



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Estudio del potencial energético de los residuos sólidos municipales, para
estimar el incremento de la generación eléctrica en Lambayeque

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Santa Cruz Aguinaga, Yuri Alberto (orcid.org/0000-0002-9543-720X)

ASESOR:

Dr. Davila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Generación, Transmisión y Distribución

Línea de acción de responsabilidad social universitaria:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres, Emilio y Luz, por su apoyo constante en mi formación personal y profesional

A Carmen y Fabiana, que son mi motivación y fuente de superación.

Agradecimiento

A Dios todopoderoso por darme las bendiciones y fortaleza de poder seguir luchando por mis sueños y metas.

A mis queridos padres, por sus invalorable consejos, sus enseñanzas y su confianza en mí, espero ser orgullo para ustedes y toda la familia.

A mi esposa e hija por su paciencia, comprensión y apoyo indesmayable en todos estos años de formación profesional

A mis profesores de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica por las enseñanzas que me brindaron y a mis compañeros por compartir sus conocimientos y su amistad durante mi formación profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos	v
Índice de Tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación:	10
3.2. Variables, Operacionalización.....	10
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Métodos de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	38
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla N° 1 Población censada y población proyectada para el periodo 2018-2020 en el distrito de Lambayeque.	15
Tabla N° 2. Generación de residuos sólidos municipales a nivel de distritos de la provincia de Lambayeque durante el periodo 2020.....	19
Tabla N° 3 Generación de residuos sólidos urbanos en el distrito de Lambayeque durante el año 2020	19
Tabla N° 4 Evolución de la generación de los residuos sólidos domiciliarios (t/año)	20
Tabla N° 5 Composición por tipo de residuo 2020. (Según estudio de caracterización)	23
Tabla N° 6 Composición por naturaleza de residuo sólido.....	24
Tabla N° 7 Composición química de los residuos sólidos urbanos en su fracción orgánica. Según muestra analizada.	25
Tabla N° 8 Determinación de tipo de central eléctrica para residuos sólidos.....	34
Tabla N° 9 Producción termoeléctrica por tipo de tecnología - 2020.....	35
Tabla N° 10 Proyección de producción termoeléctrica por tipo de tecnología	36
Tabla N° 11 Producción de Energía por Departamento y tipo de generación. 2020	36
Tabla N° 12 Producción de Energía eléctrica proyectada por Departamento y tipo de generación.....	37

Índice de figuras.

Figura N° 1 Diagrama de generación eléctrica proveniente de biogás de relleno sanitario.....	9
Gráfico N° 1 Producción termoeléctrica por tipo de tecnología. 2020.	35

Resumen

La presente tesis denominada: **“ESTUDIO DEL USO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA ESTIMAR EL INCREMENTO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LAMBAYEQUE”**. Presenta un estudio energético y técnico, para determinar la factibilidad del uso de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Lambayeque para la generación de energía eléctrica.

En la primera parte se aborda la realidad problemática de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Lambayeque, el contexto, la gestión de residuos sólidos en la etapa de recolección, tratamiento, transporte y disposición final, así como el impacto que generan los residuos sólidos que son arrojados directamente a vertederos sin ningún tipo de tratamiento, tanto en el medio ambiente, así como también en la sociedad, se analiza también la creciente demanda de energía a nivel y la necesidad de cambiar la generación de energía eléctrica a partir de recursos energéticos no renovables (combustibles fósiles) hacia la generación de energía eléctrica que provenga en mayor proporción de los recursos energéticos renovables como son los residuos sólidos municipales.

En el segundo capítulo se presentan los antecedentes de estudio, así como las teorías y conceptos referentes al uso de residuos sólidos municipales para generar energía eléctrica a partir del biogás obtenido de los rellenos sanitarios.

En el tercer capítulo se describe la metodología empleada, el diseño, los objetivos, procedimientos y la operacionalización de variables de nuestra investigación y el tratamiento de datos.

En la cuarta parte presentan los resultados de nuestro estudio, se hace un diagnóstico de la cantidad de residuos sólidos municipales, las características de la población, y de del cual dispone la ciudad de Lambayeque, la caracterización, física y química de los residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque, para determinar su potencial energético y luego el potencial eléctrico, así como la tecnología, equipos y procesos disponibles en la actualidad para convertir los residuos sólidos urbanos en energía eléctrica.

En el quinto capítulo se discuten los resultados obtenidos por nuestro estudio, su relevancia y contraste con otras investigaciones similares para el uso de los residuos municipales en la generación de electricidad.

Por último se consignan las conclusiones y recomendaciones a la que arriba nuestra investigación para poder presentar una alternativa real, técnica y sostenible al álgido tema de la gestión inadecuada de los residuos sólidos, tanto a nivel local, como regional y nacional y al constante incremento de consumo de energía eléctrica.

Palabras clave: Residuos sólidos municipales, potencial energético, generación eléctrica.

Abstract

This thesis called: "STUDY OF THE USE OF MUNICIPAL SOLID WASTE TO ESTIMATE THE INCREASE OF ELECTRICAL GENERATION IN LAMBAYEQUE". Presents an energy and technical study to determine the feasibility of using municipal solid waste from the city of Lambayeque to generate electricity.

The first part deals with the problematic reality of municipal solid waste in the city of Lambayeque, the context, the management of solid waste in the collection, treatment, transport and final disposal stage, as well as the impact generated by solid waste. that are thrown directly into landfills without any type of treatment, both in the environment, as well as in society, the growing demand for energy at the level and the need to change the generation of electrical energy from energy resources are also analyzed. non-renewable (fossil fuels) towards the generation of electricity that comes in greater proportion from renewable energy resources such as municipal solid waste.

In the second chapter, the background of the study is presented, as well as the theories and concepts related to the use of municipal solid waste to generate electricity from the biogas obtained from landfills.

The third chapter describes the methodology used, the design, the objectives. procedures and the operationalization of variables of our research and data processing.

In the fourth part, the results of our study are presented, a diagnosis is made of the amount of municipal solid waste, the characteristics of the population, and of which the city of Lambayeque has, the physical and chemical characterization of municipal solid waste. of the Lambayeque district, to determine its energy potential and then the electrical potential, as well as the technology, equipment and processes currently available to convert urban solid waste into electrical energy.

The fifth chapter discusses the results obtained by our study, its relevance and contrast with other similar investigations for the use of municipal waste in electricity generation.

Finally, the conclusions and recommendations to which our research arrives are consigned in order to present a real, technical and sustainable alternative to the

critical issue of inadequate solid waste management, both locally, regionally and nationally, and to the constant increase in electrical energy consumption.

Keywords: Municipal solid waste, energy potential, electric power.

I. INTRODUCCIÓN.

El aumento exponencial de la industria y la población en nuestro mundo moderno aunado a nuestros hábitos de consumo, producen residuos que lamentablemente generan un grave problema a nuestro planeta.

En el mundo la generación de residuos sólidos a nivel mundial sigue creciendo sostenidamente y se proyecta que a mediados de este siglo casi dupliquemos la cantidad de residuos producidos (de 2010 millones de toneladas generadas en 2016 a 3400 millones). (Banco Mundial, 2018)

En América latina y el caribe la realidad también es muy similar. En muchos países de la región no se manejan adecuadamente los residuos sólidos municipales, Empleándose los vertederos y/o botaderos a cielo abierto sin las condiciones requeridas, y no se les da un disposición final adecuada, eso hace que existan vectores infectocontagiosos, con grave riesgo para la salud , los residuos no se clasifican o separan desde la fuente u origen, los segregadores trabajan en las calles y botaderos, buscando productos para generar algún ingreso económico y se continúa con la práctica de recolección sin clasificación y/o separación de los desechos desde el origen; esto aunado a las deficiencias administrativas en el sector público y privado reflejan un gran problema en la región referente al manejo de esto desechos. (Rondón, Szantó, Pacheco, Contreras, & Gálvez, 2016)

En nuestro país el problema de los residuos sólidos municipales es bastante compleja, ya que existe una crisis en la gestión de los residuos sólidos; expresada en la escasez de rellenos sanitarios (33 en el país), falta de plantas de tratamiento de residuos, escasos programas de clasificación de residuos en domicilios e instituciones , problemas de recojo, entre los más álgidos. (MINAM, 2020)

La mayor cantidad de los habitantes se concentran en zonas urbanas (75 % aproximadamente), 3 de cada 10 habitantes no tienen acceso al recojo de sus residuos. La producción de estos residuos sigue aumentando (de 13 000 T/día hace una década a 18 000 T/día. La mitad de estos residuos no se disponen de

forma correcta, lo cual se evidencia en calles, avenidas, caminos, ríos y playas sucias. (MINAM, 2019)

Una alternativa de solución eficiente, es la construcción de rellenos sanitarios, para luego ser usados en la generación de biogás que se obtiene a través de diversos procesos químicos, que finalmente darán paso a la obtención de metano, el cual podrá ser usado para generar electricidad. Este biogás tiene un 50% de metano cuyo poder calorífico nos puede permitir mover las turbinas, luego a través de generadores y otros equipos propios de una central eléctrica, generar energía eléctrica que puede ser aportada al sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) para su venta y distribución. (Frers, 2015)

La ciudad de Lambayeque se ubica dentro de las ciudades con déficit de un programa adecuado de residuos sólidos, donde no se cuenta con rellenos sanitario, solo se tiene un vertedero principal en las pampas de Lambayeque, y otro secundario en la carretera hacia San José, se tiene problemas graves de recojo de basura y de su disposición final, se arrojan a la intemperie en calles y avenidas, destacando los grandes cúmulos que las autoridades denominan “puntos críticos”, muchas veces se queman, produciendo grave daño al medio ambiente y la población en general.

El distrito de Lambayeque genera aproximadamente 110 toneladas de residuos sólidos municipales diarios; y se recogen 48 toneladas que se depositan en los dos botaderos municipales de Lambayeque, se cuenta con un pequeño centro de compostaje, ubicado a 3 kilómetros del centro de la ciudad en el poblado de Mocce Antiguo, donde se recogen residuos orgánicos que han sido clasificados (cáscaras de fruta y verduras) por un programa donde participan un aproximado de 100 familias de la urbanización La Republicana y del Pueblo Joven San Martín, aledaños a la zona; lamentablemente el resto de residuos que no son recogidos y los que son transportados a los esto vertederos son puestos a la intemperie, siendo una fuente de contaminación ambiental, sin darles ningún aprovechamiento energético o transformación. (MINAM 2020).

En tal sentido resulta importante darle un aprovechamiento energético de los residuos sólidos municipales en su parte orgánica para generar electricidad.

De acuerdo a la problemática analizada el problema planteado es: **¿Cómo el estudio del potencial energético de los residuos sólidos municipales permitirá estimar el incremento de la generación eléctrica en la ciudad de Lambayeque?**

Esta investigación tiene justificación técnica, porque se ha demostrado en el mundo que es posible usar la porción de residuos orgánicos de los residuos sólidos para producir biogás y a partir de este combustible generar energía eléctrica que puede ser inyectadas a los sistemas eléctricos y ser aprovechadas a nivel industrial y domiciliario, ejemplo de ello en nuestro país tenemos, las centrales eléctricas de biomasa de Huaycoloro y la central de biomasa de la Gringa V(ambas en Lima); que generan electricidad a partir del aprovechamiento energético de biogás de rellenos sanitarios.

Se justifica socialmente, porque al convertir estos residuos sólidos municipales en energía eléctrica. La población lambayecana mejorara sus índices de salubridad, ya que estos desechos no estarán a la intemperie con la consiguiente contaminación del aire y la presencia de vectores infectocontagiosos, de igual manera la electricidad generada servirá para impulsar la economía local a través de su uso en la industria y domicilios de Lambayeque.

El presente proyecto, se justifica económicamente, por lo que permitirá obtener energía eléctrica a costos competitivos a nivel del mercado eléctrico en el Perú y el mundo, ya que este tipo de producción de energía eléctrica proveniente de los denominados recursos energéticos renovables (RER) no convencionales, reciben incentivos económicos y respaldo financiero de parte de entidades internacionales como el banco mundial y el banco interamericano de desarrollo; en los denominados bonos de carbono.

Ambientalmente se justifica porque este proyecto permitirá disminuir los gases de efecto invernadero (principalmente metano) emitidos a la atmósfera, de igual forma disminuir la contaminación de suelos y reservas acuíferas del subsuelo por los lixiviados de los botaderos municipales.

La hipótesis de trabajo planteada en el siguiente trabajo de investigación es la siguiente:

Si se realiza un estudio del potencial energético de los residuos sólidos municipales entonces permitirá, estimar el incremento de la generación eléctrica en la ciudad de Lambayeque.

El objetivo general de esta investigación es la siguiente:

✓ **Realizar el estudio del potencial energético de los residuos sólidos municipales para estimar el incremento de la generación eléctrica en Lambayeque.**

De este objetivo general, se generan estos objetivos específicos:

✓ Diagnosticar el proceso del manejo de residuos sólidos municipales en la ciudad de Lambayeque, para determinar la masa de residuos sólidos generada y su tasa de crecimiento anual.

✓ Cuantificar el potencial energético de los Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Lambayeque, mediante la caracterización de los residuos sólidos municipales.

✓ Calcular la energía de Biogás producido a partir de los Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Lambayeque.

✓ Determinar la energía eléctrica generada a partir del biogás producido, considerando los equipos requeridos para este fin.

II. MARCO TEÓRICO.

Algunos de los antecedentes de estudio relacionados con el presente proyecto tenemos:

A nivel internacional tenemos:

(Vera, Martinez, Estrada, & Ortiz, 2014). Los autores en este artículo científico enuncian que es factible determinar la cantidad de biogás proveniente de un relleno sanitario del poblado de Ciénaga de Chípala, en el estado de Michoacán en México, su captación y conversión en energía eléctrica.

Cid (2016). Resalta en esta tesis que en Chile y en el mundo hay un mercado creciente de producir plantas térmicas proveniente de los residuos sólidos municipales con la finalidad de generar electricidad y en este caso la técnica a usar sería la incineración.

Cid, Contreras y Ormeño (2016). Precisa en su estudio, la importancia que le dan a la producción de electricidad proveniente de los residuos sólidos municipales, pero tomando en cuenta las condiciones específicas de Chile, así como la incipiente cultura del reciclaje y segregación desde la fuente para hacer más rentable la generación de energía eléctrica proveniente los residuos sólidos urbanos.

A nivel nacional mencionamos:

(Huaylino, 2018). Considera que la energía proveniente del biogás los residuos sólidos municipales permiten predecir la potencia eléctrica a obtener, y evaluar la energía requerida para un proyecto de generación eléctrica de larga duración, para esto se basó en los modelos de predicción de biogás de Scholl Canyon e IPCC.

Gomez (2017). Considera que los estudios teóricos y prácticos del potencial de producción de metano es una alternativa adecuada para usarlo en la producción de la electricidad.

Domínguez y Flores (2016). Destaca que el porcentaje de residuos sólidos municipales es alto, en un 78,8 % del total para transformarlas en energía eléctrica, a partir de su conversión en biogás a base de residuos sólidos.

Navarro (2017). Destaca el provecho del empleo de los residuos sólidos municipales con la finalidad de brindar energía eléctrica al país, de igual forma disminuir los índices de contaminación ambiental, al reducir el empleo de combustibles convencionales (petróleo, gas, carbón).

García y Tenorio (2020). Señalan la relevancia de usar la energía de los residuos sólidos urbanos para generar energía eléctrica máxima a partir del año 10 de funcionamiento del relleno sanitario.

Las bases teóricas precisadas en este estudio se describen a continuación:

Residuos sólidos municipales.(RSM)

Se denomina así a aquellos desechos que recolectan los municipios y autoridades locales. Generalmente se considera a los residuos sólidos a todos aquellos que abarcan los desechos domésticos los desechos de parques y jardines. (MINAM 2029)

Gestión de los residuos sólidos Municipales.

Una adecuada gestión de los residuos sólidos debe considerar la técnica de las 3R (reducción, reúso y reciclaje).

La clasificación y separación de los residuos sólidos constituye una de las estrategias más efectivas para disminuir la contaminación ambiental y preservar la salud de la población.

En tal sentido resulta conveniente resaltar las diversas alternativas de gestión adecuada de los residuos sólidos, tales como las 3R, el compostaje, la digestión anaerobia para obtener biogás y aprovechamiento energético como bases fundamentales para una adecuada gestión de residuos sólidos.

Otro de los aspectos cruciales de una buena gestión de residuos, es la minimización y concientización a la población para cambiar los hábitos de consumo, comprando solo lo necesario y produciendo menos cantidad de basura en nuestros hogares, dejando de usar plásticos y otras sustancias que no son biodegradables. (Comisión federal de electricidad, 2012)

Biomasa.

Por biomasa se entiende a cualquier materia que tiene un origen biológico que permita su uso como recurso energético. Abarca la materia que proviene de procesos biológicos y bioquímicos de animales y vegetales, incluyendo aquellos que se obtienen por transformaciones naturales o artificiales.

Estos cambios biológicos son espontáneos y no necesitan periodos de tiempo largos, a diferencia de la formación de los combustibles fósiles que se formaron en millones de años.

Una de las propiedades más relevantes de la biomasa, es que es un recurso renovable, a diferencia de los recursos no renovables como los

combustibles fósiles que pueden agotarse o no son renovables. La biomasa en el corto plazo es una alternativa interesante para proveer energía a las sociedades y de esta forma impulsar su desarrollo socioeconómico. (FAO, 2020)

Energía de la biomasa

Esta se produce a partir de la energía almacenada por el sol en los organismos animales y vegetales, estas fuentes pueden obtenerse de tres grupos: de origen vegetal, animal y humano. La biomasa de origen humano resaltan los residuos sólidos domiciliarios. El potencial energético de la biomasa es variable y para los residuos sólidos domésticos (sin tratar) tienen un valor aproximado de (9 GJ/Ton). (Carta, Calero, Castro, & Colmenar, 2009)

Biometanización

Es un proceso mediante el cual la parte orgánica de los residuos sólidos es sometida a reacciones bioquímicas sin presencia de oxígeno (anaerobias) obteniéndose como resultado de este proceso: Biogás; que es una mezcla de metano y dióxido de carbono y digesto que es un compuesto orgánico resultante destinado a otros procesos biológicos para estabilizarlo. (Rodrigo, Rodrigo, & Fernández, 2014).

Biogas.

Es una combinación de varios gases, principalmente de metano y dióxido de carbono y otros gases en menor proporción. También contienen impurezas, motivo por el cual es necesario filtrarlas. La composición del gas esta en relación directa con el material procesado así como la tecnología de proceso y de algunos factores físicos y químicos como la humedad. Cuando el contenido del biogás tiene un índice porcentual mayor al 45% de metano es inflamable, sirviendo esto para su aprovechamiento calorífico directo o su conversión eléctrica en equipos termoeléctricos. (turbinas, motores de combustión, microturbinas). (FAO, 2012).

Relleno sanitario.

Un relleno sanitario es un espacio acondicionado para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el suelo y consiste en la superposición de capas de residuos y de tierra compactadas en el menor volumen posible, en la actualidad se realizan bajo de diseños de ingeniería y de legislación técnica y ambiental muy precisas, que precisan de un correcto diseño, operación y mantenimiento que minimice los impactos al medio ambiente. (Torri, Centro de desarrollo y políticas públicas, 2017).

Modelo EPA.

Los principales modelos de estimación de biogás de relleno sanitario son empíricos utilizando ecuaciones matemáticas de primer orden uno de los más importantes es el modelo US- EPA, debido a su sencillez y confiabilidad. Se necesita conocer la tasa promedio anual de residuos sólidos anuales depositados en un relleno o lugar. (Elizarova Urrego Martinez, 2016). Este modelo permite hacer estimaciones en rellenos sanitarios aún en fase de proyecto y se expresa con la siguiente ecuación matemática:

$$Q_{CH_4i} = k \cdot m_i \cdot L_0 \cdot e^{-k(x-T)}$$

Dónde:

Q_{CH_4i} : flujo de metano generado en el año x por el RSU depositado en el año i [$m^3CH_4/año$]

L_0 : Potencial de generación de metano. [m^3CH_4/ton]

K : Constante de generación de metano [$1/año$]

m_i : flujo de residuos en el año i . [ton]

e : logaritmo natural, adimensional

i : año de deposición del residuo en el relleno sanitario [año]

x : año actual [año]

T : años de generación.

$X-T$ =antigüedad de cada período de disposición: 0, 1...

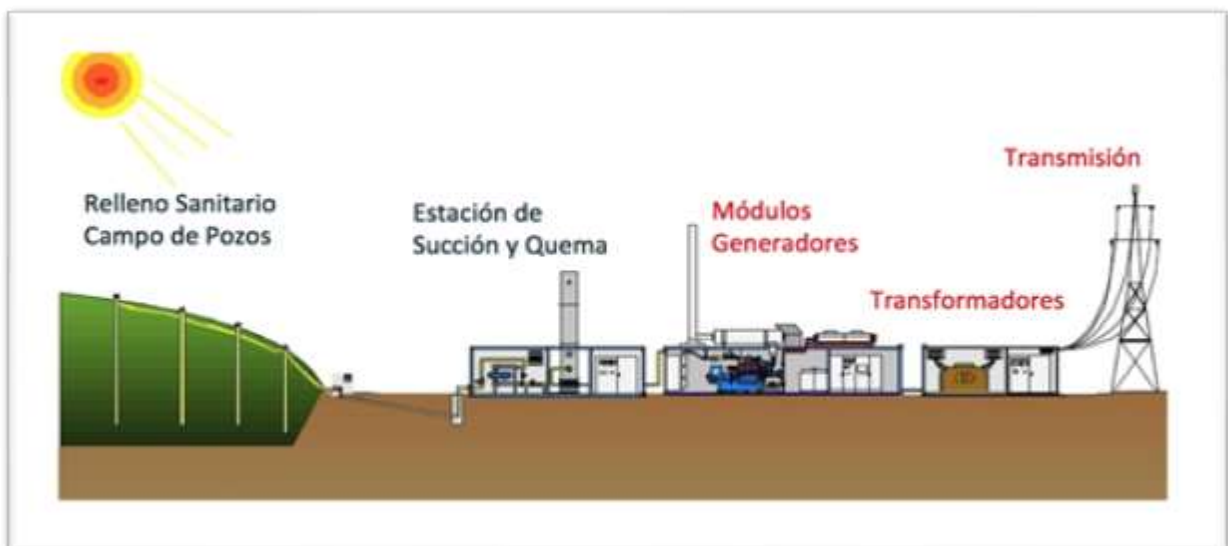
Energía.

Es la capacidad para producir un trabajo, también se le denomina así a la capacidad de un cuerpo o sistema material de transformarse así mismos, o de transformar a otros cuerpos. (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2009)

Generación eléctrica proveniente de biogás de relleno sanitario.

El biogás que es una mezcla de Metano y anhídrido carbónico, resultante de la digestión anaerobia de los residuos es recolectado por tubos colectores que se obtienen de pozos colectores verticales u horizontales y luego llevado a una estación de tratamiento para filtrarlo, sacarle el agua, comprimirlo y luego inyectado a motores de combustión interna o a turbinas de gas, que esta conectado al eje del generador eléctrico, produciendo la electricidad, luego se llevan a los transformadores de potencia donde se aumenta su voltaje y se reduce su intensidad y se entrega a la red eléctrica. (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012)

Figura N° 1 Diagrama de generación eléctrica proveniente de biogás de relleno sanitario.



Fuente: <https://www.pinterest.com/rensop/energy/>

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y diseño de investigación:

a) Tipo de investigación.

Es aplicada por que su finalidad es resolver un problema en un determinado contexto. Se considera también un estudio descriptivo ya que describe las condiciones reales y sin intervención del investigador.

b) Diseño

Es no experimental, ya que es de campo y porque no se manipulan las variables, observaremos los hechos tal y como suceden para luego analizarlos. Partimos de recabar información respecto a los volúmenes generados diariamente, mensualmente y anualmente en el distrito de Lambayeque, los tipos de residuos sólidos, así como la infraestructura de recojo y la disposición final, para luego realizar un análisis energético y técnico de cuanta energía eléctrica podría obtenerse a partir de la conversión de estos residuos sólidos urbanos en biogás y posterior conversión en electricidad, a través de los equipos y tecnologías seleccionadas para este fin.

3.2. Variables, Operacionalización.

a) Variable independiente.

Estudio del potencial energético de los residuos sólidos municipales.

b) Variable dependiente

Incremento de la generación eléctrica en la ciudad de Lambayeque.

c) Operacionalización de variables. (Ver anexo N° 1)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Masa de residuos sólidos municipales generados diariamente, mensualmente y anualmente en la provincia de Lambayeque considerando sus componentes.

Muestra: Masa de residuos sólidos municipales generados diariamente, mensualmente y anualmente en el distrito de Lambayeque considerando sus componentes.

Muestreo: No probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Técnica de recolección de datos.

a) **Observación directa.**

Se realizará en el lugar de los hechos, es decir en el centro de compostaje y los botaderos municipales de Lambayeque, con la finalidad de hacer ensayos , observaciones y anotaciones.

b) **Análisis de documentos**

Se considero libros, documentos, reportes, artículos científicos tesis, revistas, mapas y otros relacionados con este proyecto, con el apoyo de buscadores o bases de datos especializadas, como Scopus, Google académico, Scielo, Dialnet, Redalyd.org. Esta búsqueda de información se realizó con el uso de investigaciones de menos de 7 años de antigüedad.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Guías de observación

Se uso para recabar data de la masa y componentes de los residuos sólidos urbanos municipales depositados en el centro de compostaje y los 2 vertederos municipales de Lambayeque.

Ficha de análisis de documentos

Se uso para recabar datos que sean relevantes para el estudio, como: documentos, tesis, revistas, manuales técnicos, guías y similares, para desarrollar este estudio.

Ficha de control de diseño.- Está ficha nos permitió recoger información in situ de los volúmenes y tipos de residuos, el porcentaje de residuos orgánicos, recolectados y dispuestos en las celdas de almacenamiento y vertederos municipales.

3.5. Procedimientos.

- a) Se hizo un diagnóstico del proceso del manejo de residuos sólidos municipales en la ciudad de Lambayeque, para determinar la masa de residuos sólidos generada y su tasa de crecimiento anual.
- b) Luego, se cuantificó, el potencial energético de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Lambayeque, mediante la caracterización de los residuos sólidos municipales.
- c) A continuación, se calculó la energía de Biogás producido a partir de los Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Lambayeque utilizando el modelo teórico de estimación US- EPA.
- d) Para finalizar, se determinó la energía eléctrica generada a partir del biogás producido, considerando los equipos requeridos para este fin.

La confiabilidad de estos instrumentos, lo determinaron profesionales, expertos en el tema para darle la rigurosidad de una investigación de este tipo con la finalidad de que el análisis de datos sea lo más objetivo posible.

3.6. Métodos de análisis de datos

El método a usar en esta investigación es el método deductivo. Se usará un análisis estadístico: e los volúmenes, tipos de residuos municipales producidos y también un análisis energético en base al estudio físico químico y calórico realizado por pruebas de laboratorio.

En el análisis estadísticos de los datos obtenidos, se han usado herramientas como los test de Chi cuadrado y la T de Student.

El cual se complementará con la metodología de predicción de biogás en rellenos sanitarios US- EPA.

Asimismo, se empleará el programa Excel para el procesamiento de los datos, así como el procesador de textos de Word para la redacción del proyecto.

3.7. Aspectos éticos

Este investigación se realizó respetando la originalidad de las fuentes, tanto en antecedentes, teorías, datos y modelos con cual se desarrolló con la finalidad, de no ocasionar perjuicios a los autores y respetando estrictamente la autoría intelectual y la propiedad sobre la misma.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnosticar el proceso del manejo de residuos sólidos municipales en la ciudad de Lambayeque, para determinar la masa de residuos sólidos generada y su tasa de crecimiento anual.

Este estudio se llevó a cabo en el distrito de Lambayeque, capital de la provincia del mismo nombre, se encuentra ubicada en la costa norte del Perú. De acuerdo a datos del INEI (2018) , es el distrito de mayor densidad poblacional, de mayor índice de población urbana y de mayor crecimiento socioeconómico de la provincia de Lambayeque. En esta ciudad de predominante población urbana, se desarrollan múltiples actividades económicas, tales como turismo, molinos, fábricas de dulces y ladrillos, transporte, restaurantes, comercio, talleres, entre otras, generan una considerable cantidad de residuos sólidos municipales, por lo cual resulta fundamental para nuestra investigación el poder caracterizarlos demográficamente y geográficamente, así como conocer los detalles de la gestión de los residuos sólidos en esta ciudad.

4.1.1. Ubicación geográfica de la investigación.

La provincia de Lambayeque se ubica en la costa peruana en el sector norte, aproximadamente entre las coordenadas geográficas 5° 28'36" y 7°14'37" de latitud Sur y 79°41'30" y 80° 37'23" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, además posee una altura de 18 m.s.n. y a una distancia de 12 Km. de la ciudad de Chiclayo.(INEI 2018).

4.1.2. Población de la ciudad de Lambayeque.

La provincia de Lambayeque es la provincia más extensa de la región Lambayeque con 8,368.36 km² , posee el 67.63% de la totalidad del territorio regional y la segunda en población con 300170 habitantes en el ámbito provincial y en el ámbito distrital posee una población de 71425 pobladores, según datos del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas del 2017(INEI 2018). De esta población 59969 pobladores pertenecen a la zona urbana y 11456 a la zona rural.

De acuerdo a información del INEI la tasa de incremento poblacional promedio de la ciudad de Lambayeque es del 1,5 % para el periodo comprendido entre el 2007 al 2017. La proyección de población en el distrito de Lambayeque se consigna en la siguiente tabla:

Tabla N° 1 Población censada y población proyectada para el periodo 2018-2020 en el distrito de Lambayeque.

Población censada 2017	Población proyectada		
	2018	2019	2020
71425	76651	78343	79845

Fuente: INEI 2020. Elaboración propia

De esta tabla observamos que la población censada en el 2017 y la población proyectada durante los años 2018, 2019 y 2020, se incrementa sostenidamente; esto conlleva a la generación de mayor cantidad de residuos sólidos, producto del incremento poblacional.

4.1.3. Situación social y económica de la ciudad de Lambayeque.

Con respecto a este aspecto según datos del instituto peruano de economía -IPE (índice de desarrollo humano 2019) la esperanza de vida al nacer en el distrito era de 74.69. Con respecto al nivel educativo el porcentaje de pobladores con nivel secundaria completa hasta los 18 años era de 66.90% con un promedio de años de educación de 9,54 años (para personas con edad de 25 años a más) siendo este índice uno de los más altos en los distritos de la región Lambayeque. En el aspecto económico registra un ingreso familiar per cápita de 872.55 soles, siendo el cuarto distrito de la región en este aspecto, solo detrás de Tumbes (S/.1068.72), de Chiclayo (S/. 998, 39) y Puerto Eten (928,49). Su índice de desarrollo social es de 0,5539 que lo colocan dentro de los primeros lugares de los distritos de la región.

Destacan actividades de procesamiento de granos y molinos de arroz, fábricas de King kones, textiles, agroindustrias y comercios (venta de vehículos, maquinaria agrícola, restaurantes, tiendas y similares) asimismo se destaca como

actividades económicas y financieras el sector turismo impulsado por la presencia de los museos Tumbas reales, Bruning y el complejo arqueológico Huaca Chotuna.

4.1.4. Vivienda y saneamiento.

El sistema de agua potable es gestionado y administrado por la empresa EPSEL , y el sistema de captación de las aguas superficiales y subterráneas del sistema hídrico del río Lambayeque , existiendo 4 pozos subterráneos, una fuente en la acequia Romualdo y 3 tanques elevados y una planta de tratamiento. Con una cobertura del 60,4% de acceso al agua potable. Con respecto al alcantarillado existe una cobertura del 56,7 %, siendo aún insuficiente esta cobertura.

Con respecto a las viviendas esta se concentra principalmente de forma particular con un total de 17178 viviendas y de ellas 16025 casas independientes. (CENSO INEI 2017).

4.1.5. Sistema de energía eléctrica.

Con respecto a la fuente de suministro eléctrico el distrito de Lambayeque proviene del sistema interconectado nacional (SEIN) en el subsistema Chiclayo. Con respecto al número de conexiones eléctricas Lambayeque concentra alrededor del 30% del total de conexiones provincial. Durante el año 2020 la ciudad de Lambayeque consumió 61 959 568 kw.h representando el 40% de consumo del departamento. De este total provincial el distrito de Lambayeque consume aproximadamente la tercera parte del total provincial

4.1.6. Gestión de los residuos sólidos en el distrito de Lambayeque.

La generación per capita (kg/hab/día) de residuos sólidos del distrito de Lambayeque es de 0,50 y genera en promedio 48 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos. Según datos del SIGERSOL 2020. La gestión de residuos en cuanto al de recojo y disposición final de los residuos sólidos sigue siendo ineficiente, con graves problemas en el recojo , tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos. Evidenciándose en una gran presencia de puntos críticos en distintos espacios urbanos, como carreteras, terrenos libres y de cultivo, drenes y cequias. Se pueden mencionar algunos sectores como: calles laterales al

mercado modelo, , barrio 18 de Febrero, Huaca Chotuna, Malecón Ureta, huaca los Chinos, asentamiento humano las Maravillas, canales y zonas de tránsito de la carretera panamericana al norte y sur de la ciudad.

En la ciudad de Lambayeque los residuos sólidos municipales son recogidos por el municipio distrital, se recogen diariamente un promedio de 48 toneladas de residuos sólidos municipales, (SIGERSOL, 2021) a través de 3 camiones compactadores y cuatro furgonetas. Las labores de recojo se inician a partir de las 2:00 a.m y la población saca a la calle sus residuos a partir de las 8:00 p.m. después de terminar su jornada de recojo estos camiones se dirigen a los dos botaderos municipales.

El primero de ellos el botadero municipal 1 , localizado al Noroeste del distrito aproximadamente a 10 kilómetros de la ciudad de Lambayeque en la zona de las pampas de Lambayeque y cercana a la playa Naylamp, colindante con el distrito de San José, (coordenadas geográficas UTM Este 611581 y Norte 9257926) el centro poblado más cercano es San Carlos del distrito de San José. Posee una superficie de 17.35 hectáreas. En este botadero se puede apreciar gran cantidad de vectores infectocontagiosos como moscas y roedores y carroñeros. También se observa recicladores informales y actividad de segregación moderada y personas que queman los residuos, produciendo una mayor contaminación atmosférica. También se observan abundantes residuos hospitalarios e industriales. No existe crianza de animales en su periferia (aves y ganado porcino).

También existe el botadero municipal 2 que esta siendo dejado paulatinamente para trasladar la totalidad al botadero municipal 1 (Playa Naylamp), este botadero se encuentra en la zona de Yencala León a 4 km de distancia del centro del distrito, cercana al centro poblado San Pedro, zona limítrofe con el distrito de San José, esta ubicado al costado del dren 2210 (coordenadas UTM. Este 618232,37 y 925 6217.8 Norte). Posee un área de 3 hectáreas.

En este vertedero se observa gran cantidad de vectores infectocontagiosos como moscas y roedores y carroñeros. También se observa recicladores informales

y escasa actividad de segregación y moderada quema de residuos produciendo contaminación atmosférica.

Cabe mencionar que la ciudad de Lambayeque no posee un relleno sanitario, pero si se están dando los pasos necesarios para su implementación. En tal sentido se esta construyendo la celda transitoria de Lambayeque en el botadero cercano a la playa Naylamp.

En este botadero se aprecia gran cantidad de vectores infectocontagiosos como moscas y roedores y carroñeros. También se observa recicladores informales y escasa segregación informal, pero abundante quema de residuos sólidos para reducir la masa de residuos, produciendo una mayor contaminación atmosférica. También se observan abundantes residuos hospitalarios e industriales. No existe crianza de animales en su periferia (aves y ganado porcino).

En la actualidad la municipalidad distrital reporte sus datos al SIGERSOL, posee su plan de gestión de residuos sólidos y también participa del programa segregación en la fuente y recolección selectiva de los residuos sólidos domiciliarios. En tal sentido participan algunos hogares, (aproximadamente 100) se recolectan los residuos orgánicos de comida en contenedores de 10 y 20 litros y se recogen semanalmente para convertirlos en compost en el centro de compostaje (Un promedio de una tonelada semanal). Se esta implementado también un proyecto de reciclaje con la finalidad de entregar material reciclable (vidrios, plásticos, papel y cartón) a empresas especializadas en este fin.

4.1.7. Cantidad de residuos sólidos municipales generados en Lambayeque.

Para determinar la cantidad de residuos sólidos municipales de la ciudad de Lambayeque, es necesario conocer la cantidad de pobladores, el tipo de población, así como la cantidad de residuos sólidos generados y recogidos, así como los tipos y naturaleza de los residuos sólidos producidos y finalmente la cantidad o masa de residuos sólidos generada. (generación domiciliaria y urbana y generación per cápita).

La cantidad de residuos sólidos generados en la provincia de Lambayeque y sus respectivos distritos se muestran a continuación:

Tabla N° 2. Generación de residuos sólidos municipales a nivel de distritos de la provincia de Lambayeque durante el periodo 2020

DISTRITO	POBLACIÓN TOTAL (INEI 2020)	GPC_DOM 2020 (KG/HAB/DÍA)	GENERACIÓN DOM URBANA (T/DÍA)	GENERACIÓN DOM URBANA (T/AÑO)	GENERACIÓN MUN (T/AÑO)	GENERACIÓN MUN (T/DÍA)	GPC_MUN 2020 (KG/HAB/DÍA)
LAMBAYEQUE	79,845	0.50	33.36	12,174.58	17,392.25	47.65	0.71
CHOCHOPE	1,571	0.50	0.24	88.74	126.77	0.35	0.71
ILLIMO	9,472	0.44	2.33	851.18	1,215.97	3.33	0.63
JAYANCA	20,042	0.54	5.66	2,067.18	2,953.12	8.09	0.77
MOCHUMI	19,750	0.53	4.33	1,580.10	2,257.29	6.18	0.76
MORROPE	56,131	0.39	5.61	2,047.14	2,924.48	8.01	0.56
MOTUPE	33,952	0.20	3.65	1,333.56	1,905.09	5.22	0.29
OLMOS	55,691	0.51	8.59	3,134.58	4,477.97	12.27	0.73
PACORA	8,829	0.37	1.56	570.59	815.12	2.23	0.53
SALAS	13,577	0.43	1.94	707.69	1,010.98	2.77	0.61
SAN JOSÉ	17,754	0.57	9.11	3,324.64	4,749.48	13.01	0.81
TÚCUME	24,221	0.33	3.38	1,232.69	1,760.98	4.82	0.47

Fuente: Elaboración propia con datos del SIGERSOL 2020.

De esta tabla se desprende que la mayor cantidad de residuos sólidos municipales los produce el distrito de Lambayeque debido a una mayor población (79845 habitantes) y debido a que concentra la mayor cantidad de actividades económicas del distrito para este periodo de tiempo. Tal como se muestra a continuación:

Tabla N° 3 Generación de residuos sólidos urbanos en el distrito de Lambayeque durante el año 2020

GPC_DOM 2020 (KG/HAB/DÍA)	0.50
GENERACIÓN_DOM URBANA (T/DÍA)	33.36
GENERACIÓN_DOM URBANA (T/AÑO)	12,174.58
GENERACIÓN_MUN (T/AÑO)	17,392.25
GENERACIÓN_MUN (T/DÍA)	47.65
GPC_MUN 2020 (KG/HAB/DÍA)	0.71

Fuente: Elaboración propia con datos del SIGERSOL 2020.

De esta tabla destacamos que la generación de residuos urbana en toneladas diarias, es de 33, 76 , mientras la generación municipal diaria es de 47, 65. La mayor cantidad corresponde a los residuos domiciliarios diarios. Para este estudio tomamos, el total de residuos municipales gestionados por la comuna lambayecana redondeando su valor a 48 toneladas diarias. De igual forma su valor en toneladas al año, que son de 17,392.25 toneladas al año.

De igual forma se observa un incremento sostenido de la generación de residuos sólidos municipales debido principalmente al aumento de la población y de las actividades económicas del distrito de Lambayeque como se consigna en la siguiente tabla:

Tabla N° 4 Evolución de la generación de los residuos sólidos domiciliarios (t/año)

Año	(toneladas/año)
2016	11702.3963
2017	11958.3456
2018	12174.7650
2019	12451.2158
2020	12905.0495

Fuente: Elaboración propia con datos de SIGERSOL.

Con estos datos calcularemos el incremento porcentual por año.

La formula es la siguiente:

$$\left[\frac{\text{Valor final} - \text{valor inicial}}{\text{Valor inicial}} \right] \times 100$$

$$((11958.3456 - 11702.3963) / 11702.3963) \times 100 = 2.18$$

$$((12174.7650 - 11958.3456) / 11958.3456) \times 100 = 1,81$$

$$((12451.2158 - 12174.7650) / 12174.7650) \times 100 = 2,27$$

$$((12905.0495 - 12451.2158) / 12451.2158) \times 100 = 3,65$$

Luego el promedio anual será:

$$((2.18 + 1.81 + 2.27 + 3.65)/4) = 2,5$$

De los datos analizados anteriormente deducimos una tasa promedio de incremento de generación de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Lambayeque de 2,5 %

4.2. Cuantificar el potencial energético de los Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Lambayeque, mediante la caracterización de los residuos sólidos municipales.

Para cuantificar el potencial energético de los residuos, un aspecto vital para la realización de esta investigación lo constituyen los parámetros de composición física, composición química y poder calórico de los residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque.

La cantidad total de energía por fuente de energía, para esta investigación es biomasa proveniente de los residuos sólidos municipales; para esto se debe saber la composición física, composición química y los poderes caloríficos de la muestra, con la finalidad de conocer cuanta energía se obtendría por unidad de masa.

4.2.1. Composición física de los residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque.

Con respecto al elemento de composición física de los residuos sólidos municipales, es necesario, principalmente para desarrollar programas formales de reciclaje y disminución de los volúmenes a recoger, así como su posterior valoración energética y disposición final.

De acuerdo a la política nacional ambiental y a la Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos N° 1278, esta norma está orientada a reducir la producción de residuos desde su origen (domiciliarios y municipales) , así como dirigir esfuerzos para su recuperación y valorización material y energética de los residuos sólidos producidos.

Esta ley favorece alcanzar el logro de las metas de mitigación del cambio climático, en el contexto de los acuerdos internacionales, al realizar una adecuada gestión integral de los residuos sólidos. Dentro de las acciones y estrategias de mitigación recomendadas para la gestión integral de residuos sólidos se mencionan: rellenos sanitarios, celdas transitorias, plantas de tratamiento, segregación en el origen, y su valoración en centros de compostaje, la generación de biogas en relleno sanitario para su aprovechamiento térmico y/o eléctrico, entre otros. (Ministerio del ambiente, 2018)

Este aspecto de capturar el biogás (metano) de relleno sanitario para su quema y conversión en electricidad es el fin de esta investigación.

En tal sentido debemos determinar en primera instancia la composición física de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Lambayeque. Esta se obtiene a partir de conocer el porcentaje de cada uno de los componentes.

La composición por porcentaje de los residuos sólidos municipales esta dada por la siguiente fórmula :

$$\text{Fórmula de Composición Porcentaje (\%)} = \frac{P_c \times 100}{PT}$$

Donde:

Pc = Peso de cada desecho que conforma los residuos sólidos.

PT= Peso total de los residuos sólidos recolectados diariamente.

La composición física de los residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque de acuerdo al último estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (2020) , se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 5 Composición por tipo de residuo 2020. (Según estudio de caracterización)

TIPO DE RESIDUO	PORCENTAJE (En peso del total generado)
Residuos de alimentos	33.92
Residuos de maleza y poda	0.50
Otros orgánicos	5.17
Papel	6.25
Cartón	5.85
Vidrio	1.46
Plástico	11.41
Metales	2.07
Textiles (telas)	0.70
Caucho cuero jebe	0.43
Bolsas plásticas de un solo uso	4.65
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas)	17.06
Pilas	0.11
Tecnopor (poliestireno expandido)	0.73
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	4.92
Restos de medicamentos	2.80

Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	2.80
Otros residuos no categorizados	0.07

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio de caracterización municipal.

De esta tabla se observa que el porcentaje más alto son los residuos de alimentos con un 33.92%. Si consideramos la fracción orgánica total de los residuos sólidos municipales tendremos a los residuos de alimentos, los residuos de maleza y poda, otros residuos orgánicos, papel y cartón, que se biodegradan para poder formar biogás, el porcentaje que se obtiene es de 51.69%.

Cuando analizamos la composición de los residuos sólidos de acuerdo a su naturaleza, se obtiene como datos lo que se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla N° 6 Composición por naturaleza de residuo sólido.

RESIDUO	PORCENTAJE (%)
Orgánico	51.69
Inorgánico	16.78
No aprovechable	14.36
Peligrosos	17.17
TOTAL	100

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de la Municipalidad Provincial de Lambayeque.

Se resalta que la mayor cantidad de residuos sólidos municipales lo constituye la parte orgánica de residuos sólidos domiciliarios que se destinará a la producción de metano para su posterior conversión en electricidad, en este caso se como cuestión inicial que la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos para la ciudad de Lambayeque, es de un 51,69 %, como lo muestra la tabla N° 4, arriba

mencionada y una generación de residuos sólidos municipales de 17392.25 ton/año. De las cuales 12905,5 pertenecen a residuos sólidos domiciliarios y 4486,75 son residuos sólidos no domiciliarios. (SIGERSOL, 2020).

4.2.2. Composición química de los residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque.

El otro parámetro de composición química de los residuos sólidos esta dada principalmente por la cantidad de elementos biogénicos o bioquímicos principales (C,H, O, N,S) y su porcentaje en cenizas.

La composición química de los residuos , poseen 5 elementos químicos que son los más importantes: Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, Azufre Oxígeno; y cenizas, en donde la incidencia de materia orgánica es la que tiene mayor proporción, y la que finalmente se biodegrada anaeróbicamente en los rellenos sanitarios para obtener biogás que será quemado para generar electricidad.

Para tal fin se realizó un ensayo en laboratorio para determinar la composición química de los residuos sólidos municipales; en su fracción orgánica. El resultado de dicho ensayo se muestra a continuación:

Tabla N° 7 Composición química de los residuos sólidos urbanos en su fracción orgánica. Según muestra analizada.

Componente	Materia Orgánica
Composición física (% peso, base seca)	51,69 %,
C	55.4
H	6,6
O	33.1
N	0,7
S	0.37
Cenizas	3.9

Fuente: Propia. En base al análisis químico efectuado.

De los resultados obtenidos en el reporte de análisis químicos se destacan los porcentajes de Carbono con un 55,4 % y del Hidrógeno con un 6,6 %, ya que estos elementos químicos son los componentes del Metano CH₄, el cual al quemarse nos brindara la energía necesaria para generar electricidad.

4.2.3. Poder calorífico de los residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque.

Para determinar el poder calorífico de un combustible, sustancia o mezcla, es necesario diferenciar el poder calorífico inferior (PCI) y el poder calorífico superior (PCS).

Existen dos formas para el cálculo del PCI: el método analítico y el método práctico. El método analítico se basa en calcular el total los poderes calóricos de los componentes más abundantes que constituyen la muestra nalizada químicamente en laboratorio, expresados por su porcentaje en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno.

El PCI de acuerdo a sus componentes mas abundantes de una muestra en base seca se da por la siguiente ecuación:

$$PCI \text{ (kcal/kg)} = 8.140.C + 29000. (H - O/8) + 2.220.S - 600. H_2O$$

El método práctico se realiza encontrando los poderes caloríficos en una bomba calorimétrica, por kilogramo de muestra en un laboratorio físico.

Si conocemos la cantidad de H de la muestra y su humedad podemos hallar el PCI con la siguiente ecuación:

$$PCI \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \right] = PCS \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right] - 597. (9.H + H_2O)$$

En base a los antecedentes de estudio y al análisis bibliográfico teóricamente se refiere, un valor aproximado del PCI y PCS superior de los RSU es de 9-11 MJ/kg, según datos de la comisión federal de energía (Comisión federal de energía, 2012),

Se consideró una estimación conservadora de 9,0 MJ y si tomamos en cuenta el total de residuos sólidos municipales generados en el año 2020 de acuerdo a la tabla N°3, tendríamos:

$17392.25 \times 1000 = 17\,392\,250$ Luego tendríamos:

$$9,0 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \times 17\,392\,250 \text{ kg} = 156\,530\,250 \text{ MJ}$$

Este es valor de energía que teóricamente obtendríamos de los residuos sólidos municipales.

4.3. **Calcular la energía del biogás producido a partir de los Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Lambayeque**

El metano y el dióxido de carbono son los principales compuestos químicos que conforman al biogás y resultan de un proceso bioquímico denominado descomposición anaeróbica, específicamente de la celulosa y las proteínas en los residuos orgánicos de los rellenos sanitarios y botaderos. La descomposición anaeróbica se realiza sin presencia de oxígeno.

La descomposición es un proceso bioquímico complejo que necesita que se den ciertos parámetros y factores ambientales como la cantidad de materias orgánicas y el contenido de humedad de los residuos sólidos orgánicos, la concentración de nutrientes, la presencia y distribución de microorganismos, el tamaño de las partículas de los residuos, la inmisión de agua, pH, y temperatura, influyen en la descomposición de los residuos orgánicos y la generación de biogás.

Debido al complejo conjunto de parámetros que deben darse para la generación de biogás, diversos estudios experimentales y trabajo de campo estiman que para producir biogás, los residuos orgánicos tienen que tener depositado un lapso de tiempo de al menos un año para que se empiece a producir la descomposición anaerobia en un relleno sanitario y luego comenzar a emanar biogás.

La residuos orgánicos en un relleno sanitario puede generar biogás en un periodo de tiempo de 20 o 30 años, que es el tiempo promedio de un relleno sanitario que ha sido gestionado adecuadamente. Pero en vertederos o

botaderos a cielo abierto y sin control, los residuos orgánicos al estar en contacto con el oxígeno del aire, solo emiten Dióxido de carbono y agua.

Para este estudio se propone en base a consideraciones técnicas y del área a ocupar que para la obtención de biogás, se realizará a partir de la construcción del relleno sanitario de Lambayeque, el cual en este momento se encuentra en una etapa previa, que la construcción de una celda de almacenamiento.

Para el proceso de obtención del metano se ha elegido como contenedor los denominados colectores de biogás. Existen dos tipos de colectores de biogás o pozos colectores: los colectores horizontales y verticales.

Para este fin se ponderará con mayor valoración a los colectores verticales de biogás por encima de los colectores horizontales, ya que permite producir una mayor de biogás por cantidad de materia orgánica depositada.

Se propone para tal fin la construcción de 80 colectores verticales de captación de biogás y un aproximado de 4 km de tubería de biogás para recolectar el biogás emanado, asimismo la central deberá contar con una estación de succión o bombeo de biogás y otra estación de quemado de biogás automatizada.

Para realizar teóricamente el cálculo de biogás (metano) de relleno sanitario existen diversos modelos matemáticos, el modelo elegido ha sido el modelo de US.- EPA ya que es el más requerido por su versatilidad, confiabilidad en diversas investigaciones y tesis y en proyectos de producción de electricidad a partir del quemado de biogás en centrales térmicas diseñadas para este fin; y permite hacer estimaciones aún sin estar operativo el relleno sanitario.

El modelo de estimación de biogás a utilizar es el modelo de primer orden denominado US-EPA ya que es posible estimar el volumen de biogás producido en rellenos sanitarios a partir de conocer la masa de residuos depositada anualmente en los rellenos sanitarios, es un modelo sencillo para su aplicación y bastante confiable para hacer un cálculo preliminar. Ya que permite hacer estimaciones en rellenos sanitarios aún en fase de proyecto

$$Q_{CH_4i} = k \cdot m_i \cdot L_0 \cdot e^{-k(x-T)}$$

Dónde:

Q_{CH_4i} : flujo de metano generado en el año x por el RSU depositado en el año i [$m^3CH_4/año$]

L_0 : Potencial de generación de metano. [m^3CH_4/ton]

K : Constante de generación de metano [$1/año$]

m_i : flujo de residuos en el año i . [ton]

e : logaritmo natural, adimensional

i : año de deposición del residuo en el relleno sanitario [año]

x : año actual [año]

T : años de generación.

$X-T$ =antigüedad de cada período de disposición: 0, 1...

El volumen de metano generado necesita de un calculo en el que participan varios parámetros o características propias del residuo, el porcentaje de dilusión, la temperatura de reacción entre otros.

El cálculo realizado se dio, bajo el supuesto de condiciones óptimas de operación, los cuales arrojan resultados aproximados y que en un relleno sanitario en funcionamiento pueden verse afectados por otros parámetros que influyen en un relleno sanitario real.

Para este estudio se realizó un cálculo aproximado de la energía y la potencia eléctrica que podría disponerse para la generación eléctrica en el distrito de Lambayeque.

Dada la producción diaria de residuos sólidos municipales la ciudad, que de acuerdo a la tabla 3; es de 17 392. 25 Toneladas anuales, y en promedio en 47 650 kg diarios, y se considera la producción de residuos señalados en la tabla 7, donde el porcentaje residuos orgánicos es el 51 % del total de la basura, se tiene que:

$$47650 \text{ Kg} * 0.51 = 24\,301.5 \text{ Kilogramos orgánicos / Día.}$$

De acuerdo a la metodología US-EPA la concentración porcentual dentro de los colectores de un relleno sanitario se estima en un 20% de material orgánico, y los sólidos totales (S.T.) = 819 g/kg, que se disuelven con agua, y nos arroja el siguiente resultando:

$$Q_a = 17\,392.25 \text{ Kg/día} * 100 / 20 = 86961.25 \text{ Kg/día.}$$

Los sólidos totales obtenidos dentro del reactor diariamente luego de su alimentación se calculan de la siguiente manera;

$$ST = 819 \text{ g/kg} * 86961.25 \text{ Kg/día} * \text{Kg}/1000 \text{ g} = 71222.264 \text{ Kg ST / Día.}$$

Para los sólidos volátiles se estima un promedio de 52,93 % de los Sólidos totales, lo cual operando matemáticamente obtenemos:

$$SV = 0.5293 * 71222.264 = 37645.014 \text{ Kg/día.}$$

Luego si tomamos estos resultados hay procesos de degradación mediante el cual se reducen los sólidos volátiles y en promedio de los resultados obtenidos en diversas pruebas de laboratorio se estableced como factor de corrección de 74,9 %. De lo cual resulta lo siguiente:

$$\% \text{ Reducción} = 37645.014 \text{ Kg/día} * 0.794 = 29890.141 \text{ Kg SV / Día.}$$

La conversión anaeróbica de residuos como sólidos volátiles diarios y su conversión en metano se estima normalmente con un factor de 0,15 m³/ kg de sólidos volátiles (SV).

Esto nos brinda un volumen y caudal de biogas cuyo cálculo es el siguiente:

$$Q \text{ Biogas} = 29890.141 \text{ Kg SV /Día} * 0.15 \text{ m}^3/\text{Kg SV} = 4483.502 \text{ m}^3 \text{ Metano / Día.}$$

En promedio para obtener biogas de colectores verticales seleccionados en este estudio se establecen en un valor aproximado del 60% , de lo cual obtenemos:

$$4483.502 \text{ m}^3 \text{ Metano /Día} * 8708.4 \text{ Kcal /m}^3 \text{ Metano} = 39044128.82 \text{ Kilocalorías / Día.}$$

Este valor por hora, es 39044128.82, y transformando unidades en KJ /Segundo será de 1 626 938.70 Kilocalorías / Hora * (1 Hora / 3600 Seg) * (4,186 KJ / 1 Kcal) = 1891.76 KJ/S

Que es equivalente a 1.8917 MW, la potencia aprovechable del gas metano.

Potencial de generación.

Para este estudio se consideró únicamente los residuos recogidos en el distrito de Lambayeque y depositados en el Botadero Municipal 1 que está en el límite con el distrito de san José y donde en la actualidad se encuentra en etapa de construcción una celda transitoria para la posterior implementación del relleno sanitario de Lambayeque, Aquí también se propone la construcción de la central térmica de biomasa con residuos sólidos, ubicándose esta área, a 10 km al sur de la ciudad de Lambayeque

De acuerdo a esta ubicación, los residuos sólidos que se utilizarán será en una primera etapa el distrito de Lambayeque, que de acuerdo a los datos contenidos en la tabla N°3, sería en el año 2020 de 17392.25 toneladas

Se realiza el cálculo para el año 2020, se tiene:

$$\frac{17392.25 \text{ x}1000\text{kg}}{\text{Año}} \times \frac{9.0 \text{ MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{1 \text{ año}}{86400 \times 365} = 4,96 \text{ MW}$$

Estos 4,96 MW es el potencial energético que teóricamente se dispondría de la obtención del biogás de relleno sanitario de la ciudad de Lambayeque.

4.4. Determinar la energía eléctrica generada a partir de la energía del biogás producido, considerando los equipos requeridos para este fin.

Para seleccionar el equipo que permita la generación de electricidad a partir de la combustión del gas metano proveniente de los residuos sólidos municipales, los criterios que se han tenido en cuenta son: consultas con expertos en la materia y por el análisis teórico de investigaciones similares a nuestro estudio como las tesis de Atoche Edgardo (Edgardo, 2018), de Huaylinos Irving (Sosa, 2018); también se analizó evidencia empírica de centrales térmicas de generación eléctrica a biogás proveniente de rellenos sanitarios instalados en nuestro país tales como la central térmica de biomasa de Huaycoloro y la central de térmica de biomasa La gringa V, para tal fin se analizó las fichas técnicas de estas centrales térmicas que funcionan al utilizar como combustible el biogás proveniente de los residuos sólidos municipales.

De acuerdo a la tecnología usada de conversión de biogás en electricidad, existen varias alternativas, de las cuales se han seleccionado dos, por su versatilidad y por las condiciones que se presentan en el estudio fueron: centrales térmicas con turbina a gas y de ciclo diesel (motor de combustión interna)

Para las centrales con turbina de gas, la eficiencia promedio es de 45% y para ciclo diésel la potencia promedio es del 30%. (Harper, 2011, pág. 138).

Es decir la potencia instalada de la central termoeléctrica con turbina de gas sería de $4.96 \times 0.45 = 2.232$ MW,

Con motor de combustión interna ciclo diésel sería de $4.96 \times 0.3 = 1.488$ MW.

La elección y toma de decisión entre la central con motor de combustión interna y de Turbina a gas , se realiza considerando aspectos técnicos, económicos, de demanda eléctrica, de ubicación, de tecnología y aspectos ambientales.

En el apartado técnico, los factores que se consideran para la turbina a gas, es que requieren mayor infraestructura en obras civiles y de instalaciones

electromecánicas de mayor amplitud y complejidad que la de los grupos Diesel; por esta razón tiene una mayor valoración o puntaje en este apartado la central con Motor Diesel sobre la central con turbina a gas..

En lo referente a la parte económica, es decir en la inversión, la central con turbina a gas posee un costo de instalación de 2,5 Millones de Nuevos Soles por cada MW.

Con lo cual necesitamos una inversión de:

$2,5 \times 2,232 = 5,58$ millones de nuevos soles de inversión.

La inversión para la central con motor de combustión interna es de 1,4 Millones de Nuevos Soles por MW, con lo cual obtenemos:

$1,4 \times 1.488 = 2,0832$ Millones de Nuevos Soles.

En esta parte la valoración es mayor en el caso de los grupos con motor de combustión interna.(Diesel)

En lo referente al factor de ubicación de la central, como ambas estarían localizadas en lugares aledaños al relleno Sanitario municipal de Lambayeque, el puntaje es el mismo.

En el tema ambiental, el parámetro está dado por la emisión de gases de combustión principalmente óxidos de Nitrógeno y dióxido de carbono.

Los óxidos de Nitrógeno aparecen a temperaturas mayores a los 700 °C por lo cual según revisión bibliográfica la temperatura en zonas de combustión de turbinas de gas superan los 1000 °C y en el caso de los motores Diesel fluctúa entre 700 y 800°C. Con lo cual obtiene un mejor puntaje la de motor Diesel ya que al tener menores temperaturas, la cantidad de óxidos de nitrógeno emitidos será menor.

Por el tipo de carga, la central de turbina a gas tarda más tiempo en alcanzar la carga plena que la central Diesel. En tal sentido obtiene mayor puntuación la central Diesel.

En el aspecto de ingresos por venta de energía, se tiene que los costos promedios en las centrales de turbinas a gas oscilan entre 0.35 a 0.47 Nuevos Soles por cada kw-h, mientras que, para las centrales diésel, los costos promedios son entre 0.41 a 0.49 Nuevos Soles, en tal sentido se obtiene mayor puntuación la central de turbina a gas.

La valoración final de los distintos aspectos analizados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 8 Determinación de tipo de central eléctrica para residuos sólidos

Central Eléctrica	Valoración de Aspecto (1 menos favorable, 5 más favorable)							
	Técnico	Económico	Ubicación	Tecnología	Ambiental	Tipo de carga	Precio de venta de energía	Puntuación
Motor Diesel a gas	4	3	3	4	3	3	3	23
Turbina de Gas	3	3	3	2	2	2	4	19

Fuente: Elaboración propia en base a consulta a expertos.

En esta tabla se consignan puntajes de acuerdo a cada factor o parámetro, desde el punto de vista técnico, económico, de ubicación, tecnología, ambiental, tipo de carga y precio de venta de energía, considerándose un total de 23 puntos para motor Diesel, el cual obtiene una puntuación mayor al de turbina a gas. En los diversos parámetros la central térmica diesel supera o iguala en puntuación, exceptuando el precio de venta de energía donde la central de turbina a gas obtiene una mayor valoración.

En función a lo argumentado en los criterios de toma de decisiones, en la tabla 08 se tiene el análisis y se obtiene como resultado que se utilizará una central termoeléctrica con motor de combustión interna de 1.488 MW, de potencia instalada.

Se recomienda utilizar motores de combustión interna de ciclo Diesel por la evidencia empírica y por la disponibilidad de los volúmenes de biogás disponibles

La potencia de 1.488 MW, tendrá un funcionamiento promedio de 3 horas por día. Entonces la energía se incrementa en 4464 kw-h, en las tres horas de

funcionamiento de la central térmica a biogás , resultando para un funcionamiento de 365 días al año, se tiene 1 629 360 Kw-h (1,629 GW-h).

De acuerdo a la información emitida por el Comité de Operación Económico del Sistema (COES), en el año 2020, la energía generada en las centrales termoeléctricas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 9 Producción termoeléctrica por tipo de tecnología - 2020

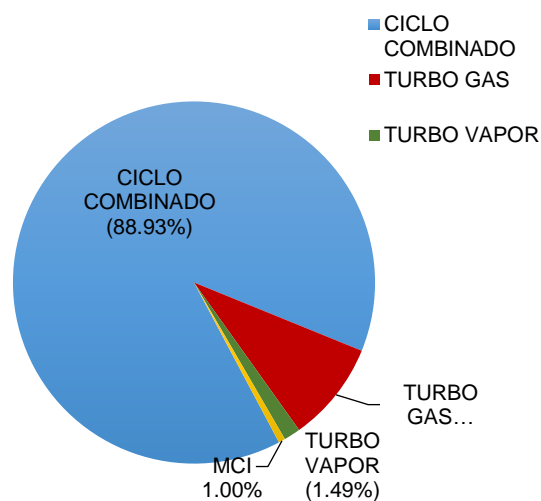
	Energía GW-h	Porcentaje
Ciclo Combinado	15374.0	88.93
Turbo Gas	1554.5	8.59
Turbo Vapor	257.1	1.48
MCI	102.4	1.00
Total	17288.0	100.00

Fuente: COES 2020.

Esta misma tabla se observa gráficamente de la siguiente manera:

Gráfico N° 1 Producción termoeléctrica por tipo de tecnología. 2020.

PRODUCCIÓN TERMOELÉCTRICA POR TIPO DE
TECNOLOGÍA - 2020



Fuente: COES 2020.

De esta tabla y su respectivo gráfico destacamos que la generación eléctrica a partir de motores de combustión interna ocupa una porción equivalente al 1,00 % de la energía generada a partir de centrales termoeléctricas correspondiente a la generación eléctrica de 102.48 GW-h.

Con este estudio la energía producida anualmente por los residuos sólidos municipales provenientes del distrito de Lambayeque, es de 1,629 GW-h con lo cual, se incrementa de 102,48 a 104.109 GW-h, por lo cual la generación eléctrica proveniente de centrales termoeléctricas a nivel nacional sería la que se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 10 Proyección de producción termoeléctrica por tipo de tecnología

	Energía GW-h	Porcentaje
Ciclo Combinado	15374.0	88.92
Turbo Gas	1554.5	8.89
Turbo Vapor	257.1	1.38
MCI	104.109	1.20
Total	17289.69	100.00

Fuente COES. 2020.

Con respecto a la generación Lambayeque tenemos de acuerdo a la información brindada por COES, los datos se expresan en la siguiente tabla:

Tabla N° 11 Producción de Energía por Departamento y tipo de generación. 2020

Departamento	Tipo de Generación (GW-h) en el SEIN					
	Hidráulica	Térmica	Solar	Eólica	Total	Porcentaje
Lambayeque	0	83.3	0	0	83.3	0.102
Total Nacional					49 186.64	100%

Fuente: COES 2020.

De los datos mostrados en la tabla 11, la energía eléctrica producida por centrales termoeléctricas y entregadas al SEIN para el año 2020 es de 83, 3 GW-h, lo cual constituye un porcentaje de 0,102 del total nacional.

Con la entrada en operación de la central térmica de biogás con residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque de 1,488 MW de potencia, se tiene que el departamento de Lambayeque aumenta su generación anual de energía eléctrica en 1,69 GW-h, por consiguiente en la tabla 12 se consigna la generación de energía eléctrica proyectada por departamento y tipo.

Tabla N° 12 Producción de Energía eléctrica proyectada por Departamento y tipo de generación.

Departamento	Tipo de Generación (GW-h) en el SEIN					
	Hidráulica	Térmica	Solar	Eólica	Total	Porcentaje
Lambayeque	0	84.99	0	0	84.99	0.137
Total Nacional					49 188.33	100%

Fuente: COES 2020.

En consecuencia, se puede determinar que de 83.3 de generación eléctrica anual en la región Lambayeque pasa a incrementarse a 84.99 GW-h; lo que en porcentaje representa el 2.02 % de incremento.

V. DISCUSIÓN.

Al interpretar los resultados obtenidos podemos destacar lo siguiente:

- Un aspecto fundamental para poder estimar el potencial energético de los residuos sólidos municipales lo constituye la masa anual de residuos sólidos generados, así como la tasa de incremento de generación de residuos, se tomaron como data los reportes hechos por la municipalidad al MINAM, a través de su sistema SIGERSOL, para este caso se consigna en la tabla N° 04 que la generación total al año para el periodo 2020, es de 17 392,25 (ton/año).
- De igual manera, se obtuvo una generación municipal diaria de 47,65 ton/día y la generación per cápita por habitante de 0,71 kg/habitante. Se determino de acuerdo a los últimos reportes de los últimos 4 años, para el periodo 2017-2020. Estableciéndose para este fin una tasa de incremento de la generación de residuos sólidos de 2,5 %. Resultando un dato interesante de una cantidad significativa de residuos sólidos municipales y una tasa de generación adecuada para poder establecer la tecnología de generación de energía eléctrica a partir de la quema de biogás proveniente del relleno sanitario de Lambayeque.
- De la tabla N° 06, se observa que un 51.69 % del total de residuos sólidos municipales recolectados en la ciudad de Lambayeque, de acuerdo al estudio de caracterización de residuos realizado, son de naturaleza orgánica, esto ofrece un escenario muy favorable para la generación de electricidad a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos municipales permitiendo incrementar la generación de energía eléctrica producida en nuestra región.
- La cantidad de energía que poseen los residuos están en función a la composición física, la composición química, y el poder calorífico de los residuos sólidos municipales. En cuanto a la composición física se tomaron los datos del último estudio de caracterización física de los residuos sólidos municipales, tomando especial énfasis en la fracción orgánica de estos residuos, ya que estos son los que en ultima instancia se van a biodegradar para formar las emanaciones de biogás a partir del proceso bioquímico

denominado metanogénesis. Se analiza que los elementos principales como el C, H, O, N, S y cenizas, son los componentes principales de las proteínas y aminoácidos que forman las proteínas que se biodegradan por acción de las bacterias metanogénicas.

- Para tal fin se realizó un análisis de laboratorio, con la finalidad de determinar los porcentajes de estos elementos biogénicos (C;H;O;N) así como el S y las cenizas. Estas muestras analizadas fueron tomadas al azar de la planta de compostaje a donde llegan los residuos orgánicos de una parte de la población (100 familias), destacándose como resultado que predomina el carbono como elemento; y el Hidrógeno con un alto poder calorífico. Estos datos se consignan en la tabla 07 también se observa un panorama propicio para la formación del metano que es el gas que se combustiónará para convertirlo en electricidad, ya que nos arroja de acuerdo al análisis químico un 55, 4% de Carbono y un 6,6 % de Hidrógeno, lo cual favorece a obtener un mayor volumen de gas metano (CH₄) mediante el proceso de bioquímico de metanogénesis.

- Para la generación eléctrica a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, es imprescindible la construcción del relleno sanitario, para poder instalar los colectores de biogás, luego almacenar, filtrar, quemar metano y obtener la energía eléctrica en la central Diesel.

En la ciudad de Lambayeque se tienen al botadero Municipal 1 y botadero municipal 2 como lugares de disposición final de sus residuos, en estos dos sitios la basura es almacenada sin ningún criterio ni clasificada. En la actualidad la mayor cantidad de residuos (80%) se están haciendo en el botadero municipal 1 (límite con el distrito de San José) y se espera en los próximos dos años se depositen el 100% de residuos en este botadero municipal 1. En la actualidad en este lugar se viene construyendo la celda transitoria de residuos sólidos municipales. Asimismo este será el lugar del futuro relleno sanitario de Lambayeque lo que permitirá la utilización de los residuos sólidos municipales en una central térmica que funcione con el biogás de este relleno sanitario.

Con respecto a la energía del biogás producidos en pozos verticales y haciendo uso de la metodología US- EPA se determina que los colectores horizontales que se proponen utilizar son los más adecuados por que poseen mayor capacidad para recolectar mayores volúmenes de gas. De igual manera se obtiene teóricamente una energía de 6,75 MW a partir del biogás producido en el relleno sanitario de Lambayeque. La cual es una cantidad aceptable para poder producir energía eléctrica e incrementar la generación eléctrica en nuestra región y así darle la valoración energética a los residuos solidos municipales.

En el análisis, de esta apartado de la energía eléctrica generada a partir de la energía del biogás producido, considerando los equipos requeridos para este fin; proponemos el uso de motores de combustión interna como el motor Diesel, por su versatilidad y por su eficacia comprobada con evidencia empírica en las centrales térmicas de biomasa, con combustible de biogás de relleno sanitario, como es el caso de la central termoeléctrica de biomasa de Haycoloro en la provincia de Huarochiri, Region Lima y la central térmica de biomasa la Gringa V, en el distrito de Ventanilla, provincia del Callao.

Con respecto a la comparación de resultados podemos destacar lo siguiente: Los resultados obtenidos en comparación con otras investigaciones de este tipo son complejos de comparar, ya que la mayoría de estudios se han dado bajo contextos diferentes, con estudio de rellenos sanitarios ya instalados, aún así podemos destacar los siguientes:

Dominguez Huamani Alvaró en su tesis titulada uso de los residuos solidos municipales para la generación de energía eléctrica en la provincia del santa, destaca que la hipótesis de trabajo realizada el 50 % de los residuos solidos de esa localidad son orgánicos y se pueden aprovechar en un 78% de esa fracción orgánica para producir energía calorífica; en nuestra investigación obtuvimos que el 51.69 % del total de residuos sólidos municipales recolectados en la ciudad de Lambayeque son orgánicos, este es un valor muy similar al resultado obtenido en el Santa. También con respecto a las características químicas de los residuos, este estudio se baso en un análisis bibliográfico, para determinar parámetros como la humedad y el poder

calorífico y similares, nuestro estudio en cambio no solo considero el análisis bibliográfico, sino también el análisis en laboratorio (análisis químico) de la muestra de la fracción orgánica, acercándonos a datos experimentales más precisos para respaldar nuestro estudio.(ver anexo 03).

Natalia Navarro Ortiz en su tesis denominada: potencial técnico para la producción de biogás, generado a partir de residuos orgánicos producidos en la comuna de Independencia, expresa como resultados que al realizar una adecuada gestión en el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, permitirá disminuir los gases de efecto invernadero y que el biogás contribuirá al usos sustentable de la energía, en tal sentido nuestro estudio coincide que una adecuada gestión de los residuos solidos y su posterior tratamiento permitirán disminuir los gases de efecto invernadero, pero que un mejor aprovechamiento de los residuos orgánicos es producir biogás para su posterior conversión en electricidad.

Martha García Jiménez y Jhossi Tenorio Montenegro, en su tesis denominada: Potencial de producción de biogás para la generación de energía eléctrica en el relleno sanitario de la provincia de Bagua, Amazonas, 2018. encuentran que en la provincia de Bagua el 81,14% de residuos depositados en el relleno sanitario son de rápida y lenta degradación, esto contrasta con nuestros resultados obtenidos en Lambayeque con el 51.69 %, lo cual nos permitiría deducir que la composición de los residuos pueden variar sustancialmente en relación a las provincias de la costa (más densas poblacionalmente y con menos actividad agrícola y población rural), con las de la selva.

VI. CONCLUSIONES.

- Se recopiló información de la cantidad de residuos por día, mes y años del distrito de Lambayeque, proporcionados por la municipalidad provincial de Lambayeque y repostados al sistema SIGERSOL del Ministerio del Ambiente, en el cual se verifica una la relación directa entre la población y la cantidad de residuos generados, de igual forma los diferentes tipos de residuos producidos, y la proyección hacia el año 2022, esta información nos permitió determinar que la fracción orgánica de residuos sólidos municipales, en el distrito de Lambayeque, aún es alta con un 51,1% de residuos orgánicos, que es un porcentaje notable para poder obtener biogás que será quemado para incrementar la generación eléctrica de Lambayeque.
- La potencial energético de los residuos sólidos se determinan por su composición física (orgánicos e inorgánicos), su composición química y los elementos primordiales para formar el metano es decir C y H y otros elementos de alto poder calorífico, que luego se podrán quemar y con diversas tecnologías generar electricidad; para nuestra investigación se valoro la central Diesel, al obtener mayor ponderación con respecto a la turbina de gas.
- La energía del biogás obtenida a partir de los residuos sólidos municipales se estimó de forma teórica, con el modelo matemático US- EPA, bajo condiciones optimas ideales. Obteniéndose un volumen de 4483.502 m³ Metano / Día y su equivalente a 1.8917 MW, la potencia aprovechable del gas metano seria 1891.76 KJ/S. De acuerdo a estos cálculos teóricos se obtuvo 4,88 MW que es el potencial energético que teóricamente se dispondría de la obtención del biogás de relleno sanitario de la ciudad de Lambayeque y que podría utilizarse para generar energía eléctrica.
- Para determinar el tipo la energía producida por la combustión de biogás proveniente de los residuos sólidos municipales en su fracción orgánica; se

realizó mediante la revisión bibliográfica y evidencia empírica con el análisis de las fichas técnicas de las centrales de biomasa que usan como combustible el biogás de rellenos sanitarios instaladas en nuestro país, en tal sentido se realizó un análisis comparativo entre los diversos tipos de tecnologías que existen para aprovechar la energía de los rellenos sanitarios seleccionándose, la tecnología de motores de combustión interna (Diesel a gas) en comparación con la de turbina a gas y se considero los parámetros económicos, ambientales, de ubicación, de tipo de carga eléctrica, técnicos. Los resultados de esta evaluación permitieron determinar que la tecnología Diesel a gas tuvo mas puntuación que la de turbina a gas, optándose por la Central térmica Diesel a gas.

- Con la central Diésel seleccionada se obtiene teóricamente 1,488 MW de potencia Instalada, con una generación de energía eléctrica de 1,69 GW- h anual. Esta incrementa la generación anual de energía eléctrica de 83.3 a 84.99 GW-h, en la región Lambayeque, y representa el 2.02 % de incremento. A nivel nacional el incremento pasa de 0.183 a 0.191% del total.

VII. RECOMENDACIONES.

Que la Municipalidad provincial de Lambayeque haga suyo esta investigación que sirva como punto de partida para iniciar estudios complementarios y más específicos de aprovechamiento energético de los residuos sólidos municipales generados en el distrito, esto acompañado de una política de gestión ambiental integral que priorice un manejo adecuado de los residuos sólidos municipales cuyo objetivo principal sea la concientización ambiental de la población, con hábitos de consumo responsable e impulsar el desarrollo sostenible de nuestra localidad.

El área del futuro relleno sanitario debe ser ampliada, para poder disponer de mayor volumen de residuos y por ende mayor cantidad de colectores de biogás, ya que son zonas despobladas y desérticas, asimismo se debe mejorar las vías de acceso y la circulación hacia el lugar de almacenamiento de los residuos clasificados. De igual manera se recomienda que los distritos colindantes al futuro relleno sanitario de Lambayeque, como son San José, Mochumí y Morrope, deberían realizar un depósito conjunto de sus residuos sólidos municipales para poder garantizar un suministro constante de residuos orgánicos y mejorar su gestión de residuos sólidos municipales.

Se recomienda a la municipalidad provincial de Lambayeque ampliar los estudios preliminares de esta investigación con otros estudios complementarios, que permitan la instalación de la central térmica de biogás del relleno sanitario de Lambayeque, de igual manera, realizar estudios enfocados a la construcción de una planta de tratamiento de residuos sólidos, mejorar la cobertura de recojo de residuos y disposición final, así como la segregación de residuos desde la fuente (domicilios y otras entidades).

REFERENCIAS

1. Aguilar, Q., Armijo, C., & Taboada, P. (2009). www.redalyc.org.
2. Banco Mundial. (2018). Open Knowledge Repository. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
3. Carta, J., Calero, R., Castro, M.-A., & Colmenar, A. (2009). Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables. Madrid: Pearson.
4. Comisión federal de energía. (2012). Guía de usuario. Generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos. México D.F.: Instituto de investigaciones eléctricas.
5. Dammert, M., Molinelli, F., & Carbajal, M. (2011). osinergmin.gob.pe.
6. Deublein, D., & Steinhauser, A. (2008). Biogas from waste and renewable resources: An Introduction. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA.
7. Edgardo, A.-S. (2018). Tesis para optar el título de ingeniero mecánico - eléctrico. Estudio de factibilidad de un sistema moto- generador empleando gasificación de biomasa. Piura, Perú: Repositorio de la Universidad de Piura.
8. FAO. (2012). Manual del biogás. Obtenido de <https://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
9. FAO. (2020). Introducción a la dendroenergía. Obtenido de <https://www.fao.org/documents/en/>
10. FAO. (2020). Introducción a la dendroenergía. Obtenido de <https://www.scienceresearch.com/scienceresearch/desktop/en/results.html>
11. mFrers, C. (2015). ECOPORTAL. Obtenido de https://www.ecoport.net/temas-especiales/basura-residuos/residuos/los_problemas_de_la_basura_y_una_posible_solucion/
12. Gilberto, E. H. (2011). Tecnologías de generación de energía eléctrica. México D.F.: Limusa.

13. Huaylino, I. (2018). Determinación de la potencia eléctrica a partir del biogas obtenido de los residuos sólidos municipales de la Provincia de Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4601>
14. Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012). Generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos . México D.F.: Comisión Federal de Energía.
15. MINAM. (2012). Ministerio del ambiente. Obtenido de [http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=2151:habitantes-de-la-costa-son-los-que-generan-mas-de-residuos-en-el-peru-](http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=2151:habitantes-de-la-costa-son-los-que-generan-mas-de-residuos-en-el-peru)
16. MINAM. (2019). Ministerio del ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/>
17. MINAM. (2019). Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/>
18. MINAM. (2020). MINISTERIO DEL AMBIENTE. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>
19. Ministerio del ambiente. (2018). Ministerio del ambiente. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/18327-minam-municipios-y-sector-privado-promueven-la-valorizacion-de-los-residuos-como-estrategia-para-enfrentar-el-cambio-climatico>
20. Rodrigo, J., Rodrigo, M., & Fernández, J. (2014). Alternativas de valorización y eliminación de residuos sólidos urbanos. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Fernandez-Gonzalez-Maria-2/publication/303664152_Alternativas_de_valorizacion_y Eliminacion_de_residuos_solidos_urbanos/links/574bf24c08ae5f7899ba2436/Alternativas-de-valorizacion-y-eliminacion-de-residuos-solidos-urba

21. Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Academia.edu. Obtenido de https://www.academia.edu/35706341/Manuales_de_Cepal
22. Rondón, S. P. (2016). Academia Edu. Obtenido de https://www.academia.edu/35706341/Manuales_de_Cepal
23. Sosa, I. H. (2018). Tesis para optar el título de Ingeniero Electricista. Determinación de la potencia eléctrica a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Huancayo. Huancayo, Perú: Repositorio Universidad Continental.
24. Torri, S. (s.f.). ¿Qué es un relleno sanitario? Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/319624681_Que_es_un_relleno_sanitario/links/59bbd53d458515e9cfc78e2c/Que-es-un-relleno-sanitario.pdf
25. Torri, S. (2017). ¿Qué es un relleno sanitario? Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/319624681_Que_es_un_relleno_sanitario/links/59bbd53d458515e9cfc78e2c/Que-es-un-relleno-sanitario.pdf
26. Torri, S. (2017). Centro de desarrollo y políticas públicas. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/319624681_Que_es_un_relleno_sanitario/links/59bbd53d458515e9cfc78e2c/Que-es-un-relleno-sanitario.pdf
27. Vera, I., Martínez, J., Estrada, M., & Ortiz, A. (2014). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S140577431500030X>

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable independiente.</p> <p>Estudio del potencial energético de los residuos sólidos municipales</p>	<p>Es la caracterización energética de los desechos de los residuos sólidos municipales (basura) por medio de su combustión directa o mediante los gases generados por la descomposición anaeróbica de los mismos (biogás). (Aguilar, Armijo, & Taboada, 2009)</p>	<p>. Es la cantidad de energía que se obtiene a partir de la producción y combustión del biogás obtenido en colectores de un relleno sanitario.</p>	<p>Cantidad de residuos sólidos orgánicos aprovechables.</p> <p>Volumen de gas metano producido.</p> <p>Eficiencia de colecta de biogás.</p> <p>Eficiencia de quemado de biogás.</p>	<p>Toneladas</p> <p>m³</p> <p>%</p> <p>%</p>
<p>Variable dependiente.</p> <p>Incremento de la generación eléctrica</p>	<p>La generación es la primera de las actividades de la cadena productiva de energía eléctrica, la cual consiste en transformar alguna clase de energía (térmica, mecánica, luminosa, entre otras) en energía eléctrica. Ahora bien, para poder comprender a cabalidad cómo se realiza este proceso de transformación, se requiere conocer algunos conceptos previos, tales como: energía y potencia eléctrica, máxima demanda, factor de carga, corriente alterna y continua. (Dammert, Molinelli, & Carbajal, 2011)</p>	<p>Es la producción de energía eléctrica a partir de la transformación de otra formas de energía.</p>	<p>Poder calorífico del biogás obtenido.</p> <p>Potencia eléctrica</p> <p>Energía eléctrica producida.</p>	<p>Kj/ton</p> <p>Kw</p> <p>Mw</p> <p>Kw-h</p> <p>Mw-h</p> <p>Gw-h</p>

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE LAMBAYEQUE.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DECANATO



Calle Juan XXIII N° 391 - LAMBAYEQUE - PERÚ

Cómbit Universitario Telef. 024 983533

REPORTE DE ANÁLISIS N° 028 -FIQIA

1. **DATOS DE CLIENTE:** Alberto Santa Cruz Aquinaga

2. **DATOS DE LA MUESTRA**

Número de Muestras	Fecha de Tomada Muestra	Tipo
01	19/04/2022	Residuos Domiciliarios

3. **RESULTADOS DE ANÁLISIS**

Tipo de Análisis	Resultados	Observaciones
Cenizas	3.94	-
Carbono (%)	55.41	-
Nitrógeno (%)	0.692	-
Azufre (%)	0.365	-

4. **CONCLUSIONES**

- La determinación del porcentaje de nitrógeno se realizó mediante método Kjeldahl.
- El % de Carbono, se determinó a partir del contenido de materia orgánica, y la constante para determinación de C.
- Los análisis se realizaron teniendo en cuenta los controles de calidad establecidos por el laboratorio, los cuales estuvieron dentro del %RSD.

Firma		Firma	
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Dr. César Augusto Monteza Arbulú
Fecha del Análisis	27/28/29 de abril del 2022		

ANEXO 4. REPORTE DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMABYEQUE.



Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE

Año: 2020

Generación

¿Cuenta con estudio de caracterización de residuos sólidos municipales? Si

Generación Domiciliaria

Densidad: 250,29 kg/m² Generación per cápita: 0,53 kg/habitante

Generación total de residuos sólidos domiciliarios: 12.905,05 ton/año

Composición de residuos sólidos domiciliarios	
Residuos Orgánicos	Porcentaje de los residuos sólidos
Residuos de alimentos	33,92 %
Residuos de maleza, poda y madera	0,50 %
Otros residuos orgánicos	5,17 %
Papel	Porcentaje de los residuos sólidos
Bianco	2,46 %
Periódico	1,58 %
Mixto	2,21 %
Cartón	Porcentaje de los residuos sólidos
Bianco (liso y cartulina)	0,00 %
Marrón (Corrugado)	0,19 %
Mixto	5,56 %
Vidrio	Porcentaje de los residuos sólidos
Transparente	0,00 %
Otros colores (marrón - ámbar, verde, azul, entre otros)	1,46 %
Otros (vidrio de ventana)	0,00 %
Plástico	Porcentaje de los residuos sólidos

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE

Año: 2020

Generación

¿Cuenta con estudio de caracterización de residuos sólidos municipales? Si

Generación Domiciliaria

Densidad: 250,29 kg/m^3 Generación per cápita: 0,53 kg/habitante

Generación total de residuos sólidos domiciliarios: 12.905,05 t/año

Composición de residuos sólidos domiciliarios	
Residuos Orgánicos	Porcentaje de los residuos sólidos
Residuos de alimentos	33,92 %
Residuos de maleza, poda y madera	0,50 %
Otros residuos orgánicos	5,17 %
Papel	Porcentaje de los residuos sólidos
Blanco	2,46 %
Periódico	1,58 %
Mixto	2,21 %
Cartón	Porcentaje de los residuos sólidos
Blanco (liso y cartulina)	0,00 %
Marrón (Corrugado)	0,19 %
Mixto	5,56 %
Vidrio	Porcentaje de los residuos sólidos
Transparente	0,00 %
Otros colores (marrón - ámbar, verde, azul, entre otros)	1,46 %
Otros (vidrio de ventana)	0,00 %
Plástico	Porcentaje de los residuos sólidos

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE

Año: 2020

Composición de residuos sólidos domiciliarios	
Teraftaiato de polietileno	5,20 %
Polietileno de alta densidad	5,15 %
Polietileno de baja densidad	1,07 %
Polipropileno	0,00 %
Poliestireno	0,00 %
Policloruro de vinilo	0,00 %
Otros plásticos	0,00 %
Tetra brik (envases multicapa)	1,86 %
Metales	Porcentaje de los residuos sólidos
Lata (Hojalata)	0,00 %
Acero	0,00 %
Fierro	0,00 %
Aluminio	0,00 %
Otros Metales	2,07 %
Residuos no aprovechables	Porcentaje de los residuos sólidos
Bolsas plásticas	4,65 %
Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias	17,06 %
Pilas	0,11 %
Tecnopor (poliestireno expandido)	0,73 %
Otros no aprovechables	7,86 %
Residuos Inorgánicos	Porcentaje de los residuos sólidos

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE

Año: 2020

Composición de residuos sólidos domiciliarios	
Otros residuos inorgánicos	1,13 %

Generación No Domiciliaria

Generación total de residuos sólidos no domiciliarios: 10.117,53 ton/d

Origen de residuos no domiciliarios	Cantidad (Kg/día)
Instituciones Educativas	4997,89
Restaurantes	4336,02
Barrido	4582,03
Establecimientos comerciales	11309,22
Instituciones públicas y privadas	108,4
Mercados	2074,67
Hoteles	311,04

Composición de residuos sólidos no domiciliarios, según origen.							
	Barrido	Establ. comerciales	Restaurantes	Hoteles	Inst. Educativas	Inst. Públ. y Priv.	Mercados
Residuos Orgánicos		Porcentaje de los residuos sólidos					
Residuos de alimentos	16,07 %	21,72 %	62,33 %	8,93 %	21,66 %	26,92 %	59,67 %
Residuos de maleza, poda y madera	12,97 %	3,57 %	0,2 %	0 %	3,21 %	6,54 %	10,42 %
Otros residuos orgánicos	4,35 %	1,51 %	9,38 %	0,6 %	0 %	0 %	5,54 %
Papel		Porcentaje de los residuos sólidos					
Blanco	3,683 %	3,769 %	0,117 %	0,585 %	6,882 %	4,233 %	1,383 %
Periódico	2,366 %	2,422 %	0,075 %	0,376 %	4,422 %	2,72 %	0,889 %

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE

Año: 2020

	Barrido	Establ. comerciales	Restaurantes	Hoteles	Inst. Educativas	Inst. Públ. y Priv.	Mercados
Otros plásticos	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Tetra brik (envases multicapa)	0.57 %	0.48 %	0.05 %	0 %	2.27 %	0 %	0.15 %
Metales Porcentaje de los residuos sólidos							
Lata (Hojalata)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Acero	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Fierro	2.7301 %	0.009 %	0.003 %	0.004 %	0.002 %	0.001 %	0.01 %
Aluminio	0.027 %	0 %	0.003 %	0.004 %	0.002 %	0.01 %	0.01 %
Otros Metales	0.004 %	5.38 %	1.783 %	2.67 %	1.339 %	0.767 %	0.607 %
Residuos no aprovechables Porcentaje de los residuos sólidos							
Bolsas plásticas	18.64 %	4.62 %	3.03 %	0.3 %	3.88 %	3.08 %	8.47 %
Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias	15.26 %	5.27 %	2.78 %	41.67 %	7.49 %	21.42 %	4.89 %
Pilas	0.38 %	0.05 %	0 %	0.6 %	0.53 %	0 %	0.13 %
Tecopor (poliestireno expandido)	0.57 %	1.08 %	0 %	0.3 %	1.47 %	0.77 %	0.26 %
Otros no aprovechables	3.79 %	10.29 %	1.24 %	18.08 %	3.47 %	1.54 %	0.53 %
Residuos Inorgánicos Porcentaje de los residuos sólidos							
Otros residuos inorgánicos	1.48 %	0.7 %	0.55 %	3.25 %	0.4 %	0 %	0.41 %

ANEXO 6

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres:

- Profesión:

- Grado académico:

- Actividad laboral actual:

INDICACIONES AL EXPERTO.

La tabla mostrada a continuación indica una escala del 1 al 5, que va en orden creciente del desconocimiento al conocimiento experto. Marque con una "X" el nivel o grado que juzgue su conocimiento referente el tema de la tesis presentada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Marque con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)			
b) Experiencia como profesional. (EP)			
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)			
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)			
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)			

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El presente instrumento de recolección de datos a validar es una Entrevista, que tiene por finalidad recoger las validaciones, sugerencias y observaciones para el proyecto titulado: **“Estudio del Potencial Energético de los Residuos Sólidos Municipales, para estimar el incremento de la Generación Eléctrica en Lambayeque.”**

Con el fin de confirmar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le solicitamos contestar las siguientes interrogantes:

1. ¿Estima pertinente la aplicación de esta entrevista para los objetivos consignados en la investigación?

Es pertinente: ___ Poco pertinente: ___ No es pertinente: ___

Por favor, indique las razones:

Para saber el grado de conocimiento del tema

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: ___ Insuficientes: ___

Por favor, indique las razones:

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: ___ Poco adecuadas: ___ Inadecuadas: ___

Por favor, indique las razones:

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia		
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante
1er hoja (inspección visual)						
2da hoja (observación del ensayo)						

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

Firma del experto

ANEXO 7.

ENTREVISTA A LA SUBGERENCIA DE MEDIO AMBIENTE. ÁREA DE ASEO URBANO Y TRTAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

APELLIDOS Y NOMBRES DEL ENTREVISTADO:

CARGO QUE DESEMPEÑA:

TELÉFONO DE CONTACTO:

CORREO:

FECHA:

INSTRUCCIONES:

La presente entrevista tiene por finalidad recoger información validada y pertinente respecto a la gestión de residuos sólidos municipales del distrito de Lambayeque, que nos permita desarrollar la tesis denominada: **“Estudio del Potencial Energético de los Residuos Sólidos Municipales, para estimar el incremento de la Generación Eléctrica en Lambayeque.”**

1. ¿Cuál es el procedimiento que se realiza para la gestión de residuos sólidos municipales en el distrito de Lambayeque?.

2.¿Con que frecuencia se realiza el recojo de residuos sólidos municipales y cual es la masa de residuos que recogen diariamente?.

3. ¿Cuál es el destino final de estos residuos sólidos recogidos?.

4. ¿Cuál es el problema principal de la gestión de residuos sólidos municipales en el distrito de Lambayeque?.

5. ¿Por qué razón el distrito de Lambayeque no cuenta con un relleno sanitario ni una planta de tratamiento de residuos sólidos municipales?.

6. ¿Cómo obtienen los datos de residuos sólidos municipales generados diariamente?.

7. ¿Qué tipo de residuos son los de mayor porcentaje en el momento de la recogida?

8. ¿Cómo realizan la caracterización de los residuos sólidos municipales en el distrito de Lambayeque?



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "ESTUDIO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, PARA ESTIMAR EL INCREMENTO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LAMBAYEQUE"

", cuyo autor es SANTA CRUZ AGUINAGA YURI ALBERTO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, con un porcentaje de similitud del 22% 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.

TRUJILLO, 23 de Junio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DAVILA HURTADO FREDY DNI: 16670066 ORCID 0000-0001-8604-8811	Firmado digitalmente por: FRDAVILAH el 13-07- 2022 12:22:13

Código documento Trilce: TRI - 0309800