo de combustión (min)			Tiempo de combustión promedio (min)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	35	36	34	35
ICA 2	33	30	31	31
ICA 3	40	38	37	38
ICA 4	29	30	31	30
ICA 5	27	25	24	25
ICA 6	22	24	21	22
ICA 7	19	16	17	18
ICA 8	25	28	30	28

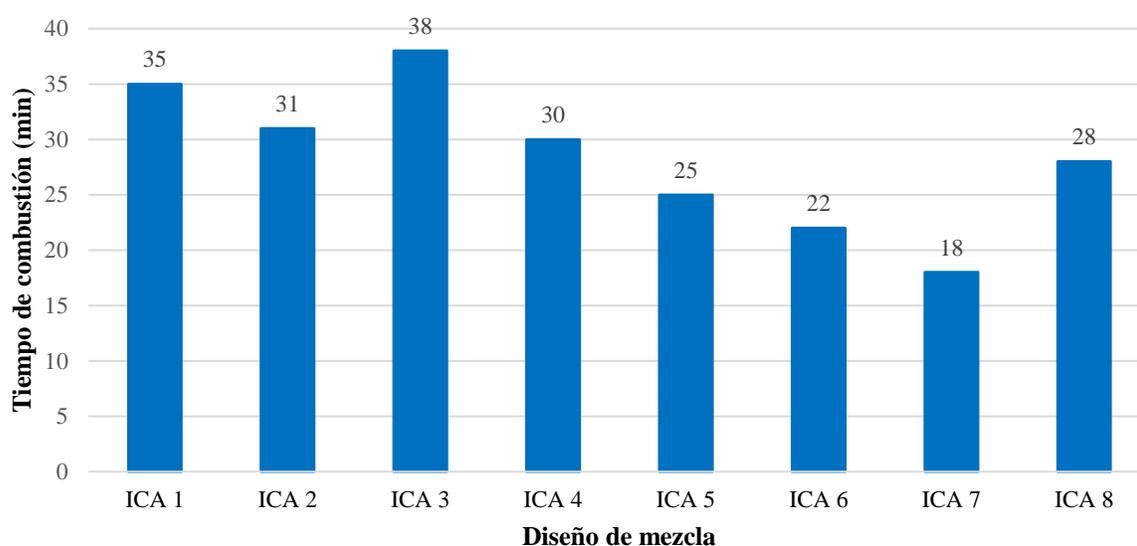


Figura 27. Tiempo de combustión de briquetas según diseño de mezcla.

La Tabla 12 y *Figura 27* mostró tiempo de combustión de las briquetas, que se encuentran en un rango entre de 18 a 38 minutos. Alcanzando su menor tiempo de combustión con el diseño de mezcla ICA 7 (100% de *Inga feuillei*), esto debido a su mayor nivel de sequedad y leñosidad.

4.4. Eficiencia térmica de las briquetas

La eficiencia térmica de las briquetas fue evaluada según las dosificaciones, de las cuales se realizaron tres repeticiones de la prueba para la reducción del nivel de error en las pruebas, de las cuales se realizó un promedio (Ver Tabla 13 y Figura 28).

Tabla 13. Eficiencia térmica de las briquetas

Diseño de mezcla	Eficiencia térmica (%)			Eficiencia térmica promedio (%)
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
ICA 1	24.256	24.251	24.247	24.251
ICA 2	23.523	23.518	23.52	23.520
ICA 3	23.938	23.941	23.943	23.941
ICA 4	26.673	26.675	26.678	26.675
ICA 5	22.199	22.194	22.196	22.196
ICA 6	20.072	20.075	20.074	20.074
ICA 7	25.982	25.984	25.988	25.985
ICA 8	25.057	25.062	25.064	25.061

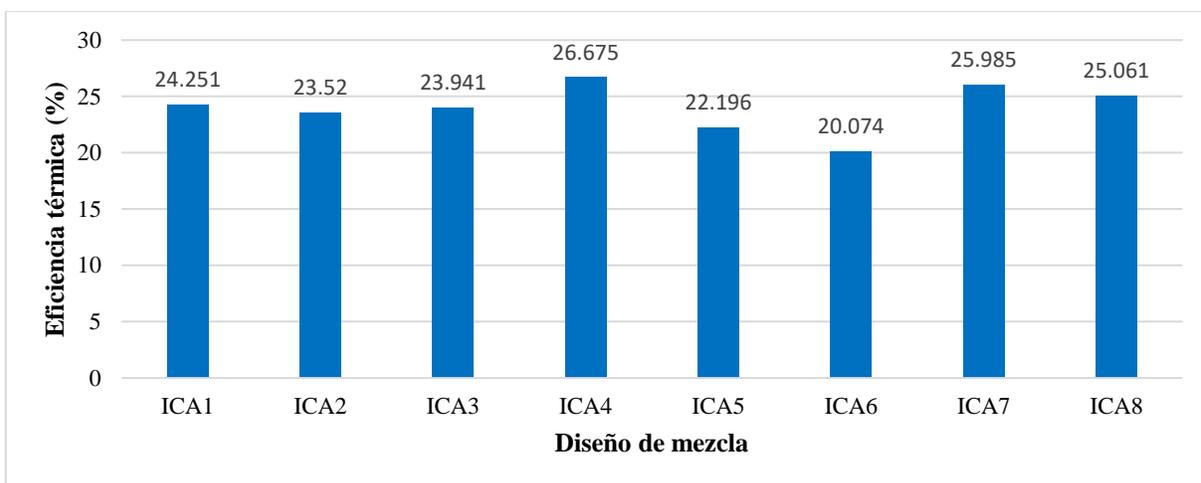


Figura 28. Eficiencia térmica de las briquetas según diseño de mezcla

La Tabla 13 y *Figura 28* mostró la eficiencia térmica de las briquetas, que se encuentran en un rango entre de 20.074 a 26.675%. Alcanzando su mayor nivel de eficiencia con el diseño de mezcla ICA 4 (25% de *Inga feuilleei* con 75% de *Carya illinoensis*).

4.2. Resultados inferenciales

Los resultados inferenciales fueron evaluados según las hipótesis de la investigación.

4.2.1. Análisis de hipótesis específica 1

H₁: Las características de las cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023.

Tabla 14. Prueba de normalidad de poder calorífico según *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*.

Característica	Diseño de mezcla	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Poder calorífico	ICA 4	0,964	3	0,637
	ICA 5	0,964	3	0,637
	ICA 6	0,964	3	0,637
	ICA 7	0,964	3	0,637
	ICA 8	0,964	3	0,637

La Tabla 14 mostró la prueba de normalidad, que fue evaluada según los valores del poder calorífico alcanzado por las cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*, sin aglutinantes; por ello, se consideró los diseños de mezcla (ICA 4, ICA 5, ICA 6, ICA 7 e ICA 8). En la prueba de normalidad se consideró los valores de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados fueron inferiores a 50. Asimismo, por la obtención de p-valores (sig.) mayor a 0.05; se concluye que, los datos evaluados presentan un comportamiento normal; por lo cual, para la contrastación de hipótesis se requiere el uso de una prueba de contraste paramétrica (Anova).

Tabla 15. Anova de poder calorífico.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1536562,385	4	384140,596	1646316841,676	0,000
Dentro de grupos	0,002	10	0,000		
Total	1536562,388	14			

La Tabla 15, mostró un p-valor (sig.), inferior a 0.05; esto permite indicar que al menos un resultado presentó una varianza diferente en el proceso de experimental. Lo que permite aceptar la hipótesis de investigación. En conclusión, las características de las cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023.

4.2.1. Análisis de hipótesis específica 2

H₁: El diseño de mezcla de componentes ICA 4 (25% de cáscara de *Inga feuilleei* + 75% de cáscara de *Carya illinoensis* + 0% aglutinante) permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023.

Tabla 16. Prueba de normalidad de los diseños de mezcla.

Parámetro	Diseño de mezcla	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Poder Calorífico	ICA 1	,964	3	,637
	ICA 2	,964	3	,637
	ICA 3	,964	3	,637
	ICA 4	,964	3	,637
	ICA 5	,964	3	,637
	ICA 6	,964	3	,637
	ICA 7	,964	3	,637
	ICA 8	,964	3	,637

La Tabla 16 mostró la prueba de normalidad, que fue evaluada según los valores del poder calorífico alcanzado por los diseños de mezcla (ICA 4, ICA 5, ICA 6, ICA 7 e ICA 8). En la prueba de normalidad se consideró los valores de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados fueron inferiores a 50. Asimismo, por la obtención de p-valores (sig.) mayor a 0.05; se concluye que, los datos evaluados presentan un comportamiento normal; por lo cual, para la contrastación de hipótesis se requiere el uso de una prueba de contraste paramétrica (Anova).

Tabla 17. Prueba de anova de los diseños de mezcla.

Diseño de mezcla		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Poder Calorífico	Entre grupos	6887364,627	7	983909,232	4216753853,219	,000
	Dentro de grupos	,004	16	,000		
	Total	6887364,631	23			
Tiempo de combustión	Entre grupos	759,292	7	108,470	32,541	,000
	Dentro de grupos	53,333	16	3,333		
	Total	812,625	23			

La Tabla 17, mostró un p-valor (sig.), inferior a 0.05; esto permite indicar que al menos un resultado presentó una varianza diferente en el proceso de experimental. Posteriormente, para determinar el diseño de mezcla óptima se continuó la prueba Tukey.

Tabla 18. Prueba Tukey del poder calorífico según los diseños de mezcla.

Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ICA 1	3	32861,75							
ICA 2	3		32908,78						
ICA 3	3			33217,86					
ICA 5	3				33362,68				
ICA 6	3					33922,10			
ICA 8	3						33997,96		
ICA 4	3							34212,23	
ICA 7	3								34258,88

Tabla 19. Prueba Tukey de los tiempos de combustión de los diseños de mezcla.

Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
ICA 7	3	17,3333					
ICA 6	3		22,3333				
ICA 5	3		25,3333	25,3333			
ICA 8	3			27,6667	27,6667		
ICA 4	3				30,0000		
ICA 2	3				31,3333	31,3333	
ICA 1	3					35,0000	35,0000
ICA 3	3						38,3333

Las tablas 18 y 19, presentó los resultados de la Prueba Tukey, donde observa que los diseños de mezcla con mayores diferencias de medias en poder calorífico fueron los diseños de mezcla ICA 7 e ICA 4 obteniendo valores de 34258,88 y 34212,23 respectivamente. Sin embargo, en el tiempo de combustión, el diseño ICA 4, fue consumido en corto tiempo. Por lo cual, lo que permite aceptar la hipótesis de investigación. En conclusión, el diseño de mezcla de componentes ICA 4 (25% de cáscara de *Inga feuillei* + 75% de cáscara de *Carya illinoensis* + 0% aglutinante) permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023.

4.2.3. Análisis de la hipótesis específica 3

H₁: Las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.

Tabla 20. Prueba de normalidad de características físicas de las briquetas.

Características físicas	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Humedad de briqueta	0,964	3	0,637
Cenizas de briqueta	0,964	3	0,637
Material Volátil de briqueta	0,987	3	0,780

La Tabla 20 mostró la prueba de normalidad, que fue evaluada según los valores de las características físicas (Humedad, cenizas y material volátil), alcanzado por los diseños de mezcla de las briquetas. En la prueba de normalidad se consideró los valores de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados fueron inferiores a 50. Asimismo, por la obtención de p-valores (sig.) mayor a 0.05; se concluye que, los datos evaluados presentan un comportamiento normal; por lo cual, para la contrastación de hipótesis donde se comparará los resultados con la norma NTC 2060, se requiere el uso de una prueba de contraste paramétrica (T-Student).

Tabla 21. Prueba de T-Student de características físicas.

Características físicas	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Humedad (Briqueta – NTC 2060)	-,19333	,01528	,00882	-,23128	-,15539	-21,922	2	0,002
Cenizas (Briqueta – NTC 2060)	-27,98667	,03055	,01764	-28,06256	-27,91078	-1586,695	2	0,000
Material Volátil (Briqueta – NTC 2060)	-7,63333	,02517	,01453	-7,69585	-7,57082	-525,362	2	0,000

La Tabla 21, mostró un p-valor (sig.), inferior a 0.05; esto permite indicar que se aprueba hipótesis de la investigación. En conclusión, las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.

4.2.4. Análisis de la hipótesis específica 4

H₁: Las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.

Tabla 22. Prueba de normalidad de características químicas de las briquetas.

Características físicas	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Carbono fijo	0,964	3	0,637
Poder calorífico	0,964	3	0,637

La Tabla 22 mostró la prueba de normalidad, que fue evaluada según los valores de las características químicas (Carbono fijo y poder calorífico), alcanzado por los diseños de mezcla de las briquetas. En la prueba de normalidad se consideró los

valores de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados fueron inferiores a 50. Asimismo, por la obtención de p-valores (sig.) mayor a 0.05; se concluye que, los datos evaluados presentan un comportamiento normal; por lo cual, para la contrastación de hipótesis donde se comparará los resultados con la norma NTC 2060, se requiere el uso de una prueba de contraste paramétrica (T-Student).

Tabla 23. Prueba de T-Student de características químicas de las briquetas.

Características físicas	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Carbono fijo (Briqueta – NTC 2060)	38,31333	,01528	,00882	38,27539	-,15539	-21,922	2	0,002
Poder calorífico (Briqueta – NTC 2060)	21497,957	,01528	,00882	21497,919	-27,91078	-1586,695	2	0,000

La Tabla 23, mostró un p-valor (sig.), inferior a 0.05; esto permite indicar que se aprueba hipótesis de la investigación. En conclusión, las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.

4.2.5. Análisis de la hipótesis específica 5

H_1 : Las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, son óptimas.

Tabla 24. Prueba de normalidad de características mecánicas.

Características mecánicas	Diseño mezcla	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	ICA 1	0,987	3	0,780
	ICA 2	0,964	3	0,637
	ICA 3	0,964	3	0,637
	ICA 4	0,964	3	0,637
	ICA 5	0,964	3	0,637
	ICA 6	0,964	3	0,637
	ICA 7	0,987	3	0,780
	ICA 8	0,964	3	0,637
Tiempo de combustión	ICA 1	1,000	3	1,000
	ICA 2	0,964	3	0,637
	ICA 3	0,964	3	0,637
	ICA 4	1,000	3	1,000
	ICA 5	0,964	3	0,637
	ICA 6	1,000	3	1,000
	ICA 7	0,964	3	0,637
	ICA 8	0,987	3	0,780

La Tabla 24 mostró la prueba de normalidad, que fue evaluada según los valores de las características mecánicas (Resistencia a la compresión y tiempo de combustión), alcanzado por los diseños de mezcla de las briquetas. En la prueba de normalidad se consideró los valores de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados fueron inferiores a 50. Asimismo, por la obtención de p-valores (sig.) mayor a 0.05; se concluye que, los datos evaluados presentan un comportamiento normal; por lo cual, para la contrastación de hipótesis donde se comparará los resultados con la norma NTC 2060, se requiere el uso de una prueba de contraste paramétrica (Anova).

Tabla 25. Prueba de anova de características mecánicas.

Características mecánicas		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión	Entre grupos	3,965	7	,566	1699,250	,000
	Dentro de grupos	,005	16	,000		
	Total	3,970	23			
Tiempo de combustión	Entre grupos	759,292	7	108,470	32,541	,000
	Dentro de grupos	53,333	16	3,333		
	Total	812,625	23			

La Tabla 25, mostró un p-valor (sig.), inferior a 0.05; esto permite indicar que al menos un resultado presentó una varianza diferente en el proceso de experimental que corrobora la eficiencia de las briquetas en las características mecánicas. Lo que permite aceptar la hipótesis de investigación. En conclusión, las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, son adecuadas.

4.2.6. Análisis de la hipótesis general

H₁: Las briquetas elaboradas con cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* poseen una eficiencia térmica superior al 20 %.

Tabla 26. Prueba de normalidad de la eficiencia térmica de las briquetas

Parámetro	Diseño de Mezcla	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia térmica	ICA 1	0,996	3	0,878
	ICA 2	0,987	3	0,780
	ICA 3	0,987	3	0,780
	ICA 4	0,987	3	0,780
	ICA 5	0,987	3	0,780
	ICA 6	0,964	3	0,637
	ICA 7	0,964	3	0,637
	ICA 8	0,942	3	0,537

La Tabla 26 mostró la prueba de normalidad, que fue evaluada según los valores de la eficiencia térmica, alcanzado por los diseños de mezcla de las briquetas. En la prueba de normalidad se consideró los valores de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados fueron inferiores a 50. Asimismo, por la obtención de p-valores (sig.) mayor a 0.05; se concluye que, los datos evaluados presentan un comportamiento normal; por lo cual, para la contrastación de hipótesis donde se continuó con la prueba de Anova.

Tabla 27. Prueba de Anova de eficiencia térmica

Parámetro		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Eficiencia térmica	Entre grupos	93,531	7	13,362	1519804,747	0,000
	Dentro de grupos	0,000	16	0,000		
	Total	93,531	23			

La Tabla 27, mostró un p-valor (sig.), inferior a 0.05; esto permite indicar que al menos un resultado presentó una varianza diferente en el proceso de experimental que corrobora la eficiencia térmica de las briquetas. Para evaluar el diseño de mezcla que alcanzó el mayor nivel de eficiencia térmica se realizó la prueba tukey.

Tabla 28. Prueba tukey de eficiencia térmica

Mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ICA 6	3	20,07367							
ICA 5	3		22,19633						
ICA 2	3			23,52033					
ICA 3	3				23,94067				
ICA 1	3					24,25133			
ICA 8	3						25,06100		
ICA 7	3							25,98467	
ICA 4	3								26,67533

La tabla 28, presentó los resultados de la Prueba Tukey, donde observa que el diseño de mezcla con mayor diferencia de medias en eficiencia térmica fue el diseño de mezcla ICA 4 obteniendo valor de 26,67533. En conclusión, las briquetas elaboradas con cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* poseen una eficiencia térmica superior al 20%.

V. DISCUSIÓN

La actual investigación aprovechó residuos de cáscara de *Inga Feuilleei* y *Carya illinoensis* para la elaboración de briquetas, el cual obtuvo como resultado un producto amigable con el entorno ambiental, generando buena eficiencia térmica. Estos resultados tienen relación con el autor Bastidas, Valera y Serrano (2022), quienes elaboraron la construcción de prensas para la fabricación de briquetas, consiguiendo que dichas briquetas sea un buen sustituto alternativo de las leñas nativas de la zona. De igual manera, Moreno *et al.* (2021), fabricaron briquetas con inclusión de sustancias aglomerantes, para luego pasar a ser prensados hasta conseguir las briquetas, consiguiendo un resultado de potencial energético considerable, pero inferiores al carbón mineral utilizado como referencia. Además, Pavla, Brunerová y Roubík (2020), aprovecharon los residuos mediante el uso de tecnología de fabricación de briquetas (producción de combustibles sólidos) y el potencial de la prensa manual de fabricación de briquetas de baja presión en áreas rurales y periurbanas de Java Oriental, donde la leña todavía se usa comúnmente como fuente de energía para calefacción y cocina (además de GLP). En tanto, Navarro *et al.* (2022), determinaron que las briquetas a base de residuos se pueden dividir en tres categorías, en función del poder calorífico: a base de biomasa ($16,22 \pm 1,65 \text{ MJ kg}^{-1}$), a base de madera ($19,03 \pm 2,46 \text{ MJ kg}^{-1}$), y briquetas a base de plástico y carbón ($24,64 \pm 5,29 \text{ MJ kg}^{-1}$). Siendo de esta manera, la creación de estas briquetas está tomando relevancia en su uso como una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente.

La briqueta con diseño de mezcla ICA 4 (25% residuos de *Inga feuilleei* con 75% residuos de *Carya illinoensis*) fue el diseño de mezcla con mejores resultados de eficiencia térmica (26.675%), y alcanzó un poder calorífico 33997.964 KJ/Kg y un tiempo de combustión (30 minutos). Asimismo, Bastidas, *et al.* (2022), fabricaron briquetas para reemplazar el uso de leña, logrando eficiencias térmicas de 10.8%, incluyendo 15% de almidón como aglutinante. Asimismo, obtuvo un poder calorífico de 18071 KJ/Kg, demostrando un correcto biocombustible capaz de reemplazar a la leña

de brasil de forma eficiente y amigable con el medio ambiente. Homdoug, et al. (2019), investigaron el rendimiento de un gasificador a base de briquetas elaboradas por residuos sólidos urbanos y residuos vegetales logrando una potencia en el motor de 7.5 Kw. La eficiencia fue de 16% y 17% consecutivamente. Ambos fueron combinados con alquitinante de mandioca y cal. Alcanzando un poder calorífico de 26000KJ/Kg y 28500KJ/Kg. En tanto, Onukak et. al. (2017), elaboraron briquetas a partir de residuos de una industria de curtido, logrando obtener una eficiencia térmica de 26.38% con la muestra número 6 y un poder calorífico de 21460 KJ/Kg, 94.61% de carbono fijo y 3.11% cenizas, no obstante, la muestra número 4 obtuvo un mejor poder calorífico de 22140 KJ/Kg y una eficiencia térmica de 20.78%. Por otro lado, Sawadogo et. al. (2018), realizaron la producción de briquetas con residuos de anarcado por método de carbonización a 350°, determinando que su dosis óptima fue de 55% residuo de anarcado, 10% de aglutinante de almidón de yuca y 35% de agua; logrando obtener un poder calorífico de 29.928 MJ/Kg alcanzando una eficiencia térmica de 33.9% superando al carbón de leña con 33.70%. Asimismo, Kumar, et al. (2021), en su estudio propusieron experimentar la creación de briquetas a partir del hueso y cáscara de mango, siendo residuos recuperados de una industria, determinando que la dosis optima registrada fue la compuesta de 80% de biomasa y 20% de silicato de sodio usado como aglomerante, dando un poder calorífico de 18,71MJ/Kg. Demostrando así una buena alternativa de energía limpia. Artigas, (2020), fabricó briquetas a partir de corteza de pino y serrín, utilizando como aglomerante el destilado de resina de pino propio de los residuos de madera de aserradero, determinando que la briqueta compuesta de 50 % de serrín y 50% de corteza posee las mejores cualidades fisicoquímicas y mecánicas, con un poder calorífico de 4200 Kcal/Kg.

En las características fisicoquímicas de la elaboración de briquetas se analizó la densidad, encontrándose 0.84 g/cm³, una humedad de 3.93 %, poder calorífico 11664.86 kcal/kg, resistencia de impacto 0.21 kj/m². Esto tiene relación con García, et al., (2019), quienes utilizaron almidón de maíz y aserrín para elaborar briquetas, obteniendo como resultados de densidad 0,45 ± 0,01 g/ml, humedad 9,4 ± 0,5 %, poder calorífico 20.799 kJ/kg y resistencia al aplastamiento 4,5 x 10⁴ ± 0,7 x 10⁴ kg/m²,

siendo estas características apto para en la elaboración de las briquetas y poder darle diferente uso. Del mismo modo, Poma y Ruiz (2022), en su estudio fabricaron briquetas a partir de *Mangifera indica* y *Persea americana* como propuesta del uso de biocombustibles. Dicha fabricación obtuvo una dosis eficiente compuesta por 150 gr de *Mangifera indica*, 80 g. de aglutinante de yuca y 70ml de agua; con un resultado de 10.77MJ/Kg en una humedad de 0.66% y un 0.33% de cenizas, dando un nuevo aporte de manejo de residuos orgánicos eficientes. A su vez, Villareal y Macías (2020) mencionan que dichas características físico - químicas son adecuado para un tratamiento sobresaliente para la elaboración de briquetas a partir de cáscaras de arroz, polvillo y aserrín. Sin embargo, Keshac, *et al* (2021) realizaron briquetas de cáscara de arroz con diversas densidades, densidad máxima 1300kg/m³, densidad relajada 700kg/m³, densidad aparente 355.27g/cm³; confirmando la viabilidad de creación de dichas briquetas mejorando rendimiento del material volátil y poder calorífico, asimismo, permitiendo la gasificación debido a la mejora de la densidad.

En las evaluaciones de las características químicas de la elaboración de briquetas. Beltrón *et al.*, (2019) indicaron que las briquetas tuvieron un uso eficiente en su capacidad energética, el mayor poder calorífico alcanzado es de 30534.89 kj/kg y un contenido de carbono fijo de 26.18% favoreciendo la eficiencia. Estos valores se asemejan a los determinados por Nattapong y Anuwat (2019) quienes elaboraron briquetas a base de residuos agrícolas, obteniendo un poder calorífico de 6622 cal/g. Asimismo, La Ifa, *et al.*, (2020) moldearon briquetas a base de cascara de nuez, obteniendo un contenido de carbono fijo de 72.62%, y otras propiedades como humedad 5.3%, contenido de cenizas 4.96%. En nuestro estudio el porcentaje de cenizas fue de 2.01 %, pudiéndose observar que los valores obtenidos son cercanos, el cual, en comparación con nuestra investigación se asemejan a los parámetros físico-químicos utilizados para llegar elaborar las briquetas y darle un nuevo uso más amigable con el medio ambiente. Además, Magnago, *et al.* (2020), crearon briquetas a partir de cáscara de variados cítricos y cascarilla de arroz, usando como aglomerante cascara de papa amarilla, teniendo resultados positivos con una resistencia de compresión adecuada en todas las composiciones y un poder calorífico de 17,2 MJ/Kg

en la mezcla de cáscara de naranja y cáscara de arroz; demostrando poder reemplazar la leña que posee un poder calórico promedio de 10,4MJ/Kg.

VI. CONCLUSIONES

Mediante el estudio fue factible la elaboración de briquetas a partir de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis*, que alcanzaron un nivel máximo de eficiencia térmica de 26.675%, siendo de esta manera una alternativa de sustituto de un carbón tradicional.

La caracterización de la cáscara de *Inga feuilleei* brindó valores de pH ácido (4.99), temperatura 25.6 °C, granulometría 2 mm, densidad 1.34 g/cm³, humedad 31.7 %, cenizas 1.29 %, material volátil 67 %, carbono fijo, 24.8 % y poder calorífico 19886.55 kJ/kg. De igual manera, los residuos de cáscara de *Carya illinoensis* tuvieron pH ácido (4.06), temperatura 25.6 °C, granulometría 2 mm, densidad 1.68 g/cm³, humedad 20.6 %, cenizas 16.4 %, material volátil 63 %, carbono fijo 27.8 % y poder calorífico 17844.76 kJ/kg.

La briqueta con diseño de mezcla ICA 4 (25% residuos de *Inga feuilleei* con 75% residuos de *Carya illinoensis*) fue el diseño de mezcla con mejores resultados de eficiencia térmica (26.675%), y alcanzó un poder calorífico 33997.964 KJ/Kg y un tiempo de combustión (30 minutos).

Las características físicas de la briqueta fueron temperatura de 21 °C, densidad 0.84 g/cm³, humedad 2.31 %, cenizas 2.01 %, material volátil 7.37 %. Esta briqueta fue representada por el diseño de mezcla óptimo ICA 4 (con 25% residuos de *Inga feuilleei* con 75% residuos de *Carya illinoensis*), que cumplen lo establecido en la norma Técnica Colombiana 2060.

Las características químicas de la briqueta fueron carbono fijo 88.31 %, poder calorífico 33997.96 KJ/kg. Dichos valores fueron obtenidos porque la briqueta dentro de su diseño utilizó residuos con alto contenido lignocelulósico que favoreció las características químicas, cumpliendo con la norma Técnica Colombiana 2060.

Las características mecánicas de las briquetas presentaron una resistencia a la compresión de 2.11 KJ/kg y tiempo de combustión de 30 minutos, convirtiéndolo en una briqueta resistente y con consumo prolongado.

VII. RECOMENDACIONES

Elaborar diseños de mezcla a base de otros residuos lignocelulósicos de briquetas a base de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*, con el fin de encontrar rendimientos más eficientes en la eficiencia térmica de las briquetas.

Los residuos generados (cenizas), al término del proceso de quemado de las briquetas, deben ser aprovechados como sustrato para las plantas debido a que tiene propiedades nutricionales para el suelo, mejorando su productividad.

Evaluar diversos diseños estructurales de las briquetas a fin de determinar la influencia de los diseños de moldes en la elaboración de briquetas a base de cáscaras de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis*.

Realizar los análisis de densidad, material volátil, cenizas, carbono fijo y poder calorífico con muestras sin manipulación para el análisis de porcentaje de humedad.

Analizar los parámetros de gases emanados al momento de la quema de la briqueta.

Elaborar briquetas de cáscara de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* que posean diferente estructura y/o forma para evaluar los resultados.

Elaborar diseños de briquetas a base de cáscara de *Inga feuillei* y *Carya illinoensis* adicionando menor cantidad de agua a la mezcla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABONDIO, Richard. Evaluación de residuos sólidos orgánicos municipales como materia prima potencial para la producción de briquetas en Kampala, Uganda. *Revista de sistemas de bioenergía sostenibles*, 10 (2): 1- 62, 2020.
- AIRTHINGS. ¿Cómo obtener un monitor de humedad?. (2021). [Fecha de consulta:13 de mayo de 2023], Recuperado de <https://www.airthings.com/es/what-is-humidity>.
- ALVAREZ, Erick. Análisis técnico financiero en la implementación de briquetas de aserrín, cáscara de café y olote, para disminuir el consumo de leña en San Juan Sacatepéquez . Tesis (Magister en Artes en Energía y Ambiente). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/162164271.pdf>
- AMBIENTUM. La combustión como proceso de transformación energética. (2021). [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023], Recuperado de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/la_combustion.asp.
- ARROYO, Maribel. Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de cáscara de mango criollo de Satipo (*Mangifera indica* L.). Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Satipo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2008. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2631/Artica%20Arroyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- DIAZ, Iván. 2020. Briquetas energeticas con aserrín y corteza de pino. *Ingeniería energética [en línea]*. vol. 41 n°1, ene-abr 2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2023]. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012020000100003#:~:text=Se%20obtuvieron%20briquetas%20como%20biocombustible,generaci%C3%B3n%20de%20calor%20y%20electricidad.%20\[En%20l%C3%ADnea\]%202020.%20http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012020000100003#:~:text=Se%20obtuvieron%20briquetas%20como%20biocombustible,generaci%C3%B3n%20de%20calor%20y%20electricidad..](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012020000100003#:~:text=Se%20obtuvieron%20briquetas%20como%20biocombustible,generaci%C3%B3n%20de%20calor%20y%20electricidad.%20[En%20l%C3%ADnea]%202020.%20http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012020000100003#:~:text=Se%20obtuvieron%20briquetas%20como%20biocombustible,generaci%C3%B3n%20de%20calor%20y%20electricidad..)
- BALSECA, Otto; LÓPEZ, Santiago, VITERI, Edwin; ANALUISA, Darwin; HERNÁNDEZ, Edinson. Elaboración, caracterización y posibles aplicaciones de briquetas de residuos de café (borra) como biocombustible sólido. [En línea]. vol 3, n° 7, julio 2018. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2023]. Disponible en <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/565/html>.
- BASTIDAS, Marlon; VALERA, Robert y SERRANO, Dario. Producción de briquetas a partir de raquis residual de la palma africana para las comunidades alfareras del norte del Cesar

- (Colombia). Información tecnológica [en línea]. vol.33, n°1, febrero 2022 [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2023]. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642022000100193&lng=es&nrm=iso
- BENÍTEZ, Pedro. Elaboración de briquetas a partir de residuos de aserrín aglutinados con almidón de maíz y su posible aplicación como aislante térmico. Ingeniería 29 [en línea]. vol. 29 n°1, enero - junio 2019. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/33090/36127>.
- BERNAL, Manuel y FALLA, Luis. Elaboración de briquetas de bagazo de *Saccharum officinarum* para mitigar las emisiones en el Centro Poblado El Invernillo, Pomalca. Tesis (Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50269>
- BRIONES, Dayana y CHILÁN, Gema. 2019. Briquetas para la obtención de biomasa energética a partir de los residuos de maíz (*Zea mays*) en la comunidad San Miguel de Tres Charcos. Tesis (Ingeniero Ambiental). Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 2019. <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/1216>
- CRUZ, Fabián. Diseño de mezclas de carbón y carbón-biomasa para producción de briquetas gasificables en lecho fijo. Tesis (Ingeniero Metalúrgico). Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018. https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/3035/TGT_1618.pd;jsessionid=C62517D8747F89F3242D0F22463AA282?sequence=1
- CESARE, Mary y CALLE, Jose. Recursos, tecnologías, transferencia y políticas. Ciencia y Tecnología para el desarrollo. [En línea]. 2020. https://www.researchgate.net/publication/344334280_Produccion_de_briquetas_en_la_Cooperativa_Atahualpa_Jerusalen_-_Granja_Porcon_Peru.
- CEUPE. 2018. ¿'QUE SON BRIQUETAS? [En línea] 2018. <https://www.ceupe.com/blog/que-son-las-briquetas.html>.
- CHICAIZA, Olga y MARCILLO, Stefanía. Obtención de briquetas a partir del bagazo de caña de azúcar con la adición de aglutinante para su utilización como biocombustible. Tesis (Ingeniero Químico). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2021. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57477>

- CONDORI, Porfirio. Universo, población y muestra. [En línea] 2020. <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>.
- CORRAL, Yadira. Validez y Confiabilidad. [En línea] 2009. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>.
- CORREA, Ray. Elaboración de un bioplástico a partir de la palta (*Persea americana*) con cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*), con su efecto de elasticidad. Tesis (Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2020. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2451/IAIA-GAR-COR-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- DELGADO, Carlos; NAVARRETE, Johnny; NOLES, Patricio; HERNÁNDEZ, Nancy. 2020. Caracterización energética y bioeconómica de las briquetas elaboradas con biomasa residual del cultivo de maíz en Ecuador. Redieluz. [En línea], marzo 2020, vol 4 n°2 <https://produccioncientificaluz.org/index.php/redieluz/article/view/35521>
- EcuRed. 2021. EcuRed. [En línea] 2021. <https://www.ecured.cu/Ceniza>.
- MUÑOZ, Edward y SOLÍS, Beymar. Enfoque Cualitativo y Cuantitativo de la Evaluación Formativa. [En línea] 2021. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2550-65872021000300001.
- EPA. 2021. Monóxido de carbono. [En línea] 2021. <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>.
- ESCALOMA, Leixi. Elaboración de briquetas a partir de residuos de aserrín aglutinados con almidón de maíz y su posible aplicación como aislante térmico. Venezuela: Universidad de Los Andes. Setiembre 2018. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/33090/36128>.
- FANÁRRAGA, Diana y JIHUALLANCA, Rosaura. Elaboración de briquetas ecológicas a partir del hueso de la palta para reducir las emisiones de CO₂. 2021.
- Fiscalab. 2021. Fiscalab. [En línea] 2021. <https://www.fiscalab.com/apartado/temperatura>.
- FOSCA, Darek. Aprovechamiento de la Borra de Café para la Fabricación de Briquetas en Lima, Perú. Tesis (Magister en Administración Estratégica de Empresas), 2021. Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/20297>.
- GONZALO, Gratelli. Caracterización del aceite de la semilla de palta *Persea Americana* Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante . [En línea] 2014.

- https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3869/Rengifo_gp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- GUEVARA, Enrique y HERRERA, Tania. 2006. Estudio preliminar de las propiedades de la semilla de limón mexicano (*Citrus aurantifolia swingle*) para su posible aprovechamiento. [En línea] 2006. https://www.researchgate.net/publication/258507986_Estudio_Preliminar_de_las_Propiedades_de_la_Semilla_de_Limon_Mexicano_Citrus_aurantifolia_swingle_para_su_Posible_Aprovechamiento.
- HOMDOUNG, Nigran. Performance investigation of a gasifier and gas engine system operated on municipal solid waste briquettes. *International Journal of Renewable Energy Development*, 2019, vol. 8, n° 2. <https://pdfs.semanticscholar.org/6e25/9f44cd685e1a2369f945bcb34b1e025e6099.pdf>
- HUANCA, Lizbeth. 2017. Evaluación del proceso de producción de briquetas a partir de residuos de dos maderas de la zona de Iquitos, Loreto. [En línea] 2017. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3459>.
- KUMAR, T; ARADWAD, P.; THIRUPATHI, V.; RAJKUMAR, P. & VISWANATHAN, R. Briquetting of mango seed shell: effect of temperature, pressure and binder. *Agricultural Engineering Today*, 2021, vol. 45, n° 4, p. 23-28. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/7674979>
- León, Alain y Santacruz, Stalin. 2022. *Elaboración de Briquetas a partir de Subproductos de Palma Africana (Elaeis guineensis J) y Arroz (Oryza sativa L)*. [En línea] 2022. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v48n2/2477-8990-rpolit-48-02-65.pdf>.
- MACK, Astrid. 2017. Elaboración de briquetas para aprovechamiento del residuo de arroz en beneficios del municipio de el progreso, Jutiapa. [En línea] 2017. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjr/2017/02/02/Valiente-Astrid.pdf>.
- MÁRQUEZ, Francisco, ÁLVAREZ, Daniel y GONZÁLEZ, Erick. 2018. Caracterización y densificación de la biomasa forestal (aserrín y corteza de *Pinus Caribaea* Morelet var *Caribaea*) en la fabricación de briquetas en la Empresa Agro Forestal (EAF) Macurije. [En línea] 2018. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:WDYOz8JDe_kJ:https://rc.upr.edu.cu/handle/DICT/3194&cd=8&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe.
- MAGNAGO, Rachel. Briquettes of citrus peel and rice husk. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 276, p. 123820.

- MIMENZA, Oscar. 2017. *Los 15 tipos de investigación (y características)*. [En línea] 3 de Abril de 2017. <https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>.
- MINAM. 2021. MINAM. [En línea] 2021. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/487809-alrededor-de-93-mil-toneladas-de-residuos-solidos-fueron-valorizados-en-el-2020-a-nivel-nacional>.
- MITJANA, Laura. 2019. *¿Qué es el diseño de investigación y cómo se realiza?* [En línea] 15 de Septiembre de 2019. <https://psicologiaymente.com/miscelanea/disenio-de-investigacion>.
- MURCIA, Diego y GONZÁLES, Andrés. Desarrollo de briquetas de borra de café y un aglomerante a diferentes composiciones porcentuales para ser utilizadas como combustible sólido alternativo. [En línea] 2020. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7783/1/6151497-2020-1-IQ.pdf>.
- ONUAKAK, Imeh E. Production and characterization of biomass briquettes from tannery solid waste. *Recycling*, 2017, vol. 2, no 4, p. 17. <https://www.mdpi.com/2313-4321/2/4/17>
- PALACIOS, Murcia y GONZÁLEZ, Vera. 2020. Fundación universidad de américa. desarrollo de briquetas de borra de café y un aglomerante a diferentes composiciones porcentuales para ser utilizadas composiciones porcentuales para ser utilizadas. [En línea] 2020. <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/7783/1/6151497-2020-1-IQ.pdf>.
- PALO, Juan. Aprovechamiento del Estiércol de Alpaca e lchu para la producción de briquetas como fuente de energía calorífica en Arequipa. [En línea] 2021. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132021000100051&script=sci_abstract.
- PÉREZ, Juan, BOLLET, Frank y ZORRILLA, Eduardo. 2019. Aprovechamiento de combustibles sólidos en la combustión y su eficiencia del poder calorífico, rendimiento y sostenibilidad, distrito de Yarinacocha. [En línea] 2019. <https://revistas.upp.edu.pe/index.php/RICCVA/article/view/139>.
- PICADO, Lucelia. 2017. *¿Qué es una muestra y cómo se selecciona?* [En línea] 13 de Enero de 2017. <https://biblioinfo.unan.edu.ni/?p=2888>.
- POMA, Christian y RUIZ, Cony . Elaboración de briquetas ecológicas a base de semillas de persea americana y de mangifera indica, Lima 2022. [En línea] 2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101792>

- RIERA, María. Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios, 2020, vol. 7, no 1, p. 1-11.
- CASTILLO, Roberto; RAMOS, Cristian. Extracción de aceites esenciales de los residuos de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* L.), mandarina (*Citrus reticulata*) Y Limón (*Citrus aurantifolia* Swingle) para su uso como aditivo en la elaboración de un jabón artesanal. [En línea] 2020. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15263/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-62.pdf>.
- RUIZ, SEGUNDO ULISES PINCHI. 2018. UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES EN LA COMBUSTIÓN DE BRIQUETAS ELABORADAS A BASE DE RESIDUOS DE ASERRÍN DE CAPIRONA, CASCARILLA DE ARROZ Y RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. [En línea] 2018. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3563/AMBIENTAL-2018-SEGUNDOPINCHI-RESUMEN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- SAMAMÉ, Walter. 2017. *Determinación del poder calorífico de briquetas de carbón utilizando cantidades de residuos de Biomasa*. [En línea] 2017. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10893>.
- SAWADOGO, M. Producción más limpia en Burkina Faso: Estudio de caso de briquetas de combustible hechas de desechos de la industria del anacardo. Revista de producción más limpia, 2018, vol. 195, pág. 1047-1056.
- SENACE. 2016. [En línea] 2016. <https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/NAS-4-1-06-DS-016-2012-AG.pdf>.
- CHUGULI, Silvana . 2021. *Elaboración de briquetas a partir de bagazo de caña de azúcar como combustible sólido en la industria panelera del sector La Delicia-Pacto*. [En línea] 2021. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/21713>.
- TodaMateria. 2021. TodaMateria. [En línea] 2021. <https://www.todamateria.com/densidad/>.
- TORRES, Marvin, VALLADARES, German y Madrigal, Sara. *Evaluación de briquetas elaboradas con cascarilla de arroz para el uso como combustible en hornos rosquilleros en la comunidad de Isiquí del municipio de Estelí*. [En línea] 2019. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNI3479>.
- TORRES, Arturo. 2017. *Los 7 tipos de muestreo y su uso en las Ciencias*. [En línea] 2017. <https://psicologiyamente.com/miscelanea/tipos-de-muestreo>.

- TUESTA, Tedy. 2016. Diseño y eficiencia energética de briquetas elaboradas a partir de residuos sólidos orgánicos, aserrín y cascarilla de arroz. [En línea] 2016. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4157>.
- VALDEZ, Ivan y HERRERA, Alvaro. 2018. Evaluación de factores para la elaboración de briquetas a partir de conchas de mejillón (*Mytilidae*), Carbón vegetal y arcilla bentonita y su aplicación en la remoción de Hg^{+2} . [En línea] 2018. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7534/IQvacaii.pdf?sequence=3>.
- VILELA, Junior; VELÁSQUEZ, AlessandrE y FLORES, Ronaldo. 2020. *Estudio de la deshidratación convencional de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.) de descarte, para la obtención de harina, en la elaboración de galletas*. [En línea] 2020. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2356/IAIA-VEL-MED-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- VILLACORTA, Luis. Universidad César Vallejo. *Máquina briquetadora para la producción de briquetas de cascarilla de*. [En línea] 2019. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36976/Re%c3%a1tegui_VL A.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- VILLARROEL, José. Evaluación de briquetas como biocombustible sólido a partir de residuos que generan los procesos agroindustriales en el sector El Empalme. [En línea] 2017. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4105>.

ANEXOS

ANEXO 1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES		UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente Cáscaras de <i>Inga feuilleea</i> y <i>Carya illinoensis</i>	Son fácilmente accesibles, ya que se consideran desperdicio y a menudo se queman inmediatamente por su valor calorífico y pueden usarse como biocombustibles sólidos como carbón vegetal o briquetas (Álvarez, 2018).	En la aplicación de residuos de <i>Inga feuilleea</i> y <i>Carya illinoensis</i> se consideró sus características y se diseñó las mezclas de sus componentes.	Características de los residuos	Potencial de hidrógeno		pH
				Temperatura		°C
				Densidad		g/cm ³
				Granulometría		mm
				Humedad		%
			Diseño de mezcla de componentes	ICA 1	25% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 50% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 25% aglutinante	%
				ICA 2	50% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 25% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 25% aglutinante	%
				ICA 3	25% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 25% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 50% aglutinante	%
				ICA 4	25% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 75% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
				ICA 5	50% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 50% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
ICA 6	75% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 25% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%				
ICA 7	100% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 0% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%				
ICA 8	0% residuos de <i>Inga feuilleea</i> + 100% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%				
Variable Dependiente Briquetas	Son biocombustibles sólidos de gran densidad, y su proceso de prensado requiere la aplicación de una gran cantidad de fuerza. El proceso de secado tiene lugar a altas temperaturas al aire libre (CEUPE, 2018).	Las briquetas obtenidas de las cáscaras de <i>Inga feuilleea</i> y <i>Carya illinoensis</i> fueron sometidas a evaluación donde se identificaron si sus características físicas, químicas, mecánicas cumplen la norma técnica y su eficiencia	Características físicas	Temperatura		°C
				Densidad		g/cm ³
				Porcentaje de humedad		%
				Porcentaje de cenizas		%
				Porcentaje de material volátil		%
			Características químicas	Porcentaje de carbono fijo		%
				Poder calorífico		kJ/kg
			Características mecánicas	Resistencia al impacto		kg/ cm ²
				Tiempo de combustión		min
			Eficiencia térmica	$\text{Eficiencia térmica(\%)} = \left(\frac{W_i \times C_p \times (T^{\circ}2 - T^{\circ}1) + (W_i - W_f) \times C_v}{M_f \times P_c} \right) \times 100\%$		%

ANEXO 2. Matriz de consistencia.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		
			VARIABLES	METODOLOGÍA	
¿Cuál será la eficiencia térmica de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC, Lima 2023?	Determinar la eficiencia térmica de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC, Lima 2023	Las briquetas elaboradas con cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> poseen una eficiencia térmica superior al 20 %	Variable Independiente: Cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> .	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Diseño: Diseño experimental	Población: Residuos sólidos de residuos de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> .
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES	Nivel: Correlacional	Muestra
<p>¿Cuáles son las características de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC que permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023?</p> <p>¿Cuál es el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023?</p> <p>¿Cuáles son las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?</p> <p>¿Cuáles son las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?</p> <p>¿Cuáles son las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?</p>	<p>Caracterizar las cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC que permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023.</p> <p>Determinar el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023.</p> <p>Determinar las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023</p> <p>Determinar las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023</p> <p>Determinar las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.</p>	<p>Las características de las cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023.</p> <p>El diseño de mezcla de componentes de 25% de cáscara de <i>Inga feuillei</i> + 75% de cáscara de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023.</p> <p>Las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.</p> <p>Las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.</p> <p>Las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, son óptimas.</p>	Variable Dependiente: Briquetas	<p>Técnica: Observación</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Ficha 1. Ficha de características de los residuos</p> <p>Ficha 2. Ficha de diseño de mezcla de componentes</p> <p>Ficha 3. Ficha de características físicas de las briquetas</p> <p>Ficha 4. Ficha de características químicas de las briquetas</p> <p>Ficha 5. Ficha de características mecánicas de las briquetas</p>	<p>Muestra</p> <p>16 Kg de residuos sólidos de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> (8 Kg de cada uno)</p> <p>Muestreo:</p> <p>Se realizarán 3 diseños de mezclas de componente s para cada biomasa, con un total de 9 briquetas, para su respectivo análisis</p>

FICHA DE CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS		 Universidad César Vallejo
TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023	
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando	
Residuo	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS RESIDUOS	
	Peso (Kg)	Granulometría (mm)

FICHA DE DISEÑO DE MEZCLA DE COMPONENTES

Universidad César Vallejo

TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023		
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando		
Mezcla de componente	DISEÑO DE MEZCLA DE COMPONENTES DE LAS BRIQUETAS		
	Cáscara de <i>Inga feuilleei</i> (g)	Cáscara de <i>Carya illinoensis</i> (g)	Aglutinante (g)

FICHA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS BRIQUETAS



TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023					
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando					
Mezcla de componentes	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
	Temperatura (°C)	Densidad (g/cm³)	Porcentaje de Humedad (%)	Porcentaje de cenizas (%)	Porcentaje de material volátil (%)	Poder calorífico (KJ/Kg)

FICHA DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS BRIQUETAS



TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023		
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando		
Mezcla de componentes	Repeticiones	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
		Carbono fijo (%)	Poder calorífico (kJ/kg)

**FICHA DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS
BRIQUETAS**



TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023		
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando		
Mezcla de componentes	Repeticiones	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
		Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tiempo de combustión (min)

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. **Apellidos y nombres:** Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón
 13.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 13.3. **Especialidad o línea de investigación:** gestión integral de Residuos Sólidos
 13.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de características químicas de las briquetas
 13.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XV. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

XVI. PROMEDIO DE VALORACION

90%

Lima, 06 de Julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y nombres: Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente, Universidad Cesar Vallejo
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión Integral de Residuos solidos
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de características físicas de las briquetas
 9.5. Autores de Instrumento: Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XI. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACION

90%

Lima, 06 de Julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



GIANMARCO JORGE
MENDOZA MOGOLLON
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 200348

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y nombres: Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente, Universidad Cesar Vallejo
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión Integral de Residuos Sólidos
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de diseño de mezcla de componentes.
 5.5. Autores de Instrumento: Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

VII. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

VIII. PROMEDIO DE VALORACION

Lima, 06 de Julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP Nº 200348

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y nombres:** Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Gestión Integral de Residuos Sólidos
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de características de residuos.
 1.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACION

90%


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348

Lima, 06 de Julio del 2023
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

XVII. DATOS GENERALES

- 17.1. **Apellidos y nombres:** Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón
 17.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 17.3. **Especialidad o línea de investigación:** Gestión Integral de Residuos Sólidos
 17.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de características mecánicas de las briquetas
 17.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XIX. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

XX. PROMEDIO DE VALORACION

90%

Lima, 06 de Julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y nombres:** Caldas Garnique, Vanessa
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Estudio de Impacto Ambiental
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de características de residuos.
 1.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

90

IV. PROMEDIO DE VALORACION

Lima, 06 de Julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


 Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
 CIP:187957

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
V. DATOS GENERALES

- 5.1. **Apellidos y nombres:** Caldas Garnique, Vanessa
 5.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 5.3. **Especialidad o línea de investigación:** Estudio de Impacto Ambiental
 5.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de diseño de mezcla de componentes.
 5.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

VII. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

VIII. PROMEDIO DE VALORACION

Lima, 06 de Julio del 2023

**FIRMA DEL EXPERTO
INFORMANTE**


 Mgr. Ing. Vanessa Caldas G.
CIP: 187957

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
IX. DATOS GENERALES

- 9.1. **Apellidos y nombres:** Caldas Garnique, Vanessa
 9.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 9.3. **Especialidad o línea de investigación:** Estudio de Impacto Ambiental
 9.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de características físicas de las briquetas
 9.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

XI. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

XII. PROMEDIO DE VALORACION

90

Lima, 06 de Julio del 2023

**FIRMA DEL EXPERTO
INFORMANTE**


 Mgr. Ing. Vanessa Caldas G.
CIP:187957

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. **Apellidos y nombres:** Caldas Garnique, Vanessa
 13.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente, Universidad Cesar Vallejo
 13.3. **Especialidad o línea de investigación:** Estudio de Impacto Ambiental
 13.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de características químicas de las briquetas
 13.5. **Autores de Instrumento:** Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando.

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.-CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.-OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3.-ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.-ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5.-SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6.-TENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7.-CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8.-COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.-METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XV. OPINION DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

XVI. PROMEDIO DE VALORACION

95

Lima, 06 de Julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
CIP: 187957

Ficha 5. Ficha de características mecánicas de las briquetas.

FICHA DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS BRIQUETAS		 Universidad César Vallejo	
TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023		
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando		
Mezcla de componentes	Repeticiones	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tiempo de combustión (min)


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348


 Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
 CIP: 187957

Ficha 4. Ficha de características químicas de las briquetas.

FICHA DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS BRIQUETAS		 Universidad César Vallejo	
TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023		
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando		
Mezcla de componentes	Repeticiones	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
		Carbono fijo (%)	Poder calorífico (Kcal/kg)


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MGGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348


 Mgr. Ing. Vanessa Caldas G.
 CIP:187957

Ficha 3. Ficha de características físicas de las briquetas

FICHA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS BRIQUETAS		 Universidad César Vallejo				
TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023					
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando					
Mezcla de componentes	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
	Temperatura (°C)	Densidad (g/cm ³)	Porcentaje de Humedad (%)	Porcentaje de cenizas (%)	Porcentaje de material volátil (%)	Presión de la compactación (Tn)


 GIANFRANCO JORGE
 MENDOZA MCGOLLÓN
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348


 Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
 CIP: 187957

Ficha 2. Ficha de diseño de mezcla de componentes.

FICHA DE DISEÑO DE MEZCLA DE COMPONENTES		 Universidad César Vallejo		
TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuillei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023			
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando			
Mezcla de componente	DISEÑO DE MEZCLA DE COMPONENTES DE LAS BRIQUETAS			
	Cáscara de <i>Inga feuillei</i> (g)	Cáscara de <i>Carya illinoensis</i> (g)	Aglutinante (g)	Agua (ml)


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348


 Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
 CIP:187957

Ficha 1. Ficha de características de residuos.

FICHA DE CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS		 Universidad César Vallejo
TÍTULO:	Eficiencia térmica de briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> recuperados de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023	
AUTORES:	- Herrera León, Erick Thany - Mendoza Villarreal, Joel Fernando	
Residuo	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS RESIDUOS	
	Peso (Kg)	Granulometría (mm)


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348


 Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
 CIP: 187957

- Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		
			VARIABLES	METODOLOGÍA	
¿Cuál será la eficiencia térmica de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC, Lima 2023	Determinar la eficiencia térmica de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> procedentes de la empresa operadora de residuos sólidos HEPAR SAC, Lima 2023	Las briquetas elaboradas con cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> poseen una eficiencia térmica en un 60 % a 90%	Variable Independiente: Cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> .	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Diseño: Diseño experimental	Población: Residuos sólidos de residuos de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> .
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES	Nivel: Correlacional	Muestra
¿Cuáles son las características de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC que permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023?	Caracterizar las cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC que permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023.	Las características de las cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC permiten la elaboración de briquetas, Lima 2023.	Variable Dependiente: Briquetas	Técnica: Observación Instrumentos: Ficha 1. Ficha de características de los residuos Ficha 2. Ficha de diseño de mezcla de componentes Ficha 3. Ficha de características físicas de las briquetas Ficha 4. Ficha de características químicas de las briquetas Ficha 5. Ficha de características mecánicas de las briquetas	Muestreo: Se realizarán 3 diseños de mezclas de componente s para cada biomasa, con un total de 9 briquetas, para su respectivo análisis
¿Cuál es el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023?	Determinar el diseño de mezcla de componentes que permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023.	El diseño de mezcla de componentes de 25% de cáscara de <i>Inga feuilleei</i> + 75% de cáscara de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante permite elaborar briquetas con alta eficiencia térmica, Lima 2023.			
¿Cuáles son las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023	Determinar las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023	Las características físicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa Técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.			
¿Cuáles son las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?	Determinar las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023	Las características químicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa técnica Colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.			
¿Cuáles son las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023?	Determinar las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.	Las características mecánicas de las briquetas elaboradas a partir de cáscaras de <i>Inga feuilleei</i> y <i>Carya illinoensis</i> de la empresa HEPAR SAC, cumplen la normativa técnica colombiana 2060 para briquetas, Lima 2023.			

Mgr. Ing. Vanesssa Caldas G.
CIP: 187957


GIANMARCO JORGE
MENDOZA MCGOLLON
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 200348

- Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	
Variable Independiente Cáscaras de <i>Inga feuilleia</i> y <i>Carya illinoensis</i>	Son fácilmente accesibles, ya que se consideran desperdicio y a menudo se queman inmediatamente por su valor calorífico y pueden usarse como biocombustibles sólidos como carbón vegetal o briquetas (Álvarez, 2018).	En la aplicación de residuos de <i>Inga feuilleia</i> y <i>Carya illinoensis</i> se consideró sus características y se diseñó las mezclas de sus componentes.	Características de los residuos	Potencial de hidrógeno	pH	
				Temperatura	°C	
				Densidad	g/cm ³	
				Granulometría	mm	
				Humedad	%	
			Diseño de mezcla de componentes	ICA 1	25% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 50% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 25% aglutinante	%
				ICA 2	50% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 25% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 25% aglutinante	%
				ICA 3	25% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 25% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 50% aglutinante	%
				ICA 4	25% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 75% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
				ICA 5	50% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 50% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
				ICA 6	75% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 25% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
				ICA 7	100% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 0% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
				ICA 8	0% residuos de <i>Inga feuilleia</i> + 100% residuos de <i>Carya illinoensis</i> + 0% aglutinante	%
Variable Dependiente Briquetas	Son biocombustibles sólidos de gran densidad, y su proceso de prensado requiere la aplicación de una gran cantidad de fuerza. El proceso de secado tiene lugar a altas temperaturas al aire libre (CEUPE, 2018).	Las briquetas obtenidas de las cáscaras de <i>Inga feuilleia</i> y <i>Carya illinoensis</i> fueron sometidas a evaluación donde se identificaron si sus características físicas, químicas, mecánicas cumplen la norma técnica y su eficiencia	Características físicas	Temperatura	°C	
				Densidad	g/cm ³	
				Porcentaje de humedad	%	
				Porcentaje de cenizas	%	
			Características químicas	Porcentaje de material volátil	%	
				Poder calorífico	kcal/kg	
			Características mecánicas	Resistencia al impacto	kg/ cm ²	
				Tiempo de combustión	min	
			Eficiencia térmica	$Et(\%) = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100\%$ Ci: Calor inicial Cf: Calor final Et: Eficiencia térmica	%	



Mgtr. Ing. Vanessa Caldas G.
CIP: 187957



GIANMARCO JORGE
MENDOZA MOGOLLON
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 200348

**SOLICITUD: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO
DE INFORMACIÓN**

DR.

Nosotros **Herrera León, Erick Thany y Mendoza Villarreal, Joel Fernando**, identificados con DNI N° **42517007 y 77504331**, respectivamente, alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

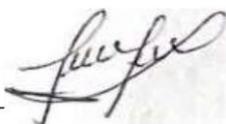
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de investigación que estamos elaborando titulada: **“Eficiencia térmica de briquetas elaboradas de cáscaras de *Inga feuilleei* y *Carya illinoensis* de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.”**, solicitamos a Ud. se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Matriz de Consistencia
- Instrumentos

Por lo tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 06 de Julio del 2023



Herrera León, Erick Thany
42517007



Mendoza Villarreal, Joel Fernando
77504331

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL USO DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA
EL DESARROLLO DE TESIS PARA EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL



Lima, 25 de abril del 2023

Yo, *Pinto Bermejo Ernesto Alejandro* identificado con DNI N°41448982, en mi calidad de Gerente General del área de Gerencia de la empresa HEPAR S.A.C con R.U.C N° 20603251068, ubicada en la ciudad de Lima, Perú.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

A los alumnos *Herrera León, Erick* y *Mendoza Villarreal, Joel* Identificado con DNI N°42517007 y DNI N° 77504331 estudiantes del X ciclo de la carrera de Ingeniería Ambiental para que utilicen los siguientes residuos orgánicos:

Residuos orgánicos, como cáscaras de pecana y pacae, provenientes del servicio de recojo de residuos sólidos que se realizan en nuestra empresa operadora.

Con la finalidad de que pueda desarrollar tesis para optar el Título Profesional.

Adjunto a esta carta, está la siguiente documentación:

(x) Ficha RUC

Firma y sello del Representante Legal
DNI: 41448982

Planta: Jr. Oroya Mza.4 Lt. D2 Prov. Const. del Callao- Prov. Const. del Callao -Callao
Oficina: Calle A Mz. D Lt. 20 Int. 202 Urb. Industrial Panamericana Norte (al costado de mega plaza) Lima-Lima-Independencia
T: 684-8869 / 946249987
Web: www.heparambiental.com

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Eficiencia térmica de briquetas elaboradas de cáscaras de Inga feullei y Carya illinoensis de la empresa HEPAR SAC, Lima 2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:
Herrera León, Erick Thany (ORCID: 0000-0001-9303-0185)
Mendoza Villarreal, Joel (ORCID: 0000-0003-1343-007)

ASESOR:
Dr. Luis Nakano Jorge Lacerda (ORCID: 0000-0003-3536-8811)

21

21

21

21

21

21

21

21

Resumen de coincidencias

21 %

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4 %
2	www.researchgate.net Fuente de Internet	4 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
4	www.scielo.cl Fuente de Internet	1 %
5	www.scilit.net Fuente de Internet	1 %
6	laccei.org Fuente de Internet	1 %
7	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1 %