

DOI: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.305>

Elaboración de Briquetas Ecológicas a partir de Residuos de Nopal Para su uso como Biocombustible

Ruben Antoni Choque Arroyo

rchoquea@unjbg.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-0606-6137>

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Perú

Xavier Paul Ticona Condori

xticonac@unjbg.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-4218-9350>

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Perú

RESUMEN

Este estudio aborda la problemática de la acumulación de residuos de nopal en la producción de cochinillas, proponiendo su reutilización para la fabricación de briquetas ecológicas como biocombustible. El objetivo fue evaluar el potencial de las briquetas de residuos de nopal para su uso como biocombustible, de manera que cumpla con los requisitos internacionales de poder calorífico. Se elaboraron briquetas con diferentes porcentajes de composición y se evaluaron tres parámetros: tiempo de ignición, tiempo de combustión, porcentaje de cenizas y poder calorífico, siguiendo los valores de la Norma Técnica Colombiana NTC 2060. Los resultados mostraron que el tiempo de ignición de las briquetas estuvo entre 19 y 21 minutos, sugiriendo que se debe optimizar el proceso de producción. El mejor tiempo de combustión se alcanzó con el grupo uno con 50 % de residuos de nopal, 35 % de papel reciclado y 15 % de aglutinante de almidón, alcanzando un tiempo de combustión de 50,3 minutos. Este grupo cumplió con los valores normativos de cenizas (mínimo 23.2 %) y poder calorífico (máximo 14,008 kJ/kg), lo que demuestra el potencial de estas briquetas como biocombustible doméstico, contribuyendo a la reducción de residuos y promoviendo una alternativa energética más sostenible y ecológica.

Palabras clave: *biocombustible, briquetas, nopal, NTC 2060, poder calorífico*

Preparation of Ecological Briquettes from Nopal Waste for use as Biofuel

ABSTRACT

This study addresses the problem of the accumulation of cactus waste in the production of scale insects, proposing its reuse for the manufacture of ecological briquettes as biofuel. The objective was to evaluate the potential of cactus waste briquettes for use as biofuel, so that it meets international calorific value requirements. Briquettes were made with different percentages of composition and three parameters were evaluated: ignition time, combustion time, percentage of ashes and calorific value, following the values of the Colombian Technical Standard NTC 2060. The results showed that the ignition time of the briquettes was between 19 and 21 minutes, suggesting that the production process should be optimized. The best combustion time was achieved with group one with 50% cactus waste, 35% recycled paper and 15% starch binder, reaching a combustion time of 50.3 minutes. This group met the regulatory values of ash (minimum 23.2%) and calorific value (maximum 14,008 kJ/kg), which demonstrates the potential of these briquettes as domestic biofuel, contributing to the reduction of waste and promoting an energy alternative. more sustainable and ecological.

Keywords: biofuel, briquettes, prickly pear, NTC 2060, calorific power

INTRODUCCIÓN

Este artículo analiza los residuos generados durante la actividad agrícola del cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica*) para producir cochinilla. El nopal es una planta de gran relevancia en el Perú, el principal productor mundial de cochinilla (Salas, 2020). La producción de este insecto se concentra en regiones como Apurímac, Huancavelica y Arequipa. La cochinilla es ampliamente utilizada en las industrias cosmética y alimentaria como fuente de colorantes naturales. Su valor radica en su contenido de ácido carmínico, que en el caso peruano alcanza entre el 18 % y el 20 % (Salas, 2020). Sin embargo, el proceso productivo genera grandes cantidades de residuos provenientes del nopal, especialmente pencas desechadas durante la siembra y la cosecha. Estos residuos, por lo general, no se aprovechan y son eliminados de forma inadecuada. Como consecuencia, se generan problemas ambientales, entre ellos la contaminación del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero debido a la descomposición no controlada..

La investigación aborda la falta de un aprovechamiento sostenible de los residuos de nopal generados en la producción de cochinilla. Estos desechos, comúnmente eliminados de forma ineficiente, ocasionan problemas ambientales por su acumulación. Además, su descomposición libera gases contaminantes y desaprovecha un recurso que podría tener un uso energético significativo.

El vacío de conocimiento radica en la escasa investigación sobre el uso de residuos de nopal como materia prima para fabricar biocombustibles sólidos, específicamente briquetas. Aunque se han estudiado los residuos agrícolas en general, hay poca evidencia científica sobre las propiedades energéticas de briquetas hechas con nopal. Esto es especialmente relevante en las regiones de Perú donde el nopal se cultiva para la producción de cochinilla.

Este estudio tiene como objetivo abordar el vacío existente evaluando las propiedades de briquetas elaboradas con residuos de nopal. Además, propone un modelo sostenible para fomentar su uso como biocombustible, con el propósito de reducir la contaminación y promover el desarrollo de fuentes de energía renovable.

Investigar la elaboración de briquetas a partir de residuos de nopal generados por la cosecha de cochinilla es fundamental debido a su impacto ambiental. La inadecuada disposición de estos residuos provoca su acumulación, lo que resulta en emisiones de gases de efecto invernadero. Además, afecta la calidad del suelo y favorece la proliferación de plagas. Esta situación es especialmente crítica en las zonas productoras de cochinilla, donde los desechos de nopal suelen descartarse sin ningún tratamiento o aprovechamiento posterior.

Los residuos de nopal son un recurso subutilizado con un alto potencial de valorización. Su transformación en biocombustibles sólidos, como briquetas ecológicas, no solo ayudaría a reducir los impactos ambientales, sino que también proporcionaría una fuente sostenible de energía renovable.

La producción de briquetas a partir de residuos agrícolas impulsa la economía circular al incorporar procesos de reciclaje y aprovechamiento sostenible. Esto fomenta tanto la sostenibilidad como el desarrollo de energías limpias. Además, esta investigación amplía el conocimiento sobre el uso energético de los residuos de nopal, un recurso subutilizado en comparación con otros desechos agrícolas.

Entre los términos clave de esta investigación se encuentra la biomasa, considerada una de las principales fuentes de energía renovable debido a su capacidad para transformarse en biocombustibles ecológicos. Residuos de biomasa, como la cascarilla de arroz, ya se utilizan como materia prima en la elaboración de briquetas destinadas, por ejemplo, a la cocción de alimentos (Arevalo, 2018). Los residuos agrícolas, en general, tienen un alto potencial para

sustituir a los combustibles fósiles gracias a su disponibilidad y al bajo aprovechamiento que actualmente se les da. Además, la composición química de las briquetas y los procesos de compactación son determinantes para el poder calorífico que estas pueden ofrecer como biocombustibles sólidos.

La valorización de residuos agrícolas se basa en la posibilidad de transformar los desechos generados por actividades agrícolas en productos energéticos. La biomasa presenta características con potencial de aprovechamiento en sectores como el ganadero, agrícola y, especialmente, energético (Salgado, 2020), contribuyendo a la reducción del impacto ambiental. Los residuos orgánicos, compuestos por celulosa, hemicelulosa y lignina, se consideran materia prima viable para nuevas fuentes de energía (Chávez et al., 2021). Además, convertir estos residuos en biocombustibles permite mitigar la demanda energética y promueve el desarrollo sostenible en comunidades rurales.

Investigaciones previas han evidenciado que el uso de residuos agrícolas para la producción de briquetas ofrece un adecuado poder calorífico, convirtiéndolas en una fuente de energía alternativa (Cunuruna, 2023). Por ejemplo, residuos como la poda de olivo y el orujo de aceituna alcanzaron un poder calorífico de 5,709.46 Kcal/kg (Cunuruna, 2023). Briquetas elaboradas con cáscaras de cacao, café y trigo, combinadas con un aglutinante, obtuvieron un poder calorífico de 9,912.81 Kcal/kg (Díaz y Benites, 2019). Otro estudio produjo briquetas con hueso de palta, aserrín y almidón de yuca, logrando un poder calorífico de 13,358.08 kJ/kg y bajas emisiones de CO₂ (Fanarraga & Jihuallanca, 2021). Asimismo, los residuos del proceso de extracción de aceites esenciales generaron un poder calorífico de 971.401 kJ (Olazabal & Talavera, 2022). A diferencia de estas investigaciones, el presente estudio se enfoca específicamente en los residuos de nopal, un recurso poco aprovechado en el Perú.

La investigación se desarrolla en el contexto de la industria agrícola, debido al alto volumen

de residuos de nopal generados tras la cosecha de cochinilla. Si estos desechos no se manejan adecuadamente, pueden convertirse en un foco de contaminación al acumularse en los campos y liberar gases de efecto invernadero durante su descomposición. Por ello, surge la necesidad de implementar alternativas sostenibles para la gestión de estos residuos agrícolas. Además, este estudio se alinea con estándares internacionales, como la Norma Técnica Colombiana NTC 2060, que establece los requisitos que deben cumplir las briquetas para su uso doméstico.

Esta investigación explora el potencial de los residuos de nopal, provenientes del cultivo y cosecha de cochinilla, para la producción de briquetas como biocombustible. Se analiza su poder calorífico con el objetivo de garantizar que cumpla con los estándares internacionales. Además, se evalúan parámetros como el tiempo de ignición, el tiempo de incineración y el porcentaje de cenizas. El propósito principal es determinar la viabilidad de las briquetas de residuos de nopal como una fuente de biocombustible que cumpla con los requisitos internacionales en términos de poder calorífico.

METODOLOGÍA

Enfoque de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos para evaluar el rendimiento de diversos parámetros de las briquetas de nopal como biocombustible ecológico (Acosta & Rojas, 2022). El objetivo es obtener resultados cuantificables que permitan verificar su cumplimiento con los requisitos necesarios para su uso como biocombustible.

Tipo de investigación

Este estudio es de tipo aplicado y aborda la problemática de los residuos de nopal generados en las plantaciones destinadas a la infestación de cochinillas. Se plantea como alternativa su aprovechamiento para la fabricación de briquetas.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental, ya que implica la manipulación de variables para observar los efectos entre la variable independiente y la dependiente (Huamán et al., 2022).

En este estudio, se evaluará el desempeño de las briquetas de nopal elaboradas con diferentes proporciones de componentes (Tabla 1). Los parámetros a medir incluyen el tiempo de ignición, el tiempo de incineración, el porcentaje de cenizas y el poder calorífico. Estas mediciones permitirán determinar la eficacia de las briquetas de nopal como biocombustible ecológico.

Población

La población en este estudio comprende un conjunto de 9 briquetas de Nopal elaboradas para el uso como fuente energética, en los cuales se utilizó residuos de Nopal, papel reciclado y aglutinante, figura 1. La distribución de las briquetas se detalla a continuación:

grupo 1: Consta de 3 briquetas en proporción 50 % Nopal, 35 % papel reciclado y 15 % aglutinante de almidón

grupo 2: Consta de 3 briquetas en proporción 60 % Nopal, 25 % papel reciclado y 15 % aglutinante de almidón

grupo 3: Consta de 3 briquetas en proporción 70 % Nopal, 15 % papel reciclado y 15 % aglutinante de almidón

Muestra

Técnica de recolección de datos

Para la recolección de datos, se realizaron experimentos en donde se evaluaron cuatro propiedades de las briquetas: tiempo de ignición, tiempo de incineración, porcentaje de cenizas y poder calorífico. Estas pruebas nos ayudaron a obtener datos objetivos sobre el desempeño de las briquetas como biocombustible, según el porcentaje de Nopal.

Instrumentos de recolección de datos

Se emplearon instrumentos como el cronómetro, encendedor, para hallar el tiempo de ignición de las briquetas, para el tiempo de incineración se hizo uso de un cronómetro registrando el tiempo total hasta que deje de arder completamente, para el porcentaje de cenizas se utilizó una balanza, recipiente y mechero en donde para hallar el porcentaje de cenizas se procedió a pesar la briqueta antes del encendido y luego de su combustión también, luego se obtuvo el porcentaje de cenizas de las briquetas. Finalmente, para hallar el poder calorífico de las briquetas utilizó una olla con 1000 ml de agua, una cocina a leña y un termómetro, iniciando colocando las briquetas como reemplazo de la leña en la cocina a leña, luego se pone agua en un recipiente en la pequeña cocina, se enciende las briquetas, se registra la temperatura del agua y el tiempo de combustión, con los datos obtenidos se calcula el poder calorífico con la siguiente fórmula:

$$Q = m \cdot c(T_f - T_i) \quad (1)$$

en donde:

Q = Energía liberada (calor, calorías o joules)

m = Masa de la sustancia (kg)

c = Calor específico del agua (1 cal/g°C o 4186 J/kg°C)

T_f = Temperatura final

T_i = Temperatura inicial

Consideraciones éticas

Este estudio se llevó a cabo bajo un marco de responsabilidad ambiental, con el compromiso de fomentar el uso de residuos agrícolas como biocombustibles sólidos de manera sostenible. Las briquetas de nopal responden a la necesidad de reducir y usar los residuos en la cosecha de cochinilla, evitando así de esta manera que se acumulen y puedan convertirse en un problema de contaminación ambiental. También busca llenar la necesidad de tener fuentes de energía limpia y que sean accesibles en los hogares rurales, en donde los combustibles convencionales suelen tener costos elevados. Al promover el uso de briquetas en lugar de leña, se contribuye a la conservación de los bosques y a la mitigación del cambio climático.

Criterios de inclusión y exclusión

Para seleccionar adecuadamente los residuos se utilizó criterios de inclusión como, que los residuos deben de estar bien secos (bajo contenido de humedad) el nopal totalmente deshidratado, fácil recolección y disponibilidad (residuos que se encuentren en abundancia).

Los criterios de exclusión fueron, tener alta humedad, residuos con contaminantes, tener cochinilla en las pencas.

Limitaciones

- **Escala del estudio:** Se trabajó con un número reducido de briquetas, lo que limita la representatividad.
- **Métodos de evaluación:** La medición del poder calorífico y otros parámetros se realizó con métodos básicos, lo que puede afectar la precisión de los datos.
- **Ausencia de análisis ambiental:** No se evaluaron emisiones contaminantes durante la combustión.

Propuestas de mejora para estudios futuros

- Escalar el estudio a mayores volúmenes para reflejar condiciones industriales.
- Incorporar herramientas más precisas como calorímetros para la evaluación energética.
- Analizar emisiones de gases para validar la sostenibilidad ambiental del biocombustible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos los porcentajes de composición de briquetas

Para establecer una mezcla adecuada en la Tabla 1 se estableció los porcentajes usados con un total de tres grupos realizado por triplicado, de esa manera asegurar la calidad y desempeño como biocombustible sólido. La Norma técnica colombiana NTC 2060 proporciona los requisitos que deben cumplir las briquetas de combustibles para uso doméstico.

Tabla 1 Dosificación de briquetas de Nopal

Grupos	Cantidad de briquetas elaboradas	Materiales	Porcentaje (%)
1	3	Residuos de Nopal	50
		Papel reciclado	35
		Aglutinante	15
2	3	Residuos de Nopal	60
		Papel reciclado	25
		Aglutinante	15
3	3	Residuos de Nopal	70
		Papel reciclado	15
		Aglutinante	15

La Tabla 1 presenta el porcentaje de materia prima utilizada para la fabricación de briquetas ecológicas, donde varía el porcentaje Nopal y papel reciclado utilizado en las briquetas. La investigación analiza tres grupos con diferentes porcentajes de materiales utilizados, siendo el aglutinante de almidón el único material que mantiene el mismo porcentaje, con estos porcentajes se cuantifica el material que se utilizará en la elaboración de briquetas.

El cambio de porcentajes en los residuos de Nopal y el papel reciclado permite investigar el efecto en el tiempo de ignición y combustión de las briquetas, ya que proporciones diferentes pueden alterar el tiempo necesario para encender la briqueta y cuanto tiempo arde, así mismo cambiar la relación de materias determina el valor del poder calorífico, ya que el papel por su composición celulósica puede complementar el nopal y así mejorar la eficiencia energética, como también en el porcentaje de cenizas.

Tabla 2 Tiempo de ignición de briquetas

Grupos	repetición 1	repetición 2	repetición 3	Promedio
1	19	20	19.5	19,5
2	22	21	20	21
3	24	25	26	25

La Tabla 2 presenta los resultados del tiempo de ignición de las briquetas, este importante porque permite evaluar la facilidad con la que cada briqueta puede iniciar su combustión al ser expuesta a una fuente de encendido. La briqueta cuantifica el tiempo de encendido de la briqueta, hasta que ya se haya consumido por completo, analizando los tiempos en el que proporcionó fuego constante (Olazabal & Talavera, 2022).

Tabla 3 Tiempo de combustión de briquetas

Grupos	Tiempo (min)
1	50,3
2	45
3	41

La Tabla 3 se presentan los resultados del tiempo de combustión. Este parámetro mide la duración total de la combustión de cada briqueta, siendo este un indicador clave en su capacidad para proporcionar energía de manera sostenida. Los valores obtenidos pueden reflejar las diferencias en las propiedades de las briquetas debidas a las diferentes proporciones de materias primas utilizadas, como también propiedades como la densidad, compactación de las mismas.

Tabla 4 de porcentaje de cenizas de briquetas

Grupos	repetición 1	repetición 2	repetición 3	Promedio
1	23	24	22,5	23,2
2	24	25	24,5	24,5
3	27	26	26,5	26,5

La Tabla 4 presenta los resultados del contenido de cenizas, luego del proceso de incineración de las briquetas, se recogió las cenizas y se pesó en una balanza, posteriormente se utilizó la metodología mencionada anteriormente para calcular el porcentaje de cenizas. En cada grupo se evaluó la cantidad de cenizas presentes por briquetas, teniendo un promedio en el grupo 1 de 23,2 %, grupo 2 de 24,5 % y el grupo 3 con 26,5 % de cenizas.

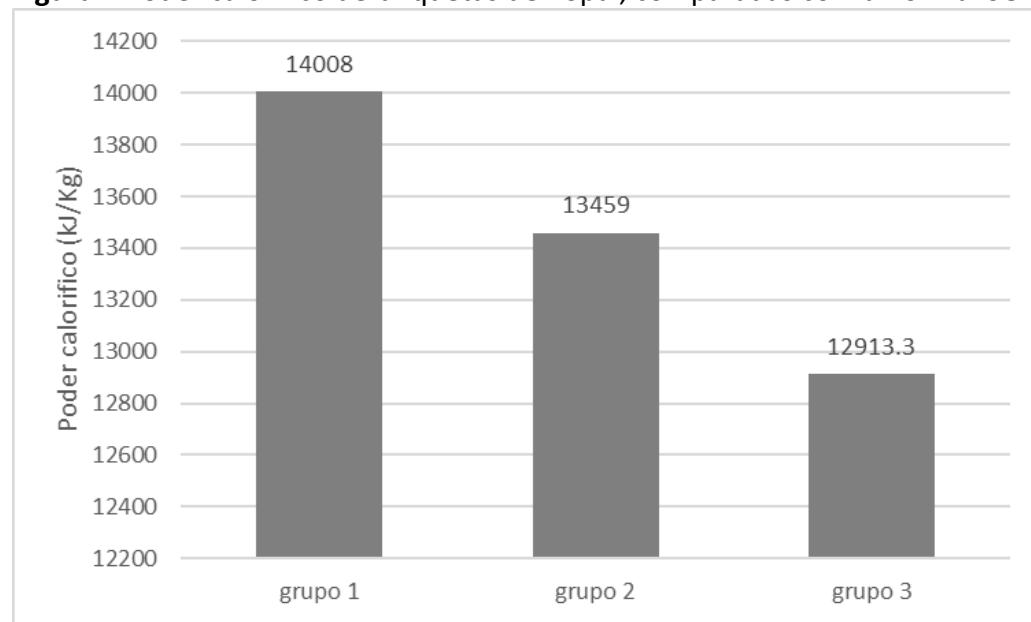
Los resultados de porcentaje de cenizas si cumplen con los requisitos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2060 de Tipo dos de briquetas para uso doméstico el cual tiene un límite máximo de 30 % de cenizas.

Poder calorífico de briquetas

En el gráfico 1 se detallan los resultados que arrojaron el promedio de poder calorífico de los los grupos; en donde se obtuvo como resultado que el mayor poder calorífico es el del grupo 1, el cual tiene una combinación de 50 % de residuos de nopal, 35 % de papel reciclado y 15 % de aglutinante de almidón obteniendo un poder calorífico de 14008 kj/kg, seguido del grupo dos, que tuvo una combinación de 65 % nopal, 25 % de papel reciclado y 15 % de aglutinante obteniendo un poder calorífico de 13459 kj/kg, por último el grupo 3 obtuvo un poder que tuvo una combinación de 70 % nopal, 15 % papel reciclado y 15 % de aglutinante obtuvo un poder calorífico de 12913,3 kj/kg.

Según la Norma técnica Colombiana NTC 2026, estos resultados están por encima del mínimo establecido de poder calorífico para briquetas combustibles para uso doméstico del Tipo 2 que es de 12500 kj/kg, esto confirma su viabilidad como fuente de energía renovable.

Figura 1 Poder calorífico de briquetas de nopal, comparadas con la norma ISO 17225-7



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que es factible el uso de residuos de Nopal para la elaboración de briquetas ecológicas, estas demostraron tener características que las hace una alternativa sostenible para reemplazar los combustibles fósiles. El tiempo de ignición osciló entre 19 y 25 minutos, demostrando que requieren un periodo considerable para iniciar el proceso de combustión, lo cual sugiere que puede deberse a la densidad y compactación, para reducir el tiempo de ignición se debe de optimizar los procesos de producción. El mejor tiempo de combustión la obtuvo el grupo 1 con un tiempo promedio de 50,3 min, seguido del grupo 2 con 45 minutos y el grupo 3 con 41 minutos, esto sugiere que el contenido de Nopal y al aporte del papel reciclado en las briquetas que facilita una combustión controlada. El porcentaje de cenizas de las briquetas de los grupos estuvieron por debajo de la Norma Técnica Colombiana NTC 2060, el grupo 1 obtuvo el menor porcentaje de cenizas con una composición de 50 % residuos de Nopal, 35 % de papel reciclado y 15 % de almidón y un porcentaje de cenizas de 23,2 %, demostrando que a menor porcentaje de nopal, el porcentaje de cenizas es menor. El poder calorífico de las briquetas elaboradas con residuos de nopal cumple con los límites de poder calorífico de la Norma Técnica Colombiana NTC 2026, indica el potencial que tiene como combustible para uso doméstico del Tipo 2 según la NTC 2060, el grupo quien tuvo el mayor poder calorífico fue el grupo 1 con 14008 kj/kg, esto indica su potencial como energía sostenible.

Este trabajo aporta evidencia sobre las características de las briquetas elaboradas con residuos de nopal y su viabilidad como biocombustible, ya que cumple con el porcentaje de cenizas adecuado para briquetas de Tipo 2 menor 30 % de cenizas y poder calorífico mayor a 12500 kj/kg según la NTC 2060 lo cual lo hace una briqueta ideal para uso doméstico,

promoviendo una alternativa más ecológica y eficiente, solucionando la contaminación generada por este residuo y contribuyendo al desarrollo sostenible.

El empleo de briquetas elaboradas a partir de nopal representa una opción viable para su uso en entornos domésticos, especialmente en la cocción de alimentos y la generación de calor en comunidades rurales donde los recursos convencionales son limitados. Asimismo, estas briquetas podrían ser una solución eficiente en el ámbito industrial, en procesos que demanden altas temperaturas, como el funcionamiento de hornos industriales y calderas. Investigaciones futuras podrían enfocarse en evaluar su viabilidad económica, considerando aspectos como la logística de recolección, transporte y comercialización a gran escala, además de realizar estudios sobre el análisis del ciclo de vida completo de las briquetas para medir su impacto ambiental desde la recolección de los residuos hasta su combustión final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, J., & Rojas, R. (2022). *Fabricación de briquetas en base cáscara de arroz como combustibles de calderas industriales*.

<https://www.uticvirtual.edu.py/revista.recide/index.php/revistas/article/view/8/43>

Arevalo, J. (2018). *Diseño de un sistema integrado para la producción de briquetas de biomasa a partir del aprovechamiento de la cascarrilla de arroz en el distrito de San Hilarión, San Martín*.

chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623483/AR%C3%89VALO_hj.pdf;jsessionid=FC24004E7497D8C94C10A6C4842DF9C4?sequence=5

Chavez, C., Lopez, F., Palate, X., & Jacome, C. (2021, August 5). *Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos*. indtec. Retrieved November 19, 2024, from https://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/693

Cunuruna, M. (2023, octubre 18). *Propiedades físicas de briquetas elaboradas con residuos del olivo.*

Diaz, P., & Benites, E. (2019). *Poder calorífico de briquetas elaboradas con biomasa y aglutinantes orgánicos*. Dialnet. Retrieved November 19, 2024, from
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8122174>

Fanarraga, D., & Jihuallanca, R. (2021). *Elaboración de briquetas ecológicas a partir del hueso de la palta para reducir las emisiones de CO₂*. Retrieved 11 19, 2024, from
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80675/Fan%c3%a1rraga_LDC-Jihuallanca_SRJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huaman, H., Ramirez, M., & Surichaqui, R. (2022, February 26). *Repositorio Continental: Diseño y elaboración de briquetas ecológicas para la obtención de energía calorífica con residuos agrícolas generados en Masma Chicche, Jauja - 2021*. Repositorio Institucional Continental. Retrieved November 18, 2024, from
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10655>

ICONTEC. (n.d.). *Norma Técnica Colombiana NTC 2026*. Retrieved 11 19, 2024, from
<https://pdfcoffee.com/norma-briquetas-5-pdf-free.html>

Lopez, J., Cajina, C., Ramirez, J., Reyes, E., Olivas, N., & de los Angeles, L. (2016, May 9). *Evaluación de los parámetros físicos y químicos de las briquetas obtenidas con la maquina briquetadora construida en FAREM Estelí / Revista Científica Estelí*. Central American Journals Online. Retrieved November 19, 2024, from
<https://camjol.info/index.php/FAREM/article/view/2600>

Olazabal, K., & Talavera, A. (2022). *Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022*.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/91679/Olazabal_MK_A-Talavera_HAC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salas, D. (2020, June 20). *Cochinilla y Carmín de Cochinilla*. Proyectos Peruanos. Retrieved

November 19, 2024, from <https://proyectosperuanos.com/cochinillas/>

Salgado, G. (2020, January 29). *Valorización energética de residuos agrícolas: cáscara de*

plátano, cascarilla de arroz y bagazo de caña mediante procesos de biodigestión y

combustión. Repositorio Digital - EPN. Retrieved November 19, 2024, from

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20707>