



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz para
reducir la facturación de energía eléctrica del Molino Corazón
de Jesús, Bagua**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Izquierdo Castillo, Leecheng Jameini (orcid.org/0000-0002-6246-4957)

Moreno Musayon, Luis (orcid.org/0000-0001-6588-8969)

ASESOR:

Dr. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta tesis de grado realizada con todo el esmero, dedicación, y amor se la dedico primeramente a mi padre y a mi madre, a mis hermanos, a mi esposa e hijos, que supieron brindarme todo el apoyo moral en los momentos que más necesité y han desarrollado en mi un espíritu noble lleno de esperanzas y el dulce deseo de ser útil para la sociedad y para ser portadora de nuevos conocimientos a nuevas generaciones que se involucren en esta digna profesión como lo es la INGENIERIA MECANICA ELECTRICA.

Leecheng Jameini

La presente tesis va dedicada con mucho amor y aprecio para mis padres, mis hermano/as y mi hijo por brindarme su apoyo, comprensión y por esos ánimos en los momentos cuando ya se sentía desfallecer, por inculcar en mí, sus valores los cuales han sido un puntal muy importante en mi para llegar aquí y decir que soy un ente para servir desde lo más humilde pero siempre con ese carisma que identifica.

Luis

AGRADECIMIENTO

Por fin, los agradecimientos. La última página que se ha escrito pero la primera que verá el lector, más la felicidad y el alivio son estados de ánimo efímeros, y podrían arrojar dudas sobre la durabilidad del sentimiento de gratitud que generan.

Durante estos meses son muchas las personas que han participado en este trabajo y a quienes quiero expresar mi gratitud por la colaboración y la confianza que me han prestado de forma desinteresada. Terminarla no hubiera sido posible sin el apoyo y aliento de muchas personas que me gustaría mencionar aquí.

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. James Skinner Celada Padilla, director de esta tesis por su confianza en nosotros, sus contribuciones y su plena colaboración en el desarrollo de este trabajo. Por las numerosas y edificantes discusiones que hemos mantenido y su cuidadosa lectura de las sucesivas versiones de esta memoria.

No puedo olvidar a mis compañeros/ as y amigos/ as con los cuales he compartido ideales e incontables horas de trabajo. Gracias por los buenos y malos momentos, por aguantarme y por escucharme.

A nuestros padres por todo su apoyo y confianza que depositaron en nosotras, quienes fueron los autores para que nuestras metas lleguen a hacerse una dulce realidad en la cual no solo nuestros sueños se hallan realizados sino también los de ellos.

Izquierdo Castillo Leecheng Jameini.

Moreno Musayon Luis.

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	14
3.2. Variables y Operacionalización.....	14
3.3. Población (criterio de selección),	15
3.4. Técnica e Instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	16
3.6. Métodos de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos Éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1 Producción de Arroz en Cáscara.....	18
Tabla 2 Producción de Arroz Descarado.....	19
Tabla 3 Producción de pajilla o cascara de Arroz.....	20
Tabla 4 Producción de Polvillo de Arroz.....	21
Tabla 6 Producción de Polvillo de Arroz.....	21
Tabla 7 Hectareas Sembradas de Arroz en el Periodo 2014 – 2021	21
Tabla 8 Poder Calorífico Inferior de la Cascarilla del Arroz	22
Tabla 9 Potencial Eléctrico de la Cascarilla del Arroz.....	23
Tabla 10 Valores diversos de Humedad.....	34
Tabla 11 Determinación de Potenciales Energéticos Brutos en Rangos	37
Tabla 12 Calculo de Potenciales Energéticos Netos en Rangos Específicos ..	38
Tabla 13 Calculo de Potenciales Eléctricos Netos en Rangos Específicos	38
Tabla 14 Tabla de Ingresos de Energia al 50 %.....	41
Tabla 15 Tabla de Ingresos de Energia al 75 %.....	42
Tabla 16 Tabla de Ingresos de Energia al 100 %.....	42

Índice de figuras

Figura 1 Producción de Arroz en Cascara de la Zona Nor –Oriental del Peru.	19
Figura 2 Producción de Cascarilla de Arroz s	20
Figura 3 Hectareas sembradas de arroz	22
Figura 5 Potencial Térmico de la Cascara de Arroz	23
Figura 6 Potencial Eléctrico de la Cascara de Arroz.....	24
Figura 7 Superficie exterior de la cascarilla.....	32
Figura 8 Vista interior de la cascarilla del Arroz vista a 500 aumentos	33
Figura 9 Diagrama Termodinámico de la Central Rankine	39
Figura 10 Curvas de Demanda Electrica del Molino Corazón de Jesús	43
Figura 11 Curva de Oferta Electrica del Molino Corazón de Jesús.....	44
Figura 12 Curvas de Balance Oferta – Demanda Eléctrica	45

RESUMEN

La crisis energética global, expresada por el incremento de las emisiones de gases efecto invernadero, la disminución de la disponibilidad de hidrocarburos o el llamado cenit del Petroleo, así como el incremento de los costos de estos, aunado a la necesidad de generar electricidad, en la cola de los circuitos eléctricos, para mejorar la calidad del servicio y producto eléctrico evitando las perturbaciones como los Flicker, valles o huecos en las características de frecuencia, tensión y amperaje

Por lo que la utilización de la cascara de arroz, como energética para que atravez de su quema, pueda calentarse agua hasta el estado de vapor sobrecalentado y expandirse en una turbina de vapor y accionar por giro a un generador eléctrico para la producción de energía eléctrica en el voltaje, amperaje y potencia requerida , con lo cual esta energía eléctrica alimenta a los motores eléctricos y demás cargas del molino de arroz, produciéndose un saldo que puede ser entregado y comercializado en el sistema con el sistema tarifario denominado netbilling , resultando ser un negocio eléctrico de elevada liquidez y rentabilidad , por el orden del 24 % , superior al 12 % de TIR.

Palabras clave: Cáscara de Arroz, ciclo Rankine, generación distribuida, rentabilidad

ABSTRACT

The global energy crisis, expressed by the increase in greenhouse gas emissions, the decrease in the availability of hydrocarbons or the so-called Peak Oil, as well as the increase in their costs, combined with the need to generate electricity, in the tail of electrical circuits, to improve the quality of the service and electrical product by avoiding disturbances such as Flicker, valleys or gaps in the frequency, voltage and amperage characteristics.

Therefore, the use of the rice husk as energy so that, by burning it, water can be heated to the state of superheated steam and expanded in a steam turbine and driven by rotation to an electric generator for the production of electrical energy. in the required voltage, amperage and power, with which this electrical energy feeds the electric motors and other loads of the rice mill, producing a balance that can be delivered and marketed in the system with the tariff system called netbilling, resulting in a electrical business with high liquidity and profitability, in the order of 24%, higher than the 12% IRR.

keywords: Rice Husk, Rankine cycle, distributed generation, profitability

I. INTRODUCCIÓN.

El propósito de este proyecto es del aprovechamiento de la energía de la cascarilla de arroz con el propósito de reducir la facturación de la energía eléctrica el molino corazón de Jesús, en Bagua.

En la industria de la agricultura arroceras estima que la producción mundial alcance los 502.086 millones, en toneladas al término de 2020, de las cuales China es el principal productor con 149 millones de toneladas de arroz, sucesivo de la India con 118 millones, con la diferencia que en nuestro país se posiciona en el puesto número 20 con el número de 2.277 millones de toneladas. Con un 20% de la masa al finalizar el proceso se transforma en sobrantes (cascarillas), equivalente a 100.417 millones de toneladas en todo el planeta (Recuento, 2021.)

En Camboya se ejecutó un estudio para determinar la proporción o relación cascarilla de arroz a Corriente eléctrica, es decir 1,6 a 1,8 kg de la cascarilla de arroz/1 kilovatio hora, utilizando un generador de gas de flujo descendente (Zhang, 2018).

En la región Lambayeque el Ministerio de desarrollo agrario y riego, existen 90 fábricas, dentro de las cuales destaca esta región, que posee el más importante aforo de hincado de pilotes, representa el 16% de su totalidad de 636 fábricas del país. Las fuentes de biomasa, en base a este hecho, pueden crear alternativas utilizando materias primas para obtener la energía que falta. Si bien se representa una muy buena ocasión lucrativa para generar electricidad y calor para biomasa, la producción industrial en la región aún no ha comenzado, aunque esta sería una solución al problema de los residuos orgánicos, por lo que este tema trata la solución de dos muy importantes puntos: energía y medio ambiente (Romero, 2018).

Hoy en día, la cáscara de arroz es utilizada como combustible para los gigantes hornos de ladrillos. Se precisa que la combustión se realiza al aire libre, contaminando a nuestro medio ambiente. Como resultado, ocasiona muchos

padecimientos respiratorios usuales como el asma y el cáncer al pulmón en las personas (2020, Alcántara).

En la actualidad, en la región Lambayeque el caso específico es. Lambayeque, el uso de biocombustibles es una tentativa propuesta y una novedosa elección de energía, que depende de gasolina fósil que se aprovecharía todos los sobrantes agrícolas. Recordando que el problema ya antes detallado, este trabajo ofrece un estudio sobre la *Oryza sativa*, producida por las empresas molineras arroceros de la provincia de Lambayeque. Esta fuente será analizada durante la gasificación para producir electricidad (Méndez, 2020).

En la región San Martín se ejecutó una evaluación técnica, de la producción de los residuos de arroz, donde se reportaron 17,43 toneladas de cascarilla de arroz en el año 2015 con un potencial energético de biomasa del orden de 58,43 MWh (2021, Aguilar).

Surge entonces la pregunta: ¿Aprovechar energéticamente la cascarilla de arroz determina la reducción de la facturación eléctrica en el molino corazón de Jesús en Bagua?

Este estudio es técnicamente plausible, ya que se representa como una opción a las industrias que utilizan residuos de cascarilla de arroz para generar electricidad mediante la adquisición de biocombustibles con fines energéticos. De lo contrario, este trabajo que estamos realizando servirá como una guía para venideras investigaciones conectadas con este tema.

Desde un punto de vista ahorrativo, esto será muy rentable para las empresas de molinos de *Oryza sativa*, ya que, si implementara este plan de generación de energía se introdujera en su industria, el costo por kWh sería mucho más bajo de lo que es hoy. Actualmente este proyecto de investigación tiene como objetivo general estimar y seleccionar una forma de generar energía eléctrica por las gasificaciones de cascarilla de arroz en la provincia de Bagua.

El objetivo general de la investigación es: Determinar el aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz a fin de reducir la facturación energética en el molino corazón de Jesús en Bagua, para lo cual se trazaron los objetivos específicos que fueron: Cuantificar estadísticamente la producción de cascarilla de arroz; Caracterizar energéticamente la cascarilla de arroz; Determinar el aprovechamiento energético en los procesos de pilado del molino; Hacer una evaluación económica de la propuesta.

Se formulo la siguiente hipótesis: El aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz determina la reducción de facturación de energía eléctrica en el molino corazón de Jesús en Bagua.

II. MARCO TEÓRICO.

Este capítulo cubre investigaciones relacionadas con el tema principal del proyecto, desde artículos hasta disertaciones. Además, se analizaron conceptos necesarios para comprender el tema. Los estudios relacionados se enumeran a continuación:

(Montiel-Bojórquez y Pérez, 2019) Realizaron investigaciones relacionadas. Producción de la energía con el aprovechamiento del residuo sólido, municipales empleados muchas metodologías termodinámicas con el fin mejorar la operación de la Combustión fósil. RSU Colombia (Medellín), con una producción de 1.800 toneladas por día, presentó un estudio basado en un modelo de ecuación termoquímica de gasificación que analiza los efectos de la humedad y las tasas de gasificación aire-combustible. Usando cálculos termodinámicos, encontraron que la relación aire-combustible evaporativo está entre 1,5 y 3,3 independientemente del porcentaje de humedad en los RSU, y calcularon la capacidad de RSU en la ciudad de Medellín para producir una masa de 28 a 3,3. 44MW. Pudieron determinar que la suma de la capacidad de humedad de los residuos sólidos urbanos (RSU) afecta negativamente los procesos termoquímicos.

Chong, expuso su investigación en Ecuador (Guayaquil), donde trató de analizar la generación de electricidad utilizando gasificadores de biomasa, donde el método utilizado en aporte del estudio fue de análisis descriptivo y documental; Para efectuar el análisis se utiliza el gasificador GET, abreviado en inglés Gasifier Experimenters Kit5, incluyendo los subsistemas o etapas: Totti, bunker, quemador, filtro de aire; método de flujo descendente (capa dirigida hacia abajo) dentro del reactor. (2018, Chong)

Asimismo; (Osorio, 2019), donde realizó un análisis en una planta en Villavicencio, Colombia; donde él estaba buscando, para hacer un estudio de factibilidad sobre la gasificación. Utilizando la tarjeta de registro como método de recopilación de datos, describió que la cáscara tenía un contenido de higrometría

del 10 % y se decretó que la potencia energética del residuo de arroz, probado era de 9404,69 MJ/H. Por lo tanto, se escogió el gasificador de lecho fluidizado de burbujas, porque es un dispositivo de bajo volumen, barato de fabricar y adecuado para pequeños volúmenes. Finalmente, la planta decidió producir 858,3 kg/h de cascarilla de arroz capaz de abastecer un sistema de gasificación con una capacidad de 0,7 MW, diseñando un sistema con una capacidad instalada de 1 MW. Además (Arteaga, 2020), desarrolló su estudio en el laboratorio de biomasa. (Instituto de Geología y Energía de Quito en Ecuador); se intentó analizar la composición de cascarilla de arroz que había muestreado en varios molinos por el método del cuartil, en el que la población era cascarilla de arroz. El análisis elemental proximal arroja un alto poder calorífico de 13,73 MJ/kg, que es una excelente biomasa.

Según (Meneses, 2018), En los estudios realizados por International para obtener bioetanol, tuvieron que realizar pruebas analíticas para este análisis experimental, desarrollando las características de los desechos de arroz de acuerdo con los estándares TAPPI (conexión técnica de las industrias de celulosa y papel), parámetros en este análisis fisicoquímico, o si es contenido de humedad, el contenido de cenizas era el contenido de cenizas, extracción, % celulosa, % lignina. Dando como fruto valioso, los autores determinan cuantitativamente el arroz Cascarilla para 2015 en Nicaragua, por un monto de 1040 millones de toneladas. Las propiedades de la cascarilla de arroz obtenida son 6,59% contenido de humedad, 18,52% contenido de cenizas, 0,5% extracto total, 36,03% celulosa, 45,48% hemicelulosa y 18,49% lignina.

Criollo y Pinzón 2018, Eligieron el sistema ORC debido a la presencia de cargas y fluidos activos. También se definen valores de referencia para presión, temperatura y potencia. En base a estos criterios, el mercado internacional solicitó información sobre equipos ORC para determinar la capacidad y cantidad de equipos ORC que se podrían instalar en el Ecuador. Por lo tanto, se pueden utilizar 15.125 [MW]. Por lo tanto, este estudio sugiere que varias plantas piloto están colaborando para incorporar sus productos residuales en un sistema ORC de propiedad conjunta.

En vista de Vargas y Pérez (2018b), en su estudio titulado “Uso de residuos agroindustriales para mejorar la calidad ambiental”, se señaló que los residuos agroindustriales tienen un potencial de aprovechamiento muy grande por sus características. diversa composición química. componentes de desecho de alto valor agregado para mejorar la calidad de la industria azucarera, molienda de arroz, procesamiento de café, maíz, contribuyendo a prevenir y eliminar posibles impactos negativos.

(Medina Quiroz y Pérez Calderón, 2019) En Jaén, Perú, desarrollaron un sistema para generar energía, biogás (metano) donde los residuos sólidos urbanos. Para evitar una mayor contaminación ambiental por los RSU y demostrar su enorme potencial energético, desarrollaron un sistema de ingeniería para generar electricidad a partir del gas metano conteniendo el RSU. Para ello, realizaron una previsión de la suma de biogás que se alcanzara.

En 2019 en Jaén (Cajamarca) Los residuos sólidos municipales, y por medio de análisis matemático utilizando el ejemplo School Canyon, determinaron la cantidad de metano en este periodo del tiempo estimado. Son 7812912 metros cúbicos por año. Usando el ciclo termodinámico de Joule-Bryton, pudieron estimar la potencia generada en 4,3 MW, lo que permitió la selección de equipos eléctricos. A partir de un transformador de 10 MVA con 3 devanados (13,8/22, 9/380 kV).

El período de tiempo realizar el proyecto puede velar hasta 4.300 casas, el período de amortización es de 3 años y 4 meses.

(Herrera García &, Castañeda Silva, 2019) A partir del biogás se realizó un proyecto de un método, para generar electricidad a partir de biogás a partir de excremento del animal de ganado, para la hacienda en la ciudad de Jaén en el local Potrero (Bellavista – Perú). Verificando el alto potencial de energía que producía el estiércol vacuno y la capacidad previamente ya instalada de la granja de 10,04 kW, se diseñó un biorreactor tubulado con una capacidad de metano de hasta 3,35 m³/h y se optó por un filtro de eliminación de biogás y sulfuro de

hidrógeno, inoxidable. Diybiogas acero ES -50L. Los cálculos realizados muestran que la capacidad eléctrica de la planta de biogás es de 10 kW y el caudal volumétrico es de 3,3 m³/h. Analizando económicamente se muestra una etapa de recuperación de alrededor de 6 años y una inversión de 33.030 soles.

Ríos, en 2018, determino que la construcción de la planta es muy probablemente y técnica factible, ya que la biomasa de cascarilla de arroz disponible es de 5.400 toneladas/año, lo que da una energía de diseño de 4.419 MWh/año. Esta capacidad es generada por esta turbina es de 1,33 MW, requiriendo 1676,80 toneladas de cascarilla de arroz/año. El diagrama del ciclo de vapor es un ciclo de Rankine simple, teniendo en cuenta la eficiencia del generador de turbina al 90%, la potencia de la turbina es de 1,33 MW. El proceso de tesis de graduación incluye la determinación de la capacidad instalada, la evaluación del combustible (cáscara) para calcular su valor calorífico intrínseco, para luego comenzar con el diseño de la instalación y sus elementos. En conclusión, se realizó un estudio para confirmar su factibilidad ahorrativa.

(Fernández García, 2019) Realizar investigaciones sobre la producción de energía de gasificación utilizando cáscara de arroz como combustible. Con miras a una planta en Lambayeque. Luego de coordinar con muchas empresas arroceras en la provincia de Lambayeque, resulta que la cascarilla de arroz no se utiliza con fines energéticos. Para ello se ha propuesto un sistema de gasificación laminar móvil con flujos paralelos o aguas abajo, que consume 6307,2 toneladas de biomasa al año. En base a deducciones físicas se calcula una potencia de 607 kW para toda la biomasa a un caudal másico en el gasificador de 0,28 kg/s. La investigación económica muestra VAN 113 293 y TIR 11.53%. Estos datos se utilizan como prueba de la viabilidad del proyecto.

Lucero 2019, determinó que aprovechando la cascarilla de arroz se obtendría un potencial energético que se produce la región de Lambayeque es muy favorable, debido a que durante la línea de procesamiento de la cascarilla de arroz se generan más de 10.000 toneladas mensuales, lo que permite la producción de energía. -combustible intensivo. Por ello, existen muchas posibilidades de aprovechar la energía contenida en este gas, brindando la oportunidad de

plantear un proyecto de biogás para producir electricidad, gestionar responsablemente estos residuos y reducir las emisiones de CO₂. El análisis financiero en la aplicación que utiliza los parámetros IRR y VAN ayuda a garantizar el uso sostenible de la cáscara de arroz con fines energéticos en la provincia de Lambayeque. Además, la metodología describe muy claramente los métodos de investigación utilizados.

En 2018, Rojas planteó un escenario de producción que, mediante el procesamiento de la cascarilla de arroz, puede reducir los costos de energía para las empresas que utilizan biorreactores en forma de cúpula como una posibilidad real de producir energía limpia y sostenible, proteger el medio ambiente y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Función. Además, también se ha acordado que en 2023 se mezclen con agua 1.105.707 kg de cascarilla de arroz en una proporción 1:5 para suministrar 323.827 kWh de energía eléctrica a la zona de producción con el objetivo de reducir 23.288 kg de metano, correspondiente a hasta 489.053 kg de dióxido de carbono.

Un sistema de gasificación laminar paralelo (aguas abajo) que utilizaría una biomasa de 6.307,2 toneladas/año, generando una capacidad de generación de 607 kW. Según el estudio propuesto, el gasificador tiene una capacidad de 0,28 kg/s al 10% de humedad y produce entre 500 y 750 kW dependiendo de la capacidad del generador. El poder calorífico (NTC) se obtuvo al 10% de humedad a un caudal de biomasa de 0,28 kg/s y el NTC fue de 12,54 MJ/kg. El gas de síntesis y las emisiones generarán 2.428 MW para producir 607 kW de electricidad. El modelo de gasificación VBG-850 (Gaz-500) es del tipo "aguas abajo" o "en línea" con un consumo de biomasa esperado de 1,02 kg/h y una temperatura de gasificación en el rango de 1050 a 1100 °C. Un 2019, Fernández.

(Ríos, 2018); En estudios realizados localmente se encontró un avance de una investigación en una fábrica (agroindustrial); en el municipio de Pikota, Tarapoto; donde se intentó el diseño una técnica de generación de energía con cascarilla de arroz. Para seleccionar datos y entender la dificultad, el autor incluyó en su investigación herramientas y métodos, una directa observación de forma directa que se puede ver el consumo de energía en las empresas; análisis de

documentos para sintetizar la información técnica de las instalaciones de generación; encuestas y entrevistas enviadas a los empleados de esta donde se consiguiera toda la información sobre el proyecto. De acuerdo a sus principales resultados de investigación se puede decir que se ha determinado que la empresa como resultado tiene una demanda energética de 1091 MW/h al año, Asimismo se determina la porción de energía térmica de 5400 toneladas de cascarilla de arroz al año, es decir, el potencial eléctrico es de 4454,29 MWh.

En cambio, en el 2019 dice Pérez N. Desarrolló este proyecto de investigación en una de las empresas procesadora en la ciudad de Jaén; Mientras se busca utilizar biomasa de las bolsitas de café, para generar energía eléctrica en una empresa procesadora, procediendo a analizar sus datos mediante un recuento descriptivo, para ver la conducta de las variables al utilizar las bolsitas de café en la generación de gas de la máquina. Las cápsulas de café en forma de biomasa tienen un potencial energético de 4.785.386.000 kJ al año, lo que corresponde a 1.329.273,8 kWh de producción de la planta.

Espinoza, Menjivar y Najjar (2018) En su investigación para tomar el nombre de un ingeniero mecánico llamado "diseño, construcción y características para el secador de café utilizando energía térmica en líquido geotérmico", el objetivo es simplemente usar el desarrollo industrial para el uso de relativo Temperaturas de humedad contenidas en líquidos geográficos que afectan la temperatura del aire, que es la correspondencia de la temperatura en él. El proyecto resultó estar menos seco que los cálculos, las capas de café eran de 20 cm. Esto se moverá durante la prueba.

Mientras; (Gómez, 2020); Explicando su investigación desarrollada en la provincia de Jaén; Siempre buscando escalar la energía térmica utilizando residuos de arroz para reducir los costos de energía en el mismo molino; Teniendo en cuenta la población fabril de la provincia de Jaén, para lograr su objetivo, se realizó una encuesta para ver el sentir de los empresarios de invertir en centrales eléctricas de biomasa. En cuanto a los primeros resultados, se puede señalar: la capacidad al límite que asegure la facturación eléctrica de las plantas es de 300 kW, para la planta de cogeneración con caldera pirotubular de

1,5 ton/h de capacidad; generador de turbina SST-040 con capacidad de 300 kW y transformador de 400 kVA. Con la ayuda del software AutoCAD, es posible desarrollar planos para las líneas principales. Para desarrollar este proyecto es necesario utilizar teorías vinculadas con las variables objeto de una instrucción como soporte científico.

La energía eléctrica es producida por diferentes centrales eléctricas, dependiendo de la fuente utilizada en este proceso. El tipo de energía pueden o no ser renovables. La energía renovable, Es decir las energías que se pueden producir de forma artificial o natural, incluye sistemas de gasoductos, eólicos, solares y biomasa. Están centrales térmicas y nucleares, Se refieren a centrales eléctricas con fuentes de energía no renovables (González, 2018).

(Medina Quiroz y Pérez Calderón, 2019) En Jaén, Perú, desarrollaron un sistema para generar energía a partir de biogás (metano) a partir de residuos sólidos municipales. Para evitar una mayor contaminación ambiental por los RSU y demostrar su enorme potencial energético, desarrollaron Se ha desarrollado un sistema que puede utilizar el metano de los residuos sólidos municipales para producir electricidad. Para ello, predijeron la cantidad de metano que la ciudad de Jena captaría de los residuos sólidos municipales en 2039 y, A través de un análisis matemático utilizando un modelo de cañón escolar, determinaron la cantidad de metano durante este período de tiempo estimado. Suman 7.812.912 metros cúbicos al año. Utilizando el ciclo termodinámico de Joule-Brighton, pudieron estimar la potencia generada en 4,3 MW, lo que les permitió seleccionar equipos eléctricos como un transformador de 10 MVA con 3 devanados (13,8/22, 9)/380 kV). El período de implementación del proyecto puede cubrir hasta 4300 hogares y el período de amortización es de 3 años y 4 meses. (Castañeda Silva y Herrera García, 2019) Finalizó el proyecto del sistema de generación eléctrica con biogás de estiércol de vaca en El Potrero Bellavista, Jaén, Perú.

Teniendo en cuenta el alto potencial energético del estiércol vacuno y la capacidad instalada de la granja de 10,04 kW, se diseñó un biorreactor tubular con una capacidad de metano de hasta 3,35 m³/h y se optó por un filtro de eliminación de biogás y sulfuro de hidrógeno, inoxidable. Acero Diybiogas ES - 50L. Los cálculos realizados muestran que la capacidad eléctrica de la planta de

biogás es de 10 kW y el caudal volumétrico es de 3,3 m³/h. El análisis económico muestra un período de recuperación de alrededor de 6 años para una inversión de 33.030 soles.

La energía renovable es la generación de un flujo continuo de energía a partir de recursos naturales que se consideran inagotables e inagotables. (Oviedo, 2018).

Perú produjo 3 millones 39 mil. toneladas de arroz, este es un aumento debido a la producción en el período 2001-2017, debido a la superficie cultivada mucho mayor en comparación con años anteriores y al aumento de la producción.

En Amazonas: La cosecha de arroz comienza alrededor de enero de 2021. Por lo tanto, la siembra del inicio de la cosecha de enero debería comenzar alrededor de septiembre antes de 2020. El 50% del área en Amazonas se desarrolla de septiembre a febrero del próximo año. Se espera que la primera fase de esta campaña produzca el 52% de la superficie cultivada de arroz de enero a junio de 2021. Amazonas, que es una región de la Amazonía, permite sembrar y cosechar todo el año; sin embargo, el tiempo de siembra en la primera mitad del año será el pico alrededor de enero a febrero y el pico de cosecha alrededor de mayo a junio.

Electricidad. Es la energía producida por el movimiento de cargas eléctricas (electrones y protones) en un material conductor. La energía eléctrica, como cualquier otra energía, no se crea ni se destruye, solo se transforma, en este caso se puede transformar en energía mecánica, energía térmica y energía lumínica.

Generación de energía eléctrica. Las centrales eléctricas producen electricidad para una alta demanda. La energía es producida por el generador eléctrico que convierte la energía mecánica a energía eléctrica. Actualmente, existen diferentes tipos de centrales eléctricas como la eólica, la solar y la térmica, etc. (EcuRed, 2020).

La electricidad producida a partir de recursos de biomasa se puede vender como "energía verde" porque no emite dióxido de carbono (CO₂) y no contribuye al efecto invernadero. Esta forma de energía puede ofrecer nuevas oportunidades al mercado, ya que su estructura de costos permitirá a los usuarios apoyar una mayor inversión en tecnologías eficientes que dinamizarán el sector de la bioenergía.

La producción de energía con cáscara de arroz implica no solo quemar y quemar la cáscara de arroz, sino que también requiere un suministro constante de materias primas (cáscara de arroz) para alimentar el sistema de producción de energía. Además, para que la cáscara de arroz ingrese al sistema de gasificación, debe existir una humedad constante, pues de acuerdo a esta característica, la capacidad calorífica de la cáscara de arroz puede cambiar significativamente. Las cáscaras de arroz son un subproducto de la industria de la molienda y se distribuyen ampliamente en las áreas de cultivo de arroz de muchos países.

Definición y significado de la gasificación: La gasificación es un proceso que tiene como objetivo la transformación de un sustrato de carbonoso de la naturaleza sólida en un gas combustible.

Este proceso termoquímico es donde el sustrato que está conformada por carbono (carbón, biomasa, plástico) se convierte en nuevo combustible llamado gas, que tiene un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno) en una serie de reacciones.

Los pasos en un gasificador típico son: (1) El combustible enviado al gasificador debe estar preparado para la homogeneizar, que importa el tamaño de las partículas de biomasa. (2) Ponga la biomasa en el gasificador, aliméntelo y, como salida, ceniza y escoria, que deben procesarse adecuadamente para obtener gas crudo. (3) Un buen Gas se tiene que eliminar la cantidad límite de residuos luego se enfría es un intercambiador de calor.

El calor generado por el proceso y la propia gasificación se utiliza para calentar

el medio de gasificación. (4) Después de enfriar el gas, se filtra para eliminar el agua, la naftalina y las cenizas adheridas. Algunos sistemas usan agua externa para limpiar el gas. (5) Se acondiciona el gas para su posterior entrega (Camargo, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación.

Tipo de la investigación: Aplicada

.

Diseño de la investigación.

Diseño No Experimental descriptiva, longitudinal

Clase de Investigación: Descriptiva

3.2. Variables y operacionalización.

Variable independiente: Aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz

Variable dependiente: Reducir la facturación de energía eléctrica.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.

Población: Conforme a lo citado consideramos en nuestra investigación a los 15 molinos de arroz ubicados en la ciudad de Bagua.

Muestra: Se utilizó un muestreo aleatorio con visión cuantitativa limitada para determinar el diseño de estudio deseado.

Teniendo determinada la población para la presente investigación, se toma como muestra los 15 molinos de la ciudad de Bagua que están en labores en el periodo enero – abril el año 2023. Según la muestra para poblaciones finitas, el cálculo se realiza mediante la expresión:

$$n = \frac{N \cdot Z\alpha^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z\alpha^2 \cdot p \cdot q}$$

Dónde:

n: tamaño de muestra

Za: nivel de confianza = 94 % (1.88)

N: total de población = 15

p: proporción esperada 10% (0.1)

q: proporción máxima que afecta a la muestra 10 % (0.1)

d: precisión 10%

Reemplazando los valores de la expresión se tiene que $n=3$ por lo tanto el tamaño de muestra es de 3 molino.

Muestreo: Probabilístico aleatorio

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de Recolección de datos

Observación. Esta técnica nos ayudara a la recopilación de datos e información literaria acerca del aprovechamiento de la cascarilla de arroz, así como la reducción de la facturación eléctrica.

Revisión Documentaria.

Esta técnica permitió determinar los parámetros de consumo energético para el uso de cascarilla de arroz como combustible principal en el ingenio Corazón de Jesús (Bagua).

3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Ficha de registro de parámetros de operación.

Este instrumento nos apoyara a preparar un listado de indicadores, así como preguntas y muchos datos, para supervisar la cantidad relaciona con el desarrollo de licitación.

Ficha de evaluación de diseño

Esta ficha sirvió para determinar las medidas de la cantidad de energía eléctrica

que se ahorra al utilizar el sistema de gasificación.

Ficha de revisión documentaria.

Mediante este instrumento se rescató de los documentos como sistemas de gasificación aplicados al sector molinero.

Validez.

La presente investigación será validada por profesionales especialistas y por un responsable designado por la empresa donde se realizó la investigación, se validaron Las herramientas de recopilación de datos sirven como aspectos metodológicos de este estudio para identificar parámetros y actividades.

Confiabilidad.

La confiabilidad la brindan los profesionales que han proporcionado el instrumento en cuestión y su opinión se considera prioritaria si se requieren cambios de acuerdo a sus requerimientos. La autenticidad de los resultados obtenidos en este estudio es rigurosa y segura.

3.5. Procedimientos

Este trabajo se llevará a cabo cuando Bagua establezca Molinera Corazón de Jesús. El autor tiene derecho a entrar. Se aprobará el proceso de molienda de la empresa. Luego, se utilizará como guía de observación una técnica de observación de 24 horas para la producción de cascarilla de arroz. A continuación, se evaluarán las propiedades de la cascarilla de arroz y sus usos. También es necesario analizar los documentos que describen estos procesos para evaluar la eficiencia de los procesos para la producción de electricidad a partir de biomasa. El indicador debe medirse en junio de 2023, cuando se fijen los datos de análisis de combustible y los costos de producción.

3.6. Método de análisis de datos

Las técnicas de recolección de datos a utilizar serán la observación directa y la

encuesta. La observación directa permitirá obtener información sobre las condiciones de estudio de cómo aprovechar la energía eléctrica mediante la gasificación, mientras que la encuesta permitirá recopilar información sobre las características de la cascarilla de arroz utilizadas y el rendimiento de las mismas. En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, se utilizarán formularios de observación y cuestionarios de encuesta que permitan obtener información relevante y precisa sobre las variables de interés.

3.7. Aspectos éticos

Para los autores mencionados, se respetará su autoría y se citarán en cada artículo sin afectar el plagio y la exposición a software antiplagio.

La recolección de datos se realizó de acuerdo con los principios éticos del autor y refleja una única realidad observada sin alterarla, lo que garantiza que el trabajo realizado sea original y útil como nueva fuente de información informativa

IV. RESULTADOS

a. Cuantificar estadísticamente la Producción de Cascarilla de Arroz.

De acuerdo a la información brindada por el Ministerio de Agricultura y Riego, por la Dirección regional de agricultura del Gobierno Regional de Amazonas, por la Agencia Agraria de la Provincia de Bagua, las estadísticas de producción de arroz en cascara de las regiones de influencia de los molinos de arroz, localizados en la Región Amazonas en el Periodo 2014 – 2021, de acuerdo a los siguientes criterios serían

- Producción de arroz en Cascara, necesario a ser secado
- Producción de pajilla o cascara de Arroz, potencial energético a ser utilizado en este trabajo de investigación
- Producción de arroz blanco o arroz descascarado a la salida de los molinos de arroz de la región y por zona de procedencia
- Producción de sub productos como el polvillo de arroz, producto del pulido y lustrado del arroz
- Producción del arroz quebrado o Ñelen como insumo de alimentos balanceados para alimentación humana indirecta (Alimentación de animales)

Tabla 1 Producción de Arroz en Cascara, derivada a Molinos de Utcubamba

Producción de Arroz en Cáscar Periodo 2014-2021 (Miles de Toneladas Métricas)								
Región / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	430	430	405	410	410	432	405	412
Jaén San Ignacio	120	130	130	120	230	250	250	255
Bagua	250	240	240	230	230	250	250	255
Piura	170	160	180	170	160	160	170	170
Chepén	60	65	60	70	55	60	65	70
Pacasmayo	70	55	65	65	70	65	70	70
Chota	40	40	40	40	35	40	40	40

Fuente: Apema – 2022, Elaboración Propia

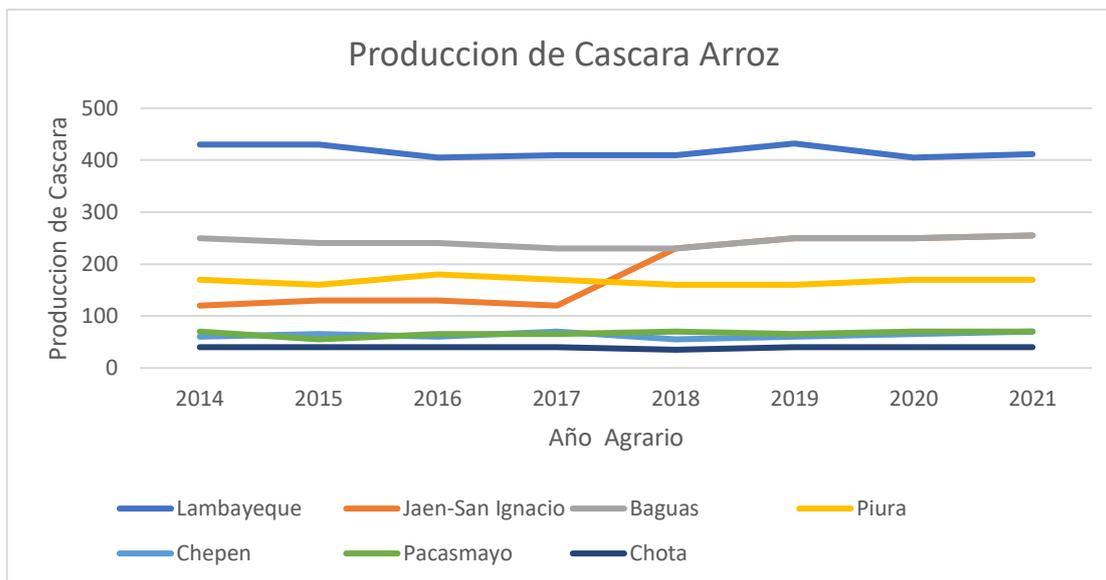


Figura 1. Producción de Arroz en Cascara de la Zona Nor –Oriental del Peru
Fuente: Minagri – Elaboración Propia

En base a esta tabla podemos derivar la producción de arroz descascarado la cual de acuerdo a región de procedencia, variedad genética, procedimiento de cultivo y cosecha y calidad de pilado, nos permite derivar un promedio del 65 – 70 % de arroz pilado, obteniendo los datos de la tabla N° 2, que adjuntamos:

Tabla 2 Producción de Arroz Descascarado , derivada a Molinos de Lambayeque
Fuente: Apema – 2022, Elaboracion Propia

Producción de Arroz descascarado Periodo 2014-2021 (Miles de Toneladas Métricas)								
Región / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	300	305	302	290	295	301	295	300
Jaén San Ignacio	85	90	90	85	160	165	165	160
Bagua	100	105	110	105	110	110	105	110
Piura	120	115	120	120	120	125	120	130
Chepén	40	42	41	50	45	40	40	45
Pacasmayo	50	40	45	45	45	40	45	45
Chota	30	30	30	30	28	28	28	27

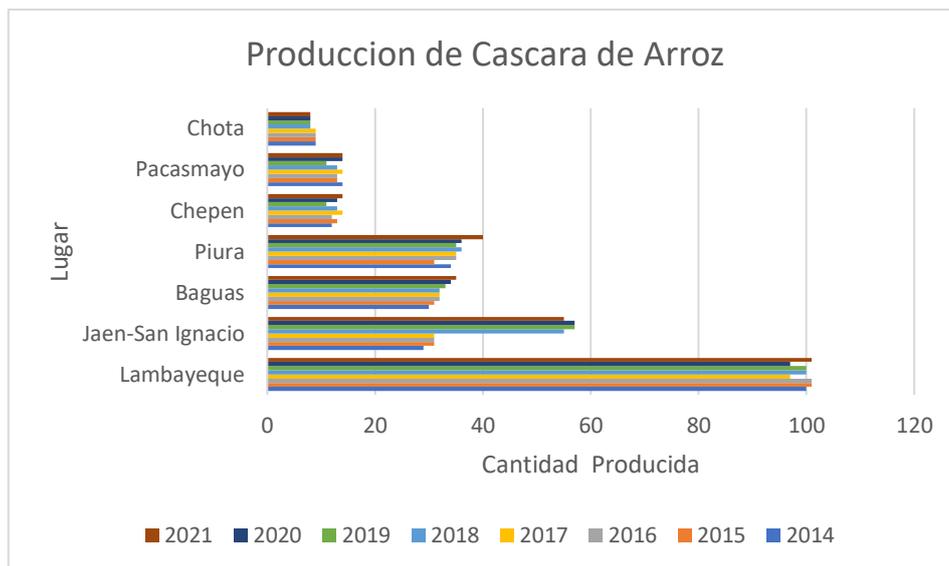


Figura 1. Producción de Cascarilla de Arroz en los últimos años en los principales centros de Producción del Norte del País

Fuente: Minagri – Elaboración Propia

Estos resultados ligados a la tecnología de descariado utilizada con amplia frecuencia y completa regularidad y los podemos presentar de manera gráfica de la siguiente manera:

Tabla 3 Producción de pajilla o cascara de Arroz, potencial energético a ser utilizado en este trabajo de investigación

Producción de Cascarilla de Arroz Periodo 2014-2021 (Miles de Toneladas Métricas)								
Región / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	100	101	101	97	100	100	97	101
Jaén San Ignacio	29	31	31	31	55	57	57	55
Bagua	30	31	32	32	32	33	34	35
Piura	34	31	35	35	36	35	36	40
Chepén	12	13	12	14	13	11	13	14
Pacasmayo	14	13	13	14	13	11	14	14
Chota	9	9	9	9	8	8	8	8

Fuente: Apema – 2022, Elaboracion Propia

En cuanto a sub productos, como el polvillo extraído en base a la cutícula del arroz marrón, producido en las etapas de pulido y lustrado y que en la actualidad es muy utilizado en la elaboración de alimentos balanceados para consumo animal o humano indirecto, tenemos los siguientes primeros datos estadísticos iniciales:

Tabla 4 Producción de Polvillo de Arroz

Producción de Polvillo de Arroz Periodo 2014-2021 (Miles de Toneladas Métricas)								
Región / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	5	5	5	5	5	5	5	5
Jaén San Ignacio	2	2	2	2	2	2	2	2
Bagua	1	1	1	1	1	1	1	1
Piura	1	1	1	1	1	1	1	1
Chepén	1	1	1	1	1	1	1	1
Pacasmayo	1	1	1	1	1	1	1	1
Chota	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Fuente: Apema – 2022, Elaboracion Propia

También presentamos información referente al arroz roto, que en la actualidad se le aplicado un uso para la alimentación de animales o el llamado alimento humano indirecto:

Tabla 5 Producción de Polvillo de Arroz

Producción de Arroz partido o ñelen Periodo 2014-2021 (Miles de Toneladas Métricas)								
Región / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	5	5	5	5	5	5	5	5
Jaén San Ignacio	2	2	2	2	2	2	2	2
Bagua	1	1	1	1	1	1	1	1
Piura	1	1	1	1	1	1	1	1
Chepén	1	1	1	1	1	1	1	1
Pacasmayo	1	1	1	1	1	1	1	1
Chota	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Fuente: Apema – 2022, Elaboracion Propia

Esta producción de cascarilla de arroz, se debe al cultivo y cosecha de arroz en los distintos valles de la región en las magnitudes y cantidades que pasamos a detallar en

Tabla 6 Hectareas Sembradas de Arroz en el Periodo 2014 – 2021 Hectareas

Hectáreas sembradas de arroz Periodo 2014-2021								
Región / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	18000	19000	18000	17000	18500	18000	17000	17000
Jaén San Ignacio	13000	11000	12000	12500	12000	13000	12500	13000
Bagua	7000	3500	7000	7000	6500	7000	7500	6500
Piura	15000	1400	14500	14500	13500	14000	14000	13500
Chepén	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Pacasmayo	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Chota	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500

Fuente: Minagri – Elaboración Propia

Lo cual se expresa para su mejor gestión de datos para la toma de decisiones de la siguiente manera:

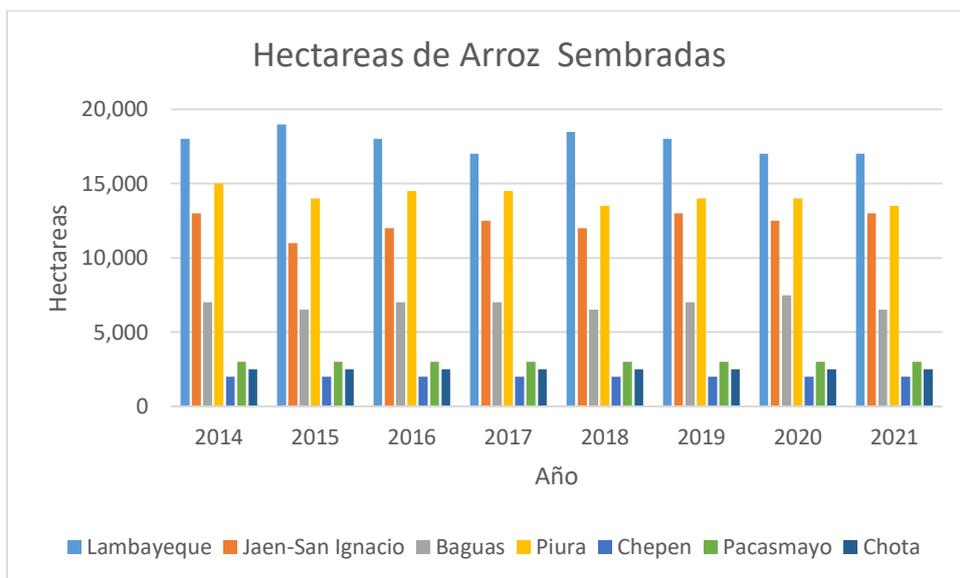


Figura 2 Hectareas sembradas de arroz en los últimos años en los principales centros de Producción del Norte del País

Fuente: Minagri – Elaboración Propia

Si consideramos que el Poder Calórico inferior de la cascarilla de arroz, es de un rango de 3,500 a 3,800 Kcal/Kg, el potencial calorífico de la producción de cascara de arroz en la zona norte del País, es:

Tabla 7 Poder Calórico Inferior de la Cascarilla del Arroz en la Zona Norte del Peru

PRODUCCION BRUTA DE CASCARA O PAJILLA DE ARROZ PERIODO 2014 - 2021 MILES DE KCal/Kg								
Región/Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	380,00	383,80	383,80	368,60	380,00	380,00	368,60	383,80
Jaén-San Ignacio	110,20	117,80	117,80	117,80	209,00	216,60	216,60	209,00
Baguas	114,00	117,80	121,60	121,60	121,60	125,40	129,20	133,00
Piura	129,20	117,80	133,00	133,00	136,80	133,00	136,80	152,00
Chepén	45,60	49,40	45,60	53,20	49,40	41,80	49,40	53,20
Pacasmayo	53,20	49,40	49,40	53,20	49,40	41,80	53,20	53,20
Chota	34,20	34,20	34,20	34,20	30,40	30,40	30,40	30,40

Fuente: MINAGRI, elaboración Propia

Y apreciado gráficamente para la mejor toma de decisiones con la data manejada y gerenciada de manera óptima:

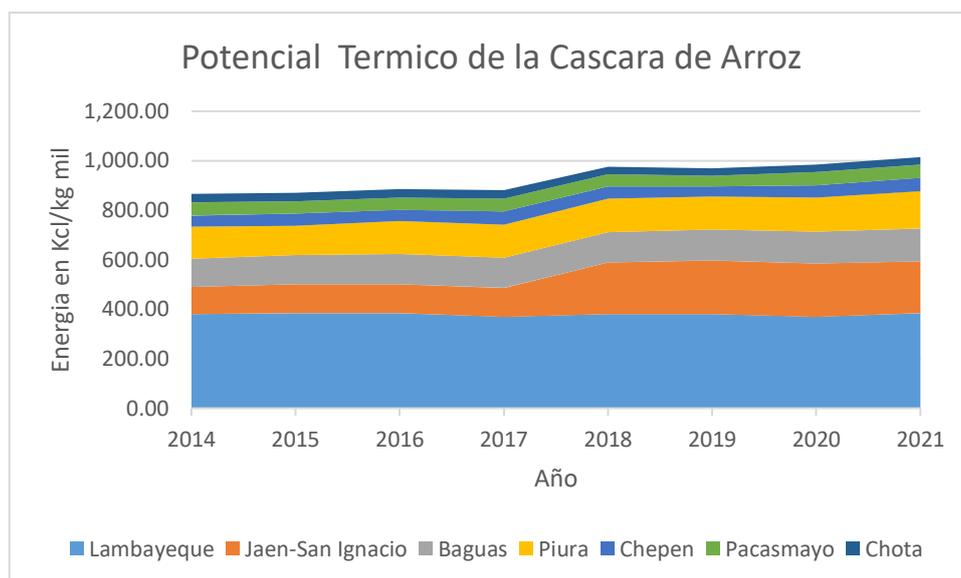


Figura 3 Potencial Térmico de la Cascara de Arroz en Miles de Kcal / kg en los principales centros de Producción del Norte del País
Fuente: Minagri – Elaboración Propia

Este potencial térmico, trabajando con una equivalencia de 1 Kwhr = 860.421 Kcal y una eficiencia conjunta de 40%, nos determina el siguiente potencial de energía eléctrica:

Tabla 8 Potencial Eléctrico de la Cascarilla del Arroz en la Zona Norte del Peru

POTENCIAL ELECTRICO DE LA CASCARA O PAJILLA DE ARROZ PERIODO 2014 - 2021 EN KWHR								
Región/Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lambayeque	671.299	678.012	678.012	651.160	671.299	671.299	651.160	678.012
Jaén-San Ignacio	194.677	208.103	208.103	208.103	369.215	382.641	382.641	369.215
Baguas	201.390	208.103	214.816	214.816	214.816	221.529	228.242	234.955
Piura	228.242	208.103	234.955	234.955	241.668	234.955	241.668	268.520
Chepén	80.556	87.269	80.556	93.982	87.269	73.843	87.269	93.982
Pacasmayo	93.982	87.269	87.269	93.982	87.269	73.843	93.982	93.982
Chota	60.417	60.417	60.417	60.417	53.704	53.704	53.704	53.704

Fuente: MINAGRI, elaboración Propia

Y expresado de manera grafica para una mejor utilización de gestión de estos importantes datos, tendremos

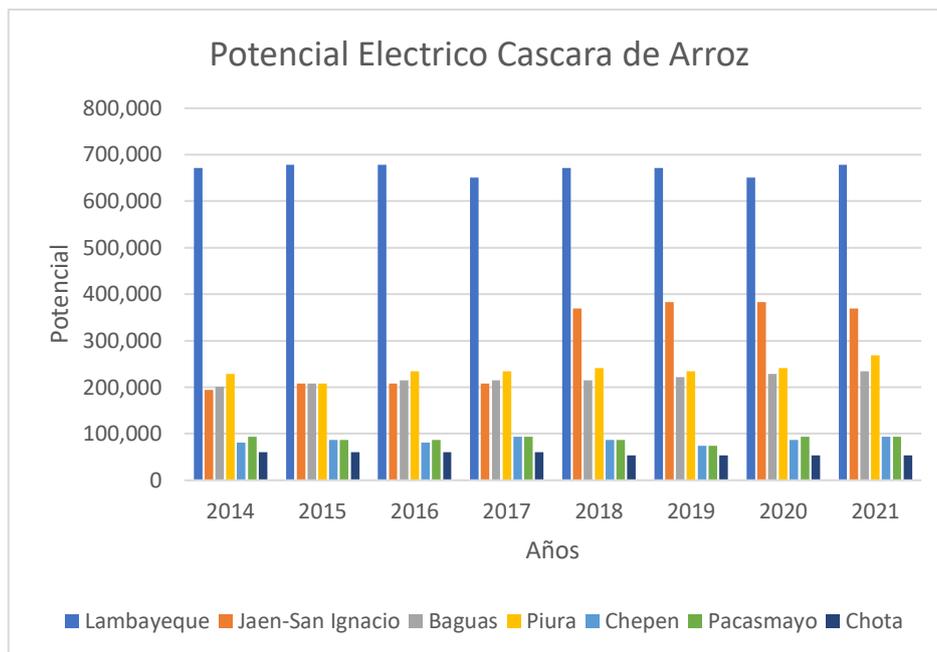


Figura 4 Potencial Eléctrico de la Cascara de Arroz en Miles de Kcal / kg en los principales centros de Producción del Norte del País

Debemos de recordar que el proceso de producción de la cascara de arroz, está inmersa dentro del Pilado del arroz, la cual tiene el siguiente desarrollo industrial: En cuanto al proceso completo y detallado del Pilado de arroz, este empieza desde el campo en sus distintas procesos

La cosecha, que en la actualidad se realiza de una manera mecanizada, con el uso de Piladoras de arroz, mecanizadas , que cortan, sacuden el grano , trillan las plantas y separan grano de plantas secas, las juntan, amontonan y empaquetan para su posterior uso y transportan, estos granos son ensacados en sacos de un promedio de capacidad de 70 kilogramos y ensacados en bolsas negras , que son los que mejor conservan el producto de arroz en cascara de las condiciones ambientales adversas, luego es transportado en camiones de baranda a los centros de pilado, en algunos casos las distancias de transporte son muy largas, por ejemplo todavía se trae arroz de la región San Martín Nueva Cajamarca, hasta la costa en Lambayeque, luego este producto es recibido en los molinos de arroz, y almacenado en grandes silos de arroz por lo general Metálicos, con sistema de ventilación forzada para evitar la aparición de hongos y por lo tanto la pérdida del producto ya sea por mermas o pérdida total, estos silos permiten compatibilizar la oferta productiva de los agricultores o comerciantes, que permite equipararla con la demanda del pública que regula los volúmenes pilados con eficiencia y calidad , ya no se almacena en huecos,

ya no se almacena al aire libre en sacos apilados, que lo único que ocasionan es bajar la calidad del producto, cuando es necesario, se comienza el proceso de limpieza en máquinas mesas pre limpiadoras , que por medio de movimientos oscilantes, logran separa las piedras grandes, y maleza del arroz seco, luego pasa por un proceso en máquinas despredadoras pequeñas, que como su nombre los indican se encargan de eliminar las piedras pequeñas, para luego quedar aptas previos movimientos en los elevadores de capachos o cangilones, hacer pasar por los rodillos de pilado, que consisten en dos rodillos de alma de acero y exterior de neopreno plástico, que giran en rotación en sentido contrario, descarando el arroz, operación que básicamente consiste en separar la cascara dura y rígida del arroz del grano marrón de su interior , es un proceso que no se realiza cien por ciento en una sola pasada , que requiere en dos o más pasadas, por lo que se da una separación y una recirculación, luego la mezcla de arroz descascarado, cascara de arroz y arroz en cascara sin aun ser descarado, es llevado mediante cangilones de subida y bajada a la mesa vibradora y gravitatoria secadora , más conocida como mesa paddy, la cual vibra , con la ayuda de ventiladores de volumen y ventiladores de presión, permite separar la cascara del arroz marrón pilado y del arroz aun no descascarado, envía a cada uno de ellos a sus respectivos áreas, al arroz descascarado para que sigan su proceso de producción o pilado, a la cascara de arroz a las respectivas tareas de utilización, materias algunas del presente trabajo de investigación, y al arroz aun no descascarado a una pasada por los cilindros descascarados , es decir una sincronía casi perfecta, es decir que el arroz descarado pasa a los molinos pulidores , que pueden ser de troncos de esmeril , en donde el arroz Marrón es frotado , para sacarle la cutícula delgada que es la protección más profunda del arroz, este producto resultado del pulido, se le conoce como polvillo y en la actualidad se le da un uso de alimento para animales o de consumo humano indirecto, igualmente el proceso de acabado o lustrado, también es muy usual para lograr un mejor brillo de grano e ir perfilando un mejor producto más demanda y por lo tanto por el que se paga mejor precio, en la actualidad de utiliza procesos más elaborados y limpios como son el pulido y lustrado por micro choros de agua a muy alta presión, agua limpia base, sin solidos ni patógenos en suspensión, para lograr mejor efectos de limpieza , pero tiene el inconveniente que estas máquinas, tienen mucha baja confiabilidad por ser maquinas frágiles

con muchos componentes y por lo tanto con bajos indicadores de frecuencia de falla o MTDF y bajos MTTR o duración de la falla , estas máquinas consumen considerable energía pues sus motores son los de mayor capacidad en todo la línea de producción de pilado , por el orden de los 30 KW cada uno, previa comparación, para ver si son plenamente dimensionados o son sobre dimensionados , con las considerables pérdidas detectadas en las correspondientes auditorías ambientales a realizarse con mucho esmero detalle Luego se sigue con los correspondientes procesos de clasificación que son en términos anteriores los llamados cilindros trieu, o agujeros con tamaños entero, partido o roto, que permite ir clasificando estas variedades de arroz, con los correspondientes distintos precios, unitarios con los que se comercializan, pero las exigencias del mercado exigen e imponen a los productores arroceros de nuevos procedimientos, entre los cuales tenemos la clasificación cromático, que nos permite retirar por corrientes de aire arroces manchados y sucios, que permiten el embolsado transparente del arroz, por su impecable presentación, y por los que se puede cobrar mejores precios con la ventaja económica y financiera que esto significa en total y completo concepto , eta clasificaron se realiza en máquinas policromaticas, de alto costo de adquisicion inicial y alto costo de operación mensual, en la actualidad se añade un nuevo proceso impuesto por la demanda, que es el proceso de añejado, o envejecimiento prematuro, que permite de acuerdo a los resultados experimentales mejor cocción o rendimiento en olla, característica muy apreciada por el público consumidor, en forma uniforme y necesaria por el exigente mercado de compradores en que se impone el balance oferta y demanda de arroz pilado

Proceso que es descrito en el diagrama adjunto:

4.2. CARACTERIZAR ENERGÉTICAMENTE LA CASCARILLA DE ARROZ

Se procedió a la determinación del poder calorífico inferior de la Cascarilla del Arroz, para lo cual se describe a continuación los equipos, instrumentos, con los cuales se calculara los poderes caloríficos de los residuos de cascarilla muestreados, con los siguientes equipos y procedimientos: Bomba calorimétrica de volumen constante; De acuerdo a definiciones para el experimento esta consta de inoxidable cilindro, integrado a un balde isotérmico y una bomba calorimétrica de volumen constante es un dispositivo utilizado para medir el cambio de entalpía de una reacción química o de un proceso físico a volumen constante. Se utiliza para determinar la cantidad de calor liberado o absorbido durante una reacción química o durante el cambio de fase de una sustancia. La principal característica de una bomba calorimétrica de volumen constante es que el volumen del sistema se mantiene constante durante el proceso, lo que permite medir con precisión el cambio de entalpía, donde el principal principio básico de funcionamiento de una bomba calorimétrica de volumen constante implica medir el cambio de temperatura que ocurre en el sistema mientras se realiza la reacción. La cantidad de calor liberado o absorbido se calcula utilizando la ley de conservación de la energía, también conocida como la ley de la conservación de la energía interna.

En cuanto al armado se indica que se realiza básicamente por fases, y de acuerdo al siguiente orden

Preparación inicial del balde compacto, en cuanto se utiliza un balde de al menos dos litros de volumen y se verifica que la temperatura inicial sea de 25°C, de acuerdo con la norma ASTM D240 - 09.

En cuanto a las condiciones ambientales existentes, debemos de indicar que en el contexto de la ciudad de Bagua, se menciona que no se requiere un calentamiento previo debido a que la temperatura promedio anual es de 25°C, lo que sugiere que se cumple con las condiciones de la norma sin necesidad de ajustes adicionales.

Para el experimento es esencial la preparación de los pellets, en donde se comprime al máximo el material de RSU en pellets utilizando máquinas especialmente diseñadas por la universidad. Se calcula el poder calorífico de estos pellets, lo que implica la cantidad de calor liberado por la combustión completa de una cantidad específica de material.

Como parte principal del experimento debemos de tener en cuenta el alambre térmico y la conexión eléctrica, en donde se coloca un alambre térmico en el balde, el cual se conecta a los electrodos eléctricos. Este alambre servirá para iniciar y controlar el proceso de combustión dentro del balde durante el experimento.

El oxígeno medicinal que se caracteriza por que la bomba se llena con oxígeno al 99%, asegurándose de supervisar cuidadosamente el proceso de transferencia debido a los riesgos asociados con el manejo de gases, asegurando una fuerte conexión, donde una vez que el balde esté cerrado, se conecta a una fuente eléctrica para provocar la combustión completa del material de prueba. Este proceso permitirá medir el calor liberado durante la combustión y, por lo tanto, determinar el poder calorífico del combustible sólido recuperado de los residuos sólidos urbanos.

En cuanto a los cálculos termodinámicos para la caracterización térmica de la cascarilla de arroz, debemos de indicar que: Los cálculos termodinámicos de la cascarilla del arroz pueden ser bastante complejos y dependen de varios factores, como la composición exacta de la cascarilla, la temperatura y la presión en consideración, así como el proceso específico que se está estudiando. Sin embargo, puedo proporcionarte una visión general de algunos cálculos termodinámicos que podrían realizarse en relación con la cascarilla del arroz:

Para la caracterización térmica es un concepto fundamental, el de la entalpía de combustión: Puedes calcular la entalpía de combustión de la cascarilla del arroz para determinar cuánta energía se libera cuando se quema. Este cálculo se basa en la composición química de la cascarilla y se puede utilizar para estimar su poder calorífico. y el concepto de equilibrio centrado de fases, que involucra los cambios de fase, como la vaporización o la sublimación de componentes de la cascarilla, puedes realizar cálculos termodinámicos para determinar las condiciones de temperatura y presión en las que estos cambios de fase ocurren.

Cálculo del calor producido por la combustión de la cascarilla del arroz

El calor producido (Q_r) en la bomba calorimétrica, es la cantidad de calor que se extrae de este, teniendo en cuenta las posibles pérdidas que se puede tener en por cambio de fase o calor latente de la humedad de la cascarilla del arroz

La ecuación empírica muy utilizada para calcular este parámetro.

$$Q_r = Q_{\text{útil}} + Q_{\text{pp}} + Q_{\text{ps}}$$

De donde tenemos que:

Calculo del calor total (Q_r), es la ecuación muestra que el calor total (Q_r) es igual a la suma del calor útil ($Q_{\text{útil}}$), el calor perdido por cambio de fase de la humedad intrínseca (Q_{pp}) y la cantidad de calor desaprovechado en el proceso (Q_{ps}). Esto proporciona una visión general del balance de calor en la bomba calorimétrica. Así como el calor útil en la bomba calorimétrica (Q_{util}), se compone en dos componentes: el calor sensible del arroz cáscara (Q_s) y el calor latente del arroz cáscara (Q_l). Esta descomposición permite evaluar la contribución relativa de cada componente al calor útil total.

En cuanto al potente calculo del calor sensible del arroz en cascara (Q_s), esta se calcula utilizando la fórmula $Q_s = \dot{m}_{ac} * C_p * T$, donde \dot{m}_{ac} es el flujo másico del arroz cáscara, C_p es el calor específico del arroz cáscara y T es la variación de temperatura entre la temperatura de secado (T_s) y la temperatura ambiente (T_a).

Y en cuanto al cálculo del calor latente del arroz en cascara (Q_l), esta se calcula multiplicando la masa de agua a remover (m_w) por el calor de vaporización del agua (h_{fg}). Esto proporciona el calor latente liberado durante la eliminación de la humedad intrínseca en la cáscara de arroz.

Siendo por lo tanto estas ecuaciones esenciales para cuantificar la transferencia de calor y comprender la dinámica térmica asociada con el proceso de secado y análisis de la cáscara de arroz en el contexto de la bomba calorimétrica. Se requiere una comprensión completa de estos cálculos para realizar una evaluación precisa del calor involucrado en el proceso de secado y combustión de la cáscara de arroz.

Debemos de tener muy en cuenta también los siguientes conceptos;

Diagramas de fase: Puedes construir diagramas de fase para la cascarilla del arroz, lo que te permitirá visualizar las condiciones en las que la cascarilla existe en diferentes fases (sólido, líquido, gas) y las transiciones entre ellas.

Calor específico: Calcular el calor específico de la cascarilla a diferentes temperaturas puede proporcionarte información sobre su capacidad para almacenar calor y su capacidad de calentamiento.

Equilibrio químico: Si la cascarilla del arroz se somete a procesos químicos, como la gasificación o la pirólisis, puedes calcular el equilibrio químico en función de las condiciones de reacción, lo que te ayudará a comprender la formación de

productos y la eficiencia de la conversión.

Estabilidad termodinámica: Puedes determinar la estabilidad termodinámica de los compuestos en la cascarilla del arroz a diferentes condiciones de temperatura y presión para predecir la formación de productos secundarios no deseados.

En cuanto a las pérdidas de calor en la bomba calorimétrica (Q_{pp}): en donde debemos de tener muy en cuenta, que

El cálculo del coeficiente de convección interno (h_i), se calcula con la fórmula $h_i = Nu * k / D$, donde h_i representa el coeficiente de convección ($W/m^2 K$), k es el coeficiente de conductividad de la superficie en contacto (W/mK) y D es el diámetro del conducto (m). Nu es el criterio de Nusselt, que es un número adimensional.

Y el cálculo del radio hidráulico o RH , en los conductos de sección rectangular, Para el caso de un conducto de sección rectangular, se utiliza una fórmula alternativa para el radio hidráulico RH , que se calcula mediante las fórmulas de Huebscher. Una de las fórmulas proporcionadas indica que $RH = 1,3 * (a * b)^{5/8} / (a + b)^{1/4}$. Otra forma de calcular el radio hidráulico es mediante la fórmula $RH = 4A / P_m$, donde A es el área de la sección transversal y P_m es el perímetro mojado del conducto.

Precisando el cálculo preciso de estos parámetros es esencial para comprender las características de transferencia de calor en la bomba calorimétrica y para estimar las pérdidas de calor a lo largo de las fronteras del recipiente. Estos cálculos ayudarán a evaluar y controlar la eficiencia y el rendimiento térmico de la bomba calorimétrica en diversas aplicaciones y entornos operativos.

En las mismas, los significados son:

a _ Ancho del conducto (m)

b _ Largo del conducto (m)

A _ Área de la sección (m^2)

P_m _ Perímetro de la sección rectangular (m)

El criterio de Nusselt depende del número de Reynolds que se determina por la ecuación

$$Re = Vs \cdot RH / \nu_s$$

En esta: V_s _ La velocidad del aire caliente para la bomba calorimétrica es

(m/s) ν_s _ La viscosidad del aire caliente para la bomba calorimétrica (m^2 / s)

Cuando: $Re < 10,000$

$Nu = 0,66 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,3}$ (Flujo laminar, no turbulento)

$Re > 10,000$

$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$ (Flujo turbulento)

En donde tenemos que explicar y detallar lo siguiente:

Coefficiente de convección, definido como Coeficiente de convección externa en la torres de secado (h_o), que se calcula según la fórmula $h_o = 2,8 \cdot 3 \cdot V_a$, donde V_a es la velocidad del viento en la zona del secadero. Este coeficiente de convección externa (h_o) se utiliza para caracterizar la transferencia de calor entre la torre de secado y el entorno.

Asi mismo el coeficiente global de transferencia de calor en la pared de la bomba calorimétrica ($U_o =$, que se calcula con la fórmula $U_o = 1 / (R_1 + R_2 + R_3)$, donde R_1 , R_2 y R_3 representan las resistencias convectivas interna y externa, y la resistencia debido a la lámina de acero, respectivamente. El coeficiente global de transferencia de calor (U_o) describe la capacidad total de la pared de la bomba calorimétrica para transferir calor.

Para contemplar las pérdidas de calor de las paredes de la bomba calorimétrica (Q_{pp}), en donde se calcula utilizando la ecuación $Q_{pp} = U_o \cdot A_t \cdot (T_h - T_a)$, donde A_t es el área de la torre de secado, T_h es la temperatura máxima dentro de la torre y T_a es la temperatura del entorno. Esta fórmula permite estimar la cantidad de calor que se pierde a través de las paredes de la bomba calorimétrica hacia el entorno.

Indicando además que estos cálculos y consideraciones son esenciales para comprender y controlar los procesos de transferencia de calor en sistemas de secado y en equipos de medición de calor como la bomba calorimétrica. Se deben realizar mediciones y cálculos precisos para garantizar una evaluación adecuada de la eficiencia y el rendimiento de estos sistemas.

De donde el El poder calorífico de la cáscara de arroz puede variar ligeramente dependiendo de la composición exacta de la cáscara y las condiciones de combustión, pero en general, el poder calorífico de la cáscara de arroz se encuentra en el rango de aproximadamente 14 a 17 megajoules por kilogramo (MJ/kg), o alrededor de 3,300 a 4,000 calorías por gramo (cal/g).

Tenemos una primera tabla aproximada del poder calorífico de la cáscara de arroz en comparación con otros combustibles comunes, comparada con el poder calorífico de otros combustibles importantes:

Cáscara de arroz: 14-17 MJ/kg

Antracítico: 24-35 MJ/kg

Metano: 45-55 MJ/kg

Gasolina: 44 MJ/kg

Diésel: 35-46 MJ/kg

Madera seca: 15-19 MJ/kg

Lo cual nos determina los siguientes principales conceptos para caracterizar la cascarilla del arroz en el presente trabajo de investigación, indicando claramente que el poder calorífico de la cáscara de arroz puede variar ligeramente dependiendo de la composición exacta de la cáscara y las condiciones de combustión, pero en general, el poder calorífico de la cáscara de arroz se encuentra en el rango de aproximadamente 14 a 17 megajoules por kilogramo (MJ/kg), para el caso de la región Nor Oriental del Perú, o alrededor de 3,300 a 4,000 calorías por gramo (cal/g).

Con la composición analizada por las vistas al microscopio al interior o al exterior en vista seccional:

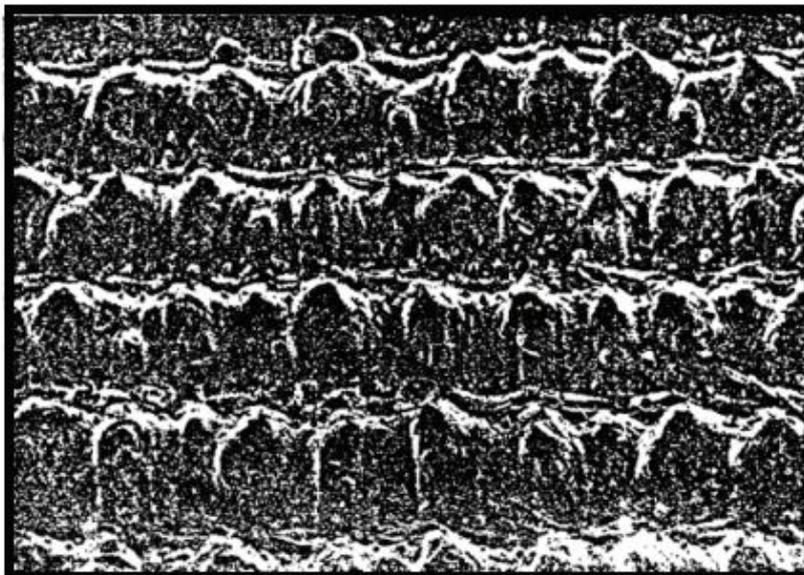


Figura 5 Superficie exterior de la cascarilla , al microscopio con 500 de Resolución

Fuente: Trupal 2020, Elaboración Propia

O con sus vistas externas para mayor detalle:

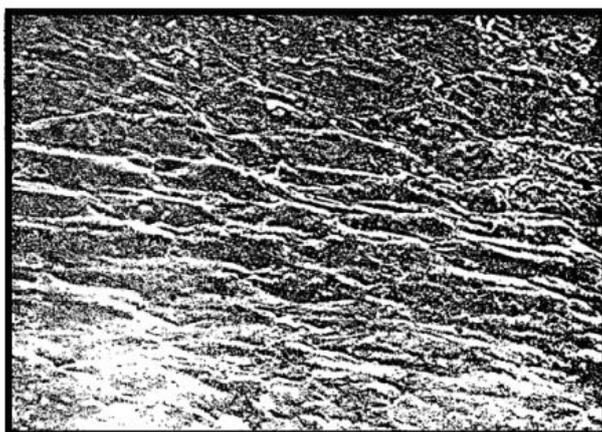


Figura 6 Vista interior de la cascarilla del Arroz vista a 500 aumentos
 Fuente: Trupal 2020, Elaboración Propia

Como concepto comercial operativo, debemos de tener en cuenta el de densidad a granel o másico, es decir la relación entre una masa de cascarilla de arroz y un volumen fijo patrón comparativo, en donde se tiene en cuenta a la propia cascarilla, los espacios de aire entre ellos y las internas y externa porosidades, para concretar debemos de tener en cuenta que esta densidad es función de la diversidad de tamaños, la humedad interna y si esto no está bien compactado, se define por la formula:

$$\rho_b = M/V$$

El concepto adicional de aparente densidad, está relacionado a los volúmenes antes mencionados al que se le deben restar los espacios libres presentes en la mezcla camada

$$\rho_\alpha = M/ V\alpha$$

Concepto importante de Densidad Verdadera, esta definida como la cantidad resultante si se da la situación teórica improbable si a a la materia solida se le excluyen todos los poros internos y externos de la cascarilla

$$\rho_x = M / V\sigma$$

De donde se obtiene la siguiente tabla resumen:

Porosidad	Paquetes (%)	Cascarilla (%)
Porosidad del Combustible1, E _T	26	54
Porosidad del Combustible2, E _T	27	55
Porosidad del Combustible3, E _T	28	56
Porosidad del Combustible4, E _T	29	57

Porosidad del Combustible5, E _τ	30	58
Porosidad del Combustible6, E _τ	31	59
Fracción de Espacios libres1 , E _v	51	85
Fracción de Espacios libres2 , E _v	52	86
Fracción de Espacios libres3 , E _v	53	87
Fracción de Espacios libres4 , E _v	54	88
Fracción de Espacios libres5 , E _v	55	89
Fracción de Espacios libres6 , E _v	56	90
Fracción de Espacios libres7 , E _v	57	91
Fase gaseosa teorica1, E _g	64	93
Fase gaseosa teorica2, E _g	65	94
Fase gaseosa teorica3, E _g	66	95
Fase gaseosa teorica4, E _g	67	96
Fase gaseosa teorica5, E _g	68	97
Fase gaseosa teorica6, E _g	69	98
Fase gaseosa teorica7, E _g	70	99

En cuanto al contenido de humedad, este se define con la resta de pesos medidos, al ser extraídos del cargamento de calefacción, calentando la muestra en una capsula de porcelana en el rango cerrado de 103 – 108 ° C, en el transcurso de una hora de duración, para evitar mermas pro el fenómeno de la salpicadura

$$\text{Humedad \%} = (A - B) / A * 100$$

En donde el significado de las cosas es:

A = Peso del combustible Húmedo

B = Peso combustible seco

Por lo que nuevamente se debe calcular la humedad, a pesar que nos consta que la muestra ha sido secada de manera previa, pues cuando se la manipula para reducir su tamaño, adquiere un mayor porcentaje de humedad total interna

Tabla 9 Valores diversos de Humedad

Parámetros	Laboratorios APEMA	Laboratorios Undiamerica
Humedad Muestra 1	8.41	6.40
Humedad Muestra 2	8.45	6.41
Humedad Muestra 3	8.42	6.42
Humedad Muestra 4	8.47	6.44
Humedad Muestra 5	8.46	6.46
Humedad Muestra 6	8.41	6.48
Humedad Muestra 7	8.51	6.49
Humedad Muestra 8	8.49	6.51
Humedad Muestra 9	8.48	6.52
Humedad Muestra 10	8.47	6.53

Fuente: Apema, 2021, Elaboración Propia

4.3. DETERMINAR EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO EN LOS PROCESOS DE PILADO DEL MOLINO

Debemos de definir previamente el concepto de aprovechamiento energético del proceso de pilado de arroz que implica la eliminación de la cáscara y otras impurezas del arroz para obtener el grano comestible, puede beneficiarse significativamente de estrategias de eficiencia energética y de utilización de fuentes de energía renovable. Aquí hay algunas formas en las que se puede lograr un mejor aprovechamiento energético en los procesos de pilado de arroz: Con los siguientes específicos conceptos, tales como Energía renovable para el suministro de electricidad, para implementar sistemas de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, para proporcionar electricidad a la planta de pilado de arroz puede reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales y minimizar las emisiones de carbono, mediante la optimización de procesos térmicos, dado por medio de la implementación de las tecnologías más eficientes y de última generación en los equipos de pilado de arroz, se puede reducir el consumo de energía durante el proceso de eliminación de la cáscara del arroz, lo que resulta en un menor uso de energía por tonelada de arroz procesado.

Para llevar a cabo la recuperación de calor residual, mediante la recuperación y reutilización del valioso calor residual generado durante el proceso de pilado de arroz puede ser una forma efectiva de mejorar la eficiencia energética. Este calor residual puede utilizarse para precalentar el agua o generar vapor para su uso en otros procesos dentro de la planta, lo que reduce la necesidad de energía adicional, llevados a cabo por medio de sistemas de cogeneración, en la implementación de sistemas de cogeneración que produzcan simultáneamente calor y electricidad puede mejorar significativamente la eficiencia energética de la planta de pilado de arroz. La generación simultánea de calor y electricidad a partir de una sola fuente de combustible puede reducir las pérdidas de energía y mejorar la sostenibilidad del proceso, para contribuir a la cada vez más legislada gestión de residuos sólidos, definida en principio como la gestión eficiente de los residuos del proceso de pilado de arroz, como las cáscaras de arroz, puede implicar su utilización como biocombustible para generar energía térmica. Esto

no solo ayuda a reducir los residuos, sino que también proporciona una fuente de energía renovable para la planta, pero también usando de manera eficiente de la energía, por el uso de sistemas de iluminación eficiente, mediante la implementación de sistemas de iluminación energéticamente eficientes, como luces LED, puede reducir el consumo de electricidad en la planta de pilado de arroz, lo que contribuye a la reducción general del consumo de energía, con lo con el uso intensivo de estas estrategias se puede no solo mejorar la eficiencia energética en el proceso de pilado de arroz, sino también reducir los costos operativos y el impacto ambiental de la planta de procesamiento, lo que conduce a un proceso más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

En el caso del aprovechamiento energético, del biogás de la cascarilla del arroz, tal como:

$$\text{Generación de energía} = n_{\text{biogás}} \times \%CH_4 \times PCI_{CH_4}$$

De donde el significado de cada uno de los miembros integrantes de esta fundamental opinión es

$n_{\text{biogás}}$: Producción de biogás a partir de cascarilla de arroz (0,047m³ biogás/kg cascarilla)

$\%CH_4$: Relación de metano en el biogás (0,625m³ CH₄/m³ biogás)

PCI_{CH_4} : Poder calorífico del metano (9,97 kWh/m³)

Determinándose de esta manera la generación de energía unitaria y principal como = 0,293 kWh/kg cascarilla

Por lo que debemos de tener muy presente, que para el cálculo del potencial energético se desarrolla y detalla de la siguiente manera

Poder calorífico inferior en función principal de la base humedad se determina de la siguiente manera

$$PCI_U = 3546 \text{ kcal/kg}$$

Por lo que la evaluación de la cascarilla de arroz (ECA), se determina de la siguiente manera práctica y aplicada

Por lo que siendo Q: La cantidad total anual de cascarilla. (Ton.) %C:

Porcentaje de residuos sólidos (cascarilla 20%).

PCI_U : Poder calorífico inferior en base a humedad. En donde debemos de tener en cuenta, que los residuos sólidos de la cascara de arroz son un subproducto común en la industria del arroz, que se genera durante el proceso de pilado del

arroz para obtener el grano comestible. Estos residuos sólidos de cáscara de arroz se pueden gestionar de diversas maneras, algunas de las cuales incluyen, que serán considerados en los siguientes procedimientos y conceptos, tales como biocombustible, en donde la cascarilla de arroz, se puede utilizar como una fuente de biocombustible para la generación de energía térmica en la industria o para la generación de electricidad en las centrales eléctricas. Su alto contenido de sílice también lo hace adecuado como material de construcción en algunas aplicaciones

También el fertilizante la cascara de arroz, se puede convertir en abono orgánico después de un proceso de compostaje. Este compost puede utilizarse para mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes a las plantas, lo que puede ser beneficioso para la agricultura y la horticultura y de acuerdo a múltiples trabajos de investigación, también se pueden utilizar como materia prima en la producción de fertilizantes biológicos, en donde se aprecia y se resalta que la cascara de arroz puede ser procesada y utilizada en la fabricación de fertilizantes, biológicos, que son una alternativa orgánica a los fertilizantes químicos convencionales, esos fertilizantes Biológicos pueden ayudar a mejorar la salud del suelo y aumentar la productividad de los cultivos.

La proyección de la energía térmica, bruta, eficiencia y energía térmica neta, energía térmica útil

Para el Caso inicial de Energía térmica bruta

Tabla 10 Determinación de Potenciales Energéticos Brutos en Rangos
Fuente. IEAI, Elaboración Propia

Tipo	Proyecciones y Calculo de Energia Bruta térmica por Procesos -MKcal									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Bruta1	185991	190610	196445	205456	211435	217256	222567	229456	236765	242134
Bruta2	155356	160678	167234	175435	181113	188567	192678	199698	297456	211567

Si es que desarrollamos todas las pérdidas energéticas, por combustión incompleta, pérdidas por radiación térmica, pérdidas por convección e inquemados

Nos determina la siguiente tabla de productos netos energéticos a tener en cuenta y con el concepto de Rangos Máximos y Rangos Mínimos importantes:

Tabla 11 Calculo de Potenciales Energéticos Netos en Rangos Específicos

Fuente: IEAI, Elaboración Propia

Tipo	Proyecciones y Calculo de Energia Bruta térmica por Procesos -MKcal									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Neta1	132457	136610	141545	153256	163735	173756	181787	187856	194678	201455
Neta2	115456	120768	123657	131985	142783	149997	192678	199698	297456	211567

Esta energía térmica tiene de manera intrínseca un potencial energético eléctrico, con métodos ya sea los procesos Joule Bryton o Rankine completo, que nos determina potencial de generación de energía y potencia que la pasamos a analizar de manera detallada y analítica profunda:

Tabla 12 Calculo de Potenciales Eléctricos Netos en Rangos Específicos

Fuente : IEAI, Elaboración Propia

Tipo	Proyecciones y Calculo de Potencia Electrica por Procesos - kw									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Bruta1	160	165	169	174	178	182	191	195	196	199
Bruta2	157	161	164	169	171	174	183	187	186	191

La descripción de las instalaciones necesarias para la generación de electricidad en el Molino Corazón de Jesús:

La concepción no es diseñar por demanda, si no por oferta es decir capacidad de generación, razón por lo cual se procederá primero a determinar la capacidad de producción de energía en base a la energía térmica bruta disponible, su aplicación en base a la tecnología disponible, para luego determinar en base a la curva de demanda eléctrica obtenida por la interacción de la demanda instalada y las curvas de los resultados de medición del concesionario eléctrico en este caso Electro Oriente

Se ha decidido utilizar un ciclo Rankine , para la generación de electricidad con el correspondiente funcionamiento de la central eléctrica, con el criterio que la

potencia eléctrica de trabajo en este tipo de centrales es casi constante debido a su gran inercia térmica, resaltamos que en un ciclo de potencia de vapor como el ciclo Rankine, la variación de potencia se puede lograr mediante varios métodos, pues el ciclo Rankine es un ciclo termodinámico que se utiliza comúnmente en plantas de energía para convertir calor en trabajo. La variación en la potencia de salida puede lograrse mediante ajustes en varios parámetros clave del ciclo Rankine.

Tomando como dato el potencial térmico y eléctrico del molino, de acuerdo a la tabla 12, para el año 2024, con la concepción de diseño de ciclo, de la potencia eléctrica con potencial de generación de (160 KW), esta potencia es la que se debe entregar al generador, asumiendo una eficiencia general del 90%.

$$\eta_{\text{gen ele}} = 0.90$$

Con lo cual la potencia en la turbina a vapor del ciclo Rankine será:

$$W_T = 177.78 \text{ KW}$$

De donde el balance térmico del esquema del ciclo termodinámico sería el siguiente:

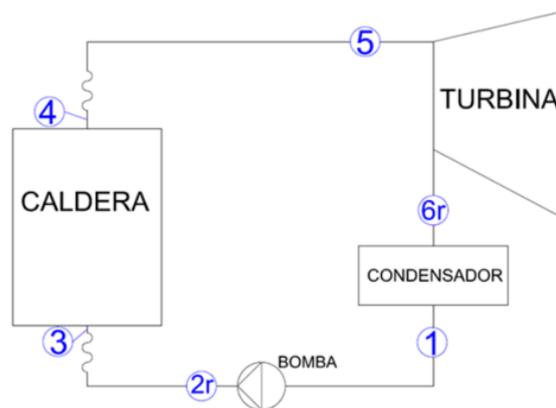


Figura 7 Diagrama Termodinámico de la Central Rankine
Fuente. IEA, Elaboración Propia

Determinando de manera realista (en base a la experiencia), las condiciones de diseño, con el criterio que el fluido de trabajo (vapor de agua), ingresa a la turbina a una presión de 100 Bar, y a una temperatura de 600 ° C (Punto 3 del Diagrama termodinámico)

Se debe considerar además la presión del vapor a la salida de la bomba de alta presión en 2, es de 100 Bar, como presión manométrica

Siguiendo el proceso termodinámico, el vapor de agua ingresa a la turbina como vapor sobrecalentado y en expansión adiabática llega hasta los 2 bar a la salida de la turbina, punto 6

Con el dato, que la turbina tiene una potencia 177.78 KW, donde debemos de utilizar los datos de la tabla termodinámica del ciclo Rankine ideal entre las presiones máxima y mínima de 100 a 2 Bar de manera respectiva y a la temperatura de 600 ° C y con los datos de las tablas termodinámicas de faires, tenemos:

. $h_1 = 504.718$. kJ / kg , a la salida del Condensador , luego de entregar su calor al medio ambiente

. $h_2 = 515.090$. kJ / kg , a la salida de la bomba de alta presión , listo a entregar el vapor al caldero

. $h_3 = 3,624.47$. kJ / kg , a la salida del caldero

. $h_4 = 2,617.57$. kJ / kg , a la entrada a la turbina de vapor

Procederemos al cálculo del flujo de masa del fluido con el cual se trabaja (agua – vapor) , en base la potencia nominal de la turbina de 177.78 KW

De donde el flujo Másico será:

$$\dot{m} = 0.2207 \text{ Kg/s}$$

Con este fundamental parámetro, se puede y debe seleccionar las tuberías en sus longitudes, diámetros y perdidas, así como los respectivos intercambiadores de calor en la caldera y el condensador, por lo que la energía que debe suministrar la cascarilla del arroz a la caldera debe ser:

$$Q_{\text{caldera}} = 685 \text{ KW}$$

Y en el condensador el calor expulsado por el ciclo será de:

$$Q_{\text{condensador}} = 510.75 \text{ KW}$$

La potencia de la bomba de alta presión, que inyecta agua a presión al caldero será:

$$W_b = 2.86 \text{ KW}$$

Con una eficiencia del Ciclo del:

$$\eta = 25.51 \%$$

Con estos valores podemos realizar la indagación de Mercado y calcular los costos de

Caldero de Vapor: US 15,000

Turbina a Vapor : US 32,000

Condensador : US 9,000

Bomba Presión : US 5,000

Por lo que en resumen podemos indicar, que la energía de la cáscara del arroz se refiere a la energía que puede ser obtenida a través de la combustión de la cáscara de arroz, un subproducto del procesamiento del arroz. Esta forma de energía se clasifica como biomasa y se considera una fuente renovable de energía debido a su disponibilidad en abundancia y a su naturaleza sostenible. Donde podemos observar que la cascara del arroz se utiliza cada vez más como una fuente de energía alternativa en diversas aplicaciones, como la generación de electricidad, la producción de calor para procesos industriales y la calefacción doméstica. Algunos de los métodos comunes para aprovechar la energía de la cáscara del arroz incluyen y han sido vistos en el presente trabajo de investigación:

Combustión Directa, en donde la cáscara del arroz se quema directamente para generar calor, que luego se utiliza para producir vapor en una caldera. Este vapor puede impulsar turbinas para generar electricidad o puede utilizarse para otros fines industriales.

De manera adicional tenemos los procesos de Gasificación, que es en este proceso, la cáscara de arroz se convierte en gas de síntesis a través de la reacción con un agente gasificante, como vapor de agua o aire. El gas resultante puede utilizarse para generar electricidad o como combustible para calderas o motores de combustión interna. , luego sigue la Pirolisis , el cual es un proceso de descomposición térmica en ausencia de oxígeno que convierte la cáscara de arroz en productos como bioaceite, biogás y biochar. Estos productos pueden ser utilizados como combustibles o en otros procesos industriales.

En cuanto a los ingresos por Energía, Potencia, los podemos describir, como ingresos por energía al 50 %, de producción, ingresos por energía al 75 % de producción e ingresos por energía al 100 % de producción, dando los siguientes valores detallados, para el caso del Molino Corazón de Jesús – Bagua

Tabla 13 Tabla de Ingresos de Energía al 50 %

Fuente: Apeman, Elaboracion Propia

Tipo	Proyecciones de Ingresos por Energia - Miles US \$									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Bruta1	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320
Bruta2	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

Para un mayor factor de utilización de la central de generación eléctrica, del Molino de Pilar Corazón de Jesús de Bagua al nivel del 75 %, tendremos los siguientes resultados

Tabla 14 Tabla de Ingresos de Energia al 75 %
Fuente: Apeman, Elaboración Propia

Tipo	Proyecciones de Ingresos por Energia - Miles US \$									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Bruta1	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440
Bruta2	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400

Y para el nivel de utilización máxima de la central de generación eléctrica, al nivel del 100 %, tendremos los siguientes resultados

Tabla 15 Tabla de Ingresos de Energia al 100 %
Fuente: Apeman, Elaboracion Propia

Tipo	Proyecciones de Ingresos por Energia - Miles US \$									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Bruta1	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640
Bruta2	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600

En cuanto al cálculo de la demanda instalada del Molino de Arroz corazón de Jesús de Bagua :

Ítem	Maquina	Potencia (KW)
1	Pre limpiadora	13
2	Mesa Paddy	3
3	Pulidoras	15
4	Descascaradora	15
5	Elevador 1	1
6	Elevador 2	1

7	Elevador 3	1
8	Elevador 4	1
9	Elevador 5	1
10	Elevador 6	1
11	Elevador 7	1
12	Soplador de Cascarilla	15
13	Succionador de Polvillo	13
14	Secador de Grano	7
15	Exclusa 1	1
16	Exclusa 2	1
17	Circuito Separador	12
18	Iluminación y Tomacorrientes	1
TOTAL DEMANDA		103

Con esta información y con la información de las mediciones, obtenidas de Electro – Oriente, debemos de indicar los siguientes diagramas de oferta y demanda, procedemos a elaborar los respectivos cuadros de Demanda, Oferta y Balance de Oferta y Demanda:

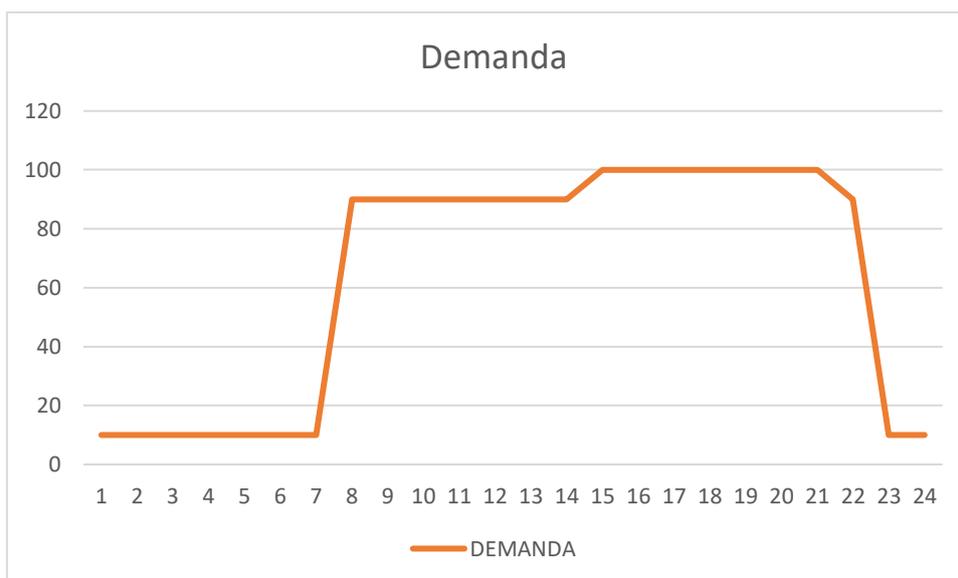


Figura 8 Curvas de Demanda Electrica del Molino Corazón de Jesús
Fuente: Elaboración Propia

Curva que nos muestra la variación de la demanda eléctrica del molino Corazón de Jesús, desde 10 Kw en horas de la Noche, hasta 100 Kw, en horas de producción punta, nos servirá posteriormente para compararla con la curva de

oferta

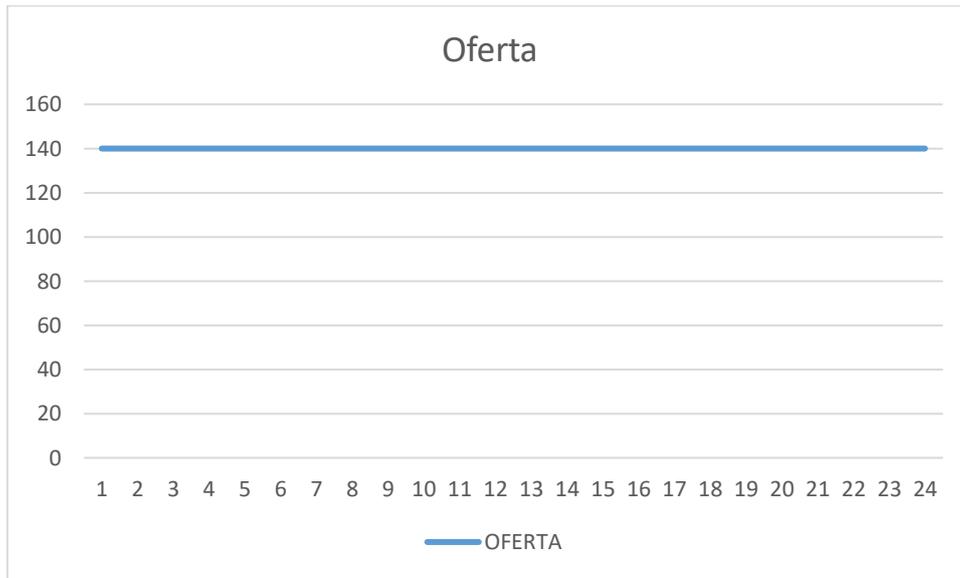


Figura 9 Curva de Oferta Electrica del Molino Corazón de Jesús
Fuente: Elaboración Propia

Curva que nos muestra la variación de la oferta Electrica del molino de pilar arroz denominado Corazón de Jesús, con una producción de 140 Kw, debido de manera fundamental a las características de funcionamiento del circuito cíclico termodinámico Rankine, compuesto de Caldero, Turbina a vapor, Condensador y por ultimo bomba de alta presión

Para finalmente hacer interactuar la oferta y la demanda y ver las veces que el molino podrá interactuar como una instalación off shore (Fuera de red interconectada), o necesitará de la red para completar su abastecimiento, con el consiguiente acto de demanda de acumulación de energía en baterías eléctricas

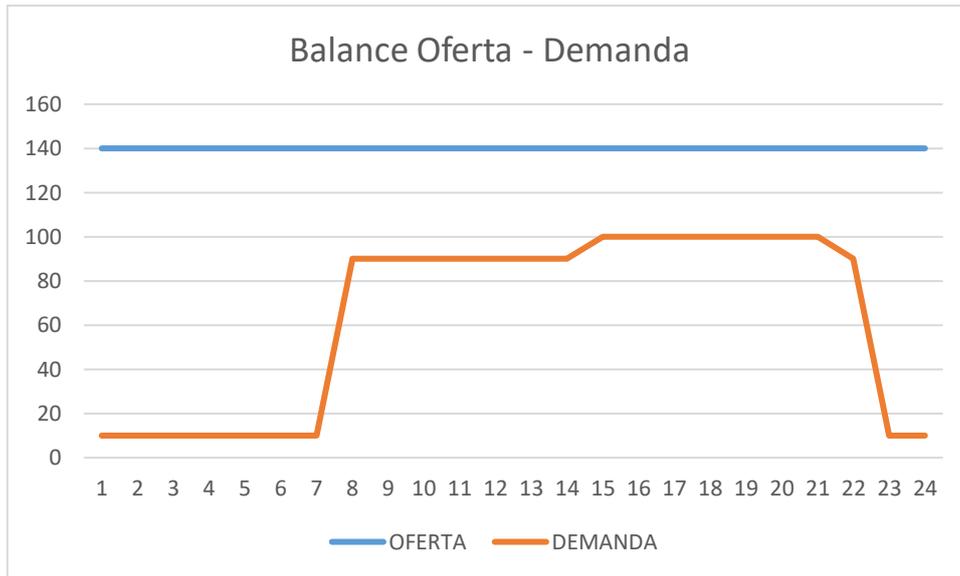


Figura 10 Curvas de Balance Oferta – Demanda Electrica del Molino Corazón de Jesús de Bagua
 Fuente: Elaboración Propia

La utilización energética del poder calorífico de la cascara de arroz, para utilizar la energía térmica tanto en procesos industriales tales como secado , envejecimiento, así como la generación de energía eléctrica ya sea atravez de turbinas a gas en un ciclo joule bryton o turbinas a vapor en un ciclo Rankine, son aplicaciones modernas que se enmarcan en el aprovechamiento energetico con la filosofía de la responsabilidad de los productores energéticas de disminuir la emisión de carbono a la atmosfera, con cualquier procedimiento presente o futuro (incluso por crearse), pero dentro de esta filosofía, por lo que la

determinación de ese potencial energético, y la manera más eficiente de aprovecharlo con los diversos ciclos termodinámicos y procesos térmicos disponibles

4.4. HACER UNA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.

La evaluación económica la realizaremos utilizando la metodología de la evaluación de proyectos de inversión, es decir, con el siguiente esquema lógico conceptual:

Ingresos por energía (Ya sea para autoconsumo del molino de arroz o para vender al sistema)

A lo que le tenemos que descontar como costos

Costo de la energía, comprados del Sistema eléctrico a través del concesionario eléctrico de distribución a cualquier operador del sistema

Costo de potencia garantizada del sistema, de acuerdo a la estructura del pliego tarifario adoptado

Costos de operación y mantenimiento del sistema expresados como una fracción o porcentaje del costo de inversión inicial, no se tomara en cuenta la depreciación pues esta es una operación contable de distribuir un costo o inversión inicial en un periodo de vida (Que puede ser la vida legal del proyecto o la vida útil del proyecto o del activo más importante)

Costos administrativos, que básicamente son los costos indirectos, expresados en función a los análisis realizados

En cuanto a los ingresos calculados y proyectados por venta de energía, se ha elaborado la tabla adjunta:

Tabla 16 Proyecciones de Ingresos por venta de Energía
Fuente: Elaboración Propia

	Proyecciones de Ingresos por Energía - Miles US \$
--	--

Tipo	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energía	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320

No se considera costos de energía y potencia, pues estos no se compran del sistema interconectado, si no se generan con el potencial energetico térmico de la cascarilla del Arroz

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento debemos primero medir los costos de inversión inicial, es decir los costos de la central termoeléctrica que tiene como energetico a la cascarilla del arroz de acuerdo al siguiente detalle para una potencial nominal del rango de los 150 KW

Ítem	Descripción	Cantidad	P. Unitario US\$
1	Horno Quemador Turbulento de Cascara de 1*1*0,5	1	55,000
2	Caldero Acuotubular simple domo y Pierna Caliente	1	123,000
3	Economizador de 0,5*0,5*0,4	1	65,000
4	Recalentador de Doble Circuito	1	50,000
5	Sobrecalentador de vapor saturado	1	87,000
6	Ductos de Vapor alimentación de Turbina	1	32,000
7	Turbina de Contrapresión 150 KVA	1	190,000
8	Generador Eléctrico Trifásico 10 KV	1	50,000
9	Tableros de Control, Mando, Protección	1	70,000
10	Transformador 10/60 KV 200 KVA	1	90,000
11	Tableros de distribución por circuitos alimentadores	1	60,000
12	Bomba –Compresora de Alimentación	1	35,000
13	Tanque de almacenamiento de agua caliente	1	45,000
14	Intercambiadores de Calor	1	90,000

TOTAL US 1'042,000

Lo cual me determina la siguiente tabla de egresos anuales por operación y mantenimiento de las instalaciones:

Tabla 17 Gastos de Operación y Mantenimiento
Fuente: Elaboración Propia

Proyecciones de Gastos por Opera y Manto - Miles US \$
--

Tipo	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Manto	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

En cuanto a la internalización de otros tipos de costos, debemos de mencionar los costos ambientales que se refieren a los gastos asociados con el impacto ambiental de las actividades humanas. Estos costos pueden incluir los daños causados al medio ambiente y los recursos naturales, así como los gastos necesarios para prevenir o mitigar esos impactos. Debemos de mencionar las categorías comunes de costos ambientales:

Costos de mitigación y prevención, que incluye los gastos destinados a evitar o reducir los impactos ambientales negativos de las operaciones industriales o de cualquier otra actividad. Esto podría involucrar la implementación de tecnologías más limpias, la adopción de prácticas sostenibles o la inversión en proyectos de conservación.

Los costos de remediación, que se refieren a los gastos asociados con la limpieza y restauración de áreas afectadas por la contaminación o degradación ambiental. Esto podría incluir la eliminación de residuos tóxicos, la restauración de hábitats dañados o la rehabilitación de ecosistemas afectados.

Los costos de cumplimiento normativo, que son los gastos necesarios para cumplir con las regulaciones ambientales y los estándares impuestos por las autoridades gubernamentales. Esto podría implicar inversiones en tecnologías más limpias, monitoreo ambiental y presentación de informes.

Los costos de pérdida de biodiversidad, donde estos costos están relacionados con la pérdida de diversidad biológica debido a las actividades humanas. Pueden incluir la pérdida de hábitats naturales, extinción de especies y otros impactos negativos en la diversidad biológica.

Los costos de salud ambiental, que incluyen a los gastos médicos y de salud pública asociados con la contaminación del aire, agua y suelo. Estos costos pueden estar relacionados con enfermedades respiratorias, problemas de calidad del agua, entre otros.

Los costos sociales, que además de los costos económicos directos, también hay costos sociales asociados con el impacto ambiental, como la pérdida de empleos debido a la degradación ambiental, la afectación de comunidades

locales, y la pérdida de calidad de vida.

Por lo que la gestión adecuada de los costos ambientales es muy importante para avanzar hacia prácticas más sostenibles y responsables desde el punto de vista ambiental. Las empresas y las organizaciones gubernamentales están cada vez más conscientes de la importancia de integrar la sostenibilidad ambiental en sus operaciones y de abordar los costos ambientales de manera proactiva.

Debemos de mencionar que las multas por daños ambientales, son sanciones económicas impuestas a individuos, empresas u organizaciones que violan leyes o regulaciones ambientales y causan impactos negativos en el medio ambiente. Estas multas tienen el propósito de disuadir comportamientos perjudiciales, compensar el daño ambiental y financiar programas de restauración y conservación. La cuantía de las multas puede variar según la gravedad de la infracción, la legislación específica y las regulaciones ambientales del país o región en cuestión.

Mencionamos algunos ejemplos de situaciones que podrían resultar en multas por daños ambientales incluyen:

Vertimientos ilegales, que son descargas de contaminantes en cuerpos de agua o en el suelo sin el permiso correspondiente.

No cumplir con las normas de emisión, es decir los estándares establecidos para la emisión de contaminantes atmosféricos.

Tala ilegal, que es la tala de bosques sin autorización o en áreas protegidas.

Contaminación de los suelos, es decir la liberación de sustancias tóxicas o peligrosas en el suelo, afectando la calidad del mismo.

Incumplimiento de normativas de gestión de residuos, es decir no seguir adecuadamente los procedimientos para el manejo, tratamiento y disposición de residuos peligrosos.

Destrucción de hábitats protegidos, causando daños a áreas naturales o hábitats protegidos por leyes ambientales.

Realizar operaciones sin licencia, es decir realizar actividades industriales o comerciales que afectan el medio ambiente sin la debida autorización.

Por lo que las multas por daños ambientales pueden variar desde montos relativamente bajos hasta sumas significativas, dependiendo de factores como la magnitud del daño, la reincidencia, la capacidad financiera del infractor y las políticas específicas del sistema legal y ambiental vigente. Además de las

multas, las autoridades pueden imponer medidas correctivas y requerir planes de mitigación y restauración para reparar los daños causados.

Se trabajará con los siguientes criterios para la elaboración detallada del respectivo flujo de caja proyectado:

De donde el costo promedio ponderado del capital, definido en un valor del 10 % y que se expresa como, El Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC, por sus siglas en inglés, *Weighted Average Cost of Capital*) es una métrica financiera que representa el promedio ponderado de los costos de los diferentes componentes de financiamiento utilizados por una empresa. Estos componentes suelen incluir el costo de la deuda, el costo del capital propio (acciones ordinarias o preferentes) y, en algunos casos, el costo de otras formas de financiamiento.

La Ecuación básica para calcular el WACC, es la siguiente:

$$WACC = (E/V * R_e) + (D/V * R_d * (1 - T_c))$$

De donde el significado de cada uno de los términos es:

E = Valor de Mercado del capital de la empresa (Resultado de una Tasación)

D = Valor de Mercado de la Deuda

V = E + D = Valor total de la empresa

R_e = Costo de capital Propio (Rendimiento requerido por los accionistas)

R_d = Tasa impositiva de la empresa (SUNAT)

Esta Ecuación refleja ponderación de los costos relativos de cada fuente de financiamiento en función de su proporción en la estructura de capital total de la empresa y que responden a los siguientes criterios:

Ponderación: El WACC pondera los costos de capital según la proporción en que se utilizan para financiar las operaciones de la empresa. Por lo tanto, refleja el costo promedio de todo el capital utilizado.

Nivel de Riesgo, son los componentes como el costo de capital propio tienden a reflejar el riesgo percibido por los inversionistas. Por lo tanto, el WACC captura el riesgo total asociado con las fuentes de financiamiento.

Fines: El WACC se utiliza en la valoración de empresas y proyectos, siendo una tasa de descuento en el análisis de flujo de efectivo descontado (DCF) para calcular el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros.

Decisiones financieras: Donde las empresas pueden utilizar el WACC para evaluar la viabilidad de proyectos de inversión. Si el rendimiento esperado de un proyecto es superior al WACC, el proyecto puede considerarse rentable.

Otra de las más importantes consideraciones son el importante concepto de vida útil económico de un proyecto, que se refiere al período durante el cual se espera que un proyecto genere ingresos y beneficios económicos suficientes para cubrir sus costos y generar un rendimiento aceptable para los inversionistas. Es un concepto clave en la evaluación de proyectos de inversión y se utiliza en el análisis de flujo de efectivo descontado (DCF) para calcular el valor presente neto (VPN) y otros indicadores financieros.

La vida útil económica, puede diferir de la vida útil de un activo y se determina de acuerdo a los factores económicos, tecnológicos, legales y comerciales. Algunos puntos importantes sobre la vida útil económica de un proyecto incluyen: Toman en cuenta la obsolescencia, es decir la vida útil económica considera la posibilidad de que la tecnología o las condiciones del mercado cambien, lo que podría hacer que el proyecto sea obsoleto antes de que los activos físicos alcancen el final de su vida útil.

El importante análisis de obsolescencia y riesgo, al evaluar la vida útil económica, se deben considerar los riesgos asociados con la obsolescencia tecnológica, los cambios en la demanda del mercado, las regulaciones y otros factores que podrían afectar la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

La influencia en el cálculo del VPN, en donde la vida útil económica es un componente clave en el cálculo del valor presente neto (VPN). Dado que el VPN se basa en los flujos de efectivo futuros, la elección de la vida útil económica afecta directamente la proyección de estos flujos y, por lo tanto, el valor presente neto del proyecto.

La reevaluación a lo largo del tiempo, pues a medida que avanza el tiempo y se obtiene más información sobre el entorno empresarial, es posible que se necesite reevaluar la vida útil económica. Los cambios en las condiciones del mercado, la tecnología o la regulación pueden influir en esta evaluación.

Con lo cual podemos elaborar el siguiente flujo de caja:

FLUJO DE CAJA PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGETICO - EN US \$

Item /Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos											
Venta Eneg		230000	240000	250000	260000	270000	280000	290000	300000	310000	320000
Total Ingr	0	230000	240000	250000	260000	270000	280000	290000	300000	310000	320000
Egresos											
Manto	1042000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Total Egre	1042000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Utilidad	-1042000	220000	230000	240000	250000	260000	270000	280000	290000	300000	310000
VAN	489.743,80										
TIR	20,24%										

V. DISCUSIÓN

Se inicio la investigación con la descripción de la producción de arroz en la región Nor Oriental ampliada (Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Amazonas, San Martin, entre otros) , con énfasis en localizaciones puntuales tales como Jaén, San Ignacio, Bagua, Rioja , Nueva Cajamarca), datos estadísticos secundarios proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Riego, que se extiende a la producción de cascarilla de arroz, arroz pilado, polvillo, arroz quebrado a Ñelen, así como la data secundaria, para la determinación del poder calorífico de la cascarilla de arroz, en el rango de 3,300 a 3,500 Kcal/Kg de poder calorífico inferior, es decir con la humedad extraída con la consiguiente pérdida de calor , y con el análisis detallado de todo el proceso de pilado del arroz, desde su ingreso en sacos negros a los silos metálicos de almacenamiento ventilado de arroz, hasta pasar por los procesos previos como son el despedrado y la pre limpieza del arroz , para extraer suciedades y pajilla contaminante, para luego pasar por la Descascaradora de rodillos , los elevadores de cangilones y la mesa gravimétrica separadora o mesa paddy, con los retornos o reflujos a descarada o mesa paddy clasificadora, luego pasa a los procesos de lustrado y pulido con los consiguientes detalles del proceso , primero con piedra esmeril y luego con micro choro de agua, que separa el grano de arroz blanco del polvillo o cutícula recubridora, para luego en orden respectivo pasar a los procesos de clasificado en cilindros con alveolos, proceso de clasificado cromático, procesos de añejamiento tanto natural, como artificial con hornos eléctricos o con gases de combustión , para luego pasar a procesos de clasificado cromático y su posterior envasado para su venta en supermercados y centros de abasto

En cuanto a las indagaciones internas para la determinación del poder calorífico inferior de la Cascarilla del Arroz, para lo cual se describe a continuación los equipos, instrumentos, con los cuales se calculara los poderes caloríficos de los residuos de cascarilla muestreados, con los siguientes equipos y procedimientos: Bomba calorimétrica de volumen constante; De acuerdo a definiciones para el experimento esta consta de inoxidable cilindro, integrado a un balde isotérmico y Una bomba calorimétrica de volumen constante es un dispositivo utilizado para medir el cambio de entalpía de una reacción química o de un proceso físico a volumen constante. Se utiliza para determinar la cantidad

de calor liberado o absorbido durante una reacción química o durante el cambio de fase de una sustancia. La principal característica de una bomba calorimétrica de volumen constante es que el volumen del sistema se mantiene constante durante el proceso, lo que permite medir con precisión el cambio de entalpía, donde el principal principio básico de funcionamiento de una bomba calorimétrica de volumen constante implica medir el cambio de temperatura que ocurre en el sistema mientras se realiza la reacción, dando resultados equivalentes o similares a los disponibles en la literatura técnica disponible

Basándonos en los respectivos cálculos del calor latente y del calor sensible, de acuerdo al trabajo de investigación de tesis desarrollado, en lo relativo al potente cálculo del calor sensible del arroz en cascara (Q_s), esta se calcula utilizando la fórmula $Q_s = \dot{m}_{ac} * C_p * T$, donde \dot{m}_{ac} es el flujo másico del arroz cáscara, C_p es el calor específico del arroz cáscara y T es la variación de temperatura entre la temperatura de secado (T_s) y la temperatura ambiente (T_a).

Y en cuanto al cálculo del calor latente del arroz en cascara (Q_l), esta se calcula multiplicando la masa de agua a remover (m_w) por el calor de vaporización del agua (h_{fg}). Esto proporciona el calor latente liberado durante la eliminación de la humedad intrínseca en la cáscara de arroz

Teniendo en cuenta en cuanto su tamaño al contenido de humedad, este se define con la resta de pesos medidos, al ser extraídos del cargamento de calefacción, calentando la muestra en una capsula de porcelana en el rango cerrado de $103 - 108 ^\circ C$, en el transcurso de una hora de duración, para evitar mermas pro el fenómeno de la salpicadura

$$\text{Humedad \%} = (A - B) / A * 100$$

En donde el significado de las cosas es:

A = Peso del combustible Húmedo

B = Peso combustible seco

Por lo que nuevamente se debe calcular la humedad, a pesar que nos consta que la muestra ha sido secada de manera previa, pues cuando se la manipula para reducir su tamaño

Para los dimensionamientos, debemos de empezar con la descripción de las instalaciones necesarias para la generación de electricidad en el Molino Corazón de Jesús por lo que la concepción no es diseñar por demanda, si no por oferta es decir capacidad de generación, razón por lo cual se procederá primero a

determinar la capacidad de producción de energía en base a la energía térmica bruta disponible, su aplicación en base a la tecnología disponible, para luego determinar en base a la curva de demanda eléctrica obtenida por la interacción de la demanda instalada y las curvas de los resultados de medición del concesionario eléctrico en este caso Electro Oriente

Donde se ha decidido utilizar un ciclo Rankine , para la generación de electricidad con el correspondiente funcionamiento de la central eléctrica, con el criterio que la potencia eléctrica de trabajo en este tipo de centrales es casi constante debido a su gran inercia térmica, resaltamos que en un ciclo de potencia de vapor como el ciclo Rankine, la variación de potencia se puede lograr mediante varios métodos , pues el ciclo Rankine es un ciclo termodinámico que se utiliza comúnmente en plantas de energía para convertir calor en trabajo. La variación en la potencia de salida puede lograrse mediante ajustes en varios parámetros clave del ciclo Rankine.

Se decidió utilizar un ciclo Rankine , para la generación de electricidad con el correspondiente funcionamiento de la central eléctrica, con el criterio que la potencia eléctrica de trabajo en este tipo de centrales es casi constante debido a su gran inercia térmica, resaltamos que en un ciclo de potencia de vapor como el ciclo Rankine, la variación de potencia se puede lograr mediante varios métodos , pues el ciclo Rankine es un ciclo termodinámico que se utiliza comúnmente en plantas de energía para convertir calor en trabajo. La variación en la potencia de salida puede lograrse mediante ajustes en varios parámetros clave del ciclo Rankine.

Tomando como dato el potencial térmico y eléctrico del molino, de acuerdo a la tabla 12, para el año 2024, con la concepción de diseño de ciclo, de la potencia eléctrica con potencial de generación de (160 KW), esta potencia es la que se debe entregar el generador, asumiendo una eficiencia general del 90%.

En cuanto a los costos estándares, aparte de los costos de inversión inicial y gastos operativos o Opex, debemos de considerar las modernas tendencias de incluir costos como la internalización de otros tipos de costos, debemos de mencionar los costos ambientales que se refieren a los gastos asociados con el impacto ambiental de las actividades humanas. Estos costos pueden incluir los daños causados al medio ambiente y los recursos naturales, así como los gastos necesarios para prevenir o mitigar esos impactos. Debemos de mencionar las

categorías comunes de costos ambientales:

Costos de mitigación y prevención, que incluye los gastos destinados a evitar o reducir los impactos ambientales negativos de las operaciones industriales o de cualquier otra actividad. Esto podría involucrar la implementación de tecnologías más limpias, la adopción de prácticas sostenibles o la inversión en proyectos de conservación.

Y por último se constató que los costos de remediación, que se refieren a los gastos asociados con la limpieza y restauración de áreas afectadas por la contaminación o degradación ambiental. Esto podría incluir la eliminación de residuos tóxicos, la restauración de hábitats dañados o la rehabilitación de ecosistemas afectados.

Así como los costos de cumplimiento normativo, que son los gastos necesarios para cumplir con las regulaciones ambientales y los estándares impuestos por las autoridades gubernamentales. Esto podría implicar inversiones en tecnologías más limpias, monitoreo ambiental y presentación de informes.

El importante análisis de obsolescencia y riesgo, al evaluar la vida útil económica, se deben considerar los riesgos asociados con la obsolescencia tecnológica, los cambios en la demanda del mercado, las regulaciones y otros factores que podrían afectar la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

La influencia en el cálculo del VPN, en donde la vida útil económica es un componente clave en el cálculo del valor presente neto (VPN). Dado que el VPN se basa en los flujos de efectivo futuros, la elección de la vida útil económica afecta directamente la proyección de estos flujos y, por lo tanto, el valor presente neto del proyecto.

La reevaluación a lo largo del tiempo, pues a medida que avanza el tiempo y se obtiene más información sobre el entorno empresarial, es posible que se necesite reevaluar la vida útil económica. Los cambios en las condiciones del mercado, la tecnología o la regulación pueden influir en esta evaluación.

VI.- CONCLUSIONES

Existe un elevado potencial energético en la región Nor Oriental del Perú en general, con énfasis en la provincia de Bagua Chica, departamento de Amazonas, con niveles de producción de arroz en cascara del orden de 110,000 Toneladas de arroz en cascara, que se traducen o convierten a 35,000 Toneladas de cascarilla de arroz, que con el potencial calorífico de 3,500 a 3,800 Kcal/Kg, determinados por las referencias bibliográficas, que su vez fueron obtenidas con análisis en bombas calorimétricas, nos determinan potenciales térmicos del orden de valores del orden de 380,000 Mkcal

En cuanto al molino materia de la presente investigación, se calculó que se puede instalar una turbina a vapor ciclo Rankine, del orden de 150 Kw, que producirá electricidad para el consumo interno del molino de pilar arroz del orden de los 300,000 US \$ por año de operación, supliendo la máxima demanda del molino que llega a los 103 Kw, pudiendo por lo tanto vender la diferencia

Esta operación se demuestra que es viable y que puede producir una rentabilidad del orden de 20.24 % como tasa interna de retorno económico, superior al 12 % establecido en el reglamento de la ley de concesiones eléctricas

Se necesitará de una inversión inicial del orden de un Millón de dólares, los cuales serán financiados por la banca comercial local o por cualquier línea de crédito de banco multilateral que promueva la disminución de las emisiones de gases efecto invernadero

VII.- RECOMENDACIONES

Esta investigación que es de gran interés, ingenieril y empresarial debe ser continuada desde el punto de vista de la generación distribuida, redes inteligentes, reducción de emisiones de gases efecto invernadero, entre criterios de modelos de negocio de distribución eléctrica exitosos que se implementan en la actualidad.

REFERENCIAS

V.

- Rojas González, A., & Flórez Montes, C. (2018). *VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE FRUTAS PARA COMBUSTIÓN Y PIRÓLISIS*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Colombia: Revista Politécnica. Obtenido de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1395/1164>
- Aguiar, R., & Quintana., A. (2020). *Caracterización de cascarilla de arroz como biomasa residual para combustible térmico*. Ecuador: Universidad Internacional SEK. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3742>
- Aguilar Zeas, G. L. (2021). *Evaluación de los residuos de cascarilla de arroz y café como sustratos para generación de biogás mediante el proceso biológico anaeróbico controlado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, NICARAGUA. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/15489/>
- Aguilar Zeas, Lesly Amabec, Gutiérrez Lanuza, Katherine Nohelia, & Lanuza Blandón. (2021). *Evaluación de los residuos de cascarilla de arroz y café como sustratos para generación de biogás mediante el proceso biológico anaeróbico controlado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, NICARAGUA. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/15489/>
- Alvarez Ticllasuca, Joaquin, & Gonzales Paucar, Zaida . (2021). *Eficiencia del biocarbón a partir del purín de porcino por pirólisis*. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, LIMA - PERU. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61913>
- Anbarasi. (2019). *proceso de pirolisis para la generación de energia*. Bogotá.
- Angarita, O. C. (2016). *Estimación del Modelo Cinético de la Pirolisis de Cascarilla de Café a partir de un Análisis Termogravimétrico*. Universidad de los Andes. Bogota - Colombia: Universidad de los Andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19072/u>

728401.pdf?s equence=1

- Araujo. (2020). *Producción de energía de la cascarilla de arroz en Brasil*. brasil.
- Baccile, M. (2018). *Directed one step synthesis of nitrogen doped hydrothermal carbon nanoestructires from glucosr* . New York: Chem.
- Barrios, E. (2018). *Tendencia de los costos de generacion de energia renovable no convencional*. MONTEVIDEO: TUPAC.
- Chen, C. (2021). *Torrefacción de cascarilla y paja de arroz: Propiedades y cinética de pirólisis de biomasa cruda y torrefactada*. china.
- Chieng Silvia, & Kuan Seng. (2022). *Aprovechamiento de bioenergía y productos de alto valor agregado a partir de residuos de arroz: una revisión*. Universidad Tunku Abdul Rahman. Malasia: Conversión de Biomasa y Biorrefinería. doi:10.1007/s13399-020-00891-y
- Chris. (2018). *Generacion de energia eléctrica mediante un generador*. Canadá.
- Cortez, P. (2020). *Valorizacion de la cascarilla de Arroz en diferentes Procesos Industriales* . MEDELLIN: ANTIOQUIA.
- Cuy-Hoyos. (2020). *sistema de pirolisis para obtener material carbonoso a partir de cascarilla de arroz utilizado como precursor*. colombia - Bogotá.
- Dannette Bernice, R., Torres Martínez, D., & Vílchez Pérez, H. (2022). *USO SOSTENIBLE DE LA CASCARILLA DE ARROZ PARA PRODUCTOS DEVALOR AÑADIDO*. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua: Revista El Higo. Obtenido de <http://revistas.uni.edu.ni/index.php/Higo/article/view/463/447>
- Dario. (2019). *Utilización de biocarbón de la cáscara de Oryza sativa (arroz)*. colombia.
- Diaz, D. (2018). *Clasificación del Diseño de Gasificadores*. VALLALODID: BRAGANZA. Fernández García, E. A. (2019).

Generación de energía eléctrica mediante gasificación de la cascarilla de arroz para un molino en Lambayeque. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, LAMBAYEQUE, LIMA - PERU.

- INEI. (2021). *Producción de arroz cascara en Perú durante el año 2021.* PERU. INEI. (2022). *la industria molinera en el Perú.* PERU.
- Jhohannes, A. G. (2020). *Diseño de una central termoeléctrica utilizando cascarilla de arroz para reducir costos de consumo de energía eléctrica en los molinos de arroz de la provincia de Jaén.* Universidad Señor de Sipán, Cajamarca, Jaen. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6893>
- José, P. F. (2021). *"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE AÑEJAMIENTO ARTIFICIAL EN LA CALIDAD CULINARIA DE ARROZ*
- Mulugetta, Y. (2021). : Análisis de factibilidad técnico-económica y ambiental de un sistema energético alimentado con cascarilla de arroz para su aplicación en un grupo de molinos de arroz. *El sevier.*
- Nandagopal, & Maheswari. (2019). *Pirólisis generación de electricidad y biomasa.* Instituto Sreenivasa de Tecnología y Estudios de Gestión, Chittoor, Andhra Pradesh, India. doi:10.1166/jctn.2019.7744
- OkenwaC, & Aigbodion. (2022). *Nuevos conocimientos sobre el rendimiento electroquímico mejorado del grafeno sintetizado a partir de un electrodo compuesto de grafito dopado con cáscara de arroz para supercondensadores.* Colecciones de datos Quimicos, Universidad de Nigeria, Nsukka, Nigeria. doi:10.1016/j.cdc.2022.100887
- Ortega Ramírez, A. T., & Quispe Trinidad, M. I. (2021). *Alternativas del uso de la cascarilla de arroz como fuente energética.* Universidad de América, Bogotá, Colombia. doi:10.18273/revfue.v19n2-2021005

- Osorio. (2019). *análisis técnico económico del uso de la cascarilla de arroz*. colombia. osorio, L. (2019). *análisis técnico económico del uso de la cascarilla de arroz para lageneración de energía eléctrica mediante la gasificación*. colombia.

ANEXOS

Anexo N° 1 Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Dimensiones	Escala de medición
<p>Independiente:</p> <p>Aprovechamiento Energetico de la Cascarilla de Arroz</p>	<p>La utilización del Enorme potencial energetico de la Región Norte del Peru, para la generación eléctrica es un aspecto a tener en cuenta para la promoción de la generación distribuida</p>	<p>Dimensionamiento del potencial térmico y Eléctrico de la Biomasa del Norte del País</p>	<p>Curvas de oferta y demanda eléctrica</p>	<p>kW kWh</p>	<p>Razón</p>
<p>Dependiente:</p> <p>Reducir la facturación de energía Electrica</p>	<p>La disminución de costos en la Industria Molinera es una función muy importante para mantener la competitividad de las empresas del sector</p>	<p>Determinar la energía promedio diaria, para el abastecimiento de los molinos de arroz</p>	<p>Energía promedio diaria, mejora de la cobertura eléctrica en la meta del 100 %</p>	<p>Wh Porcentaje de cobertura</p>	<p>Razón</p>



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CELADA PADILLA JAMES SKINNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MOLINO CORAZÓN DE JESÚS, BAGUA", cuyos autores son IZQUIERDO CASTILLO LEECHENG JAMEINI, MORENO MUSAYON LUIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, 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.

CHICLAYO, 29 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CELADA PADILLA JAMES SKINNER DNI: 16782335 ORCID: 0000-0002-5901-2669	Firmado electrónicamente por: CPADILLAJ el 11-12- 2023 20:06:27

Código documento Trilce: TRI - 0672748