



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMICA PARA LA
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO
RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS URBANOS EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Diaz Rios, Moises Hosmar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4742-4065>

Asesor:

Mtro. Vives Garnique Juan Carlos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en desarrollo de la Construcción y la Industria en
un contexto de Sostenibilidad**

Pimentel – Perú

2023

**Diseño De Una Central Termica Para La Generación De Energía Eléctrica
Usando Residuos Sólidos Organicos Urbanos En La Ciudad De Chiclayo**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE
Presidente del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO
Secretario del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Vocal del Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) egresado(s) del Programa de Estudios de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro(amos) bajo juramento que soy(somos) autor(es) del trabajo titulado:

DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS URBANOS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO.

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Díaz Ríos Moisés Hosmar	DNI: 46575975	
-------------------------	---------------	--

Pimentel, 18 de marzo de 2023.

Dedicatoria

Dedico mi tesis a Dios, por su bondad y amor incondicional. A mi madre, que de forma incondicional estuvo a mi lado en cada momento, apoyándome y guiándome para ser una persona de bien.

Agradecimiento

Con amor agradezco a mi familia por su constante apoyo, consejos y motivación para cumplir mis metas.

INDICE

Dedicatoria	4
Agradecimiento.....	5
Resumen	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática.	10
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Hipótesis	13
1.4. Objetivos	13
1.5. Teorías relacionadas al tema	14
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	22
2.1 Tipo y Diseño de Investigación	22
2.2 Variables, Operacionalización	22
2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	25
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	25
2.5 Procedimiento de análisis de datos	26
2.6 Criterios éticos	27
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1. Resultados	29
3.2. Discusión	53
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1. Conclusiones	54
4.2. Recomendaciones	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de residuos sólidos urbanos	18
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	24
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
Tabla 4: Población hasta el año 2020 de la provincia de Chiclayo	29
Tabla 5: Estimación del número de habitantes de la localidad de Chiclayo al año 2040	31
Tabla 6: Índice de kg/hab/día de RSU de la ciudad de Chiclayo.....	33
Tabla 7: Proyección de RSU de la ciudad de Chiclayo en un periodo de 20 años	34
Tabla 8: Proyección de materia orgánica proveniente de los RSU de la ciudad de Chiclayo	35
Tabla 9: Total de metano que está presente en los residuos sólidos orgánicos	36
Tabla 10: Total de biogás presente en la parte orgánica de los RSU de la ciudad de Chiclayo	38
Tabla 11: Datos técnicos y económicos de centrales termoeléctricas ubicadas en el Perú	49
Tabla 12: Datos técnicos y económico de una nueva central térmica en Chiclayo	50
Tabla 13: VAN y TIR de la central térmica de 1.89MW	51

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Proceso de generación y eficiencia	21
Diagrama 2: Caja Negra para variables.....	23
Diagrama 3: Procedimiento para el análisis de datos	26
Diagrama 4: Procedimiento para la recolección de datos	26
Diagrama 5: Diagramas P-V y T-S del Ciclo Brayton Ideal	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Tratamiento y uso del biogás	16
Figura 2: Turbina de gas.....	39
Figura 3: Representación de una turbina de gas de ciclo abierto	39
Figura 4: Turbina de gas SGT-50	46
Figura 5: Filtro de biogás AIRCON HC.....	47
Figura 6: Transformador eléctrico de 2.5 MVA.....	48

Resumen

En la actualidad, la ciudad de Chiclayo genera más de 600 toneladas de basura a diario, la misma que no viene siendo tratada adecuadamente, por el contrario, se desecha de forma inadecuada en los botaderos, lo cual es perjudicial tanto para el medio ambiente, como para población. Partiendo de esta situación problemática, se planteó la siguiente investigación DISEÑO DE UNA CENTRAL TÉRMICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS URBANOS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO, teniendo como objetivo el análisis de la utilización de Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos como combustible para la central térmica, reducir el nivel contaminación ambiental y obtener energía eléctrica.

Para el desarrollo, se cuantificó la cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) que generaba la ciudad de Chiclayo diariamente, después de determinar el total de desechos generados, se estimó la cantidad de residuos orgánicos aprovechables como biomasa y la cantidad de energía eléctrica que se podría generar, finalmente realizar un adecuado análisis económico que nos permita tener una base concreta respecto a la factibilidad de la central térmica.

Palabras Clave: Residuos Sólidos Urbanos, biomasa

Abstract

Currently, the city of Chiclayo generates more than 600 tons of garbage daily, the same that is not being treated properly, on the contrary, it is improperly disposed of in dumps, which is harmful both to the environment, as for population. Starting from this problematic situation, the following research was proposed: DESIGN OF A THERMAL POWER PLANT FOR THE GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY USING URBAN ORGANIC SOLID WASTE IN THE CITY OF CHICLAYO, with the objective of analyzing the use of Organic Urban Solid Waste as fuel for the power plant, reduce the level of environmental pollution and obtain electricity.

For the development, the amount of urban solid waste (MSW) generated by the city of Chiclayo daily was quantified, after determining the total waste generated, the amount of usable organic waste such as biomass and the amount of electrical energy that could generate, finally carry out an adequate economic analysis that allows us to have a concrete base regarding the feasibility of the thermal power plant.

Keywords: Solid Urban Waste, biomass

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Problemática internacional

Según Gonzales [1] en los últimos años, a nivel mundial, el notorio aumento que se ha venido experimentando sobre el consumo excesivo de materiales está impactando negativamente la población y esto se debe a que las sociedades de primer mundo, la fabricación y el consumo tienen un constante incremento, al final de la cadena productiva esto se convierte en generación de residuos sólidos. Para combatir esta problemática es esencial el ordenamiento de residuos y su post tratamiento o reutilización, de esta forma se benefician diferentes entornos como el medio ambiente.

Asimismo, Sanches, Cruz y Maldonado [2] nos comentan que, en Latinoamérica, el tratamiento de residuos sólidos urbanos ha involucrado una gestión que tiene como enfoque perfeccionar la calidad de las ciudades con impactos positivos para todos los agentes involucrados. Esta práctica permitirá satisfacer necesidades básicas y mejorar el entorno económico reduciendo la pobreza.

Actualmente, más del 50% de la población reside en zonas urbanas con una tasa de crecimiento de 1.5%, esto va a la par de un desarrollo económico que trae como parte negativa la creciente generación de residuos sólidos urbanos. Se prevé que la producción mundial de RSU alcance los 2 200 millones de toneladas al año para el año 2025. Países en vía de desarrollo toman esto como un recurso y se plantea opciones de valorización de los residuos como el aprovechamiento de estos para la generación de energía. Se calcula que a nivel mundial hay un aproximado de 130 millones de toneladas de RSU que producen un total de 45 GW-h. Los procesos empleados para la generación de energía suelen ser los procesos bioquímicos y termoquímicos. Este último posee mayor capacidad de disminución de volumen de RSU y mayor potencial energético según lo expuesto por Montiel, y Pérez [3].

La energía es esencial para el constante crecimiento y progreso humano. A nivel internacional, el papel del sistema energético es tomado en cuenta como prioridad para distintos ambientes como el político, científico, social y económico y debido a esto es que se busca soluciones energéticas que reemplacen el uso masivo de combustibles fósiles. Frente a esto, ha surgido una fuente de generación energética centrada en la digestión anaerobia, la cual es una tecnología que aprovecha la energía presente en la materia orgánica de lo RSU a través de la conversión de sustratos complejos en biogás por microorganismos, sin oxígeno. Sabalzar y Sánchez [4].

Para Canelo [5] nos hace mención que, en el Perú, alrededor del 70% de los residuos sólidos municipales se encuentran en botaderos no autorizados y su manejo genera problemas a la salud. Las gestiones económicas que tienen como objetivo mejorar el tratamiento de los RSU han tenido malos resultados. Es conveniente que en el país se promueva métodos de tratamiento y adopción de tecnologías que recuperen la energía más viable y con alta presencia en la materia orgánica de los RSU. Actualmente se viene trabajando de forma escalonada proyectos para emplear el biogás a través de las nuevas tecnologías renovables, esto con el fin de cubrir el requerimiento energético de lugares apartados, Esquén [6].

De los 1874 distritos que existen en el Perú, sólo el 6.4% (es decir, 119 distritos) cuenta con gestiones autorizadas para un buen tratamiento de residuos sólidos urbanos. El restante de distritos posee puntos críticos asociados la acumulación de desechos sólidos que no solo tiene un impacto en el entorno ambiental y estético de las ciudades sino también la salud de los habitantes, Chambergo [7].

Esquivel [8] indican que los residuos sólidos en las ciudades principales del Perú están conformados por el vidrio, textiles, metales, madera, papel, cartón y materia orgánica. Este último es el componente con mayor porcentaje dentro de los

RSU, aunque en los últimos años ha perdido algo de presencia. Según el Ministerio del Ambiente, en la ciudad de Lima, se generó más de 10 mil toneladas por día de residuos sólidos en el año 2018, Pérez [9].

Zegarra [10] argumenta hace algunos años, miles de toneladas eran desechadas diariamente en el ex botadero de basura denominado “La cucaracha”, perteneciente al distrito de Ventanilla (Callao), sin realizar ningún tipo de disposición adecuada. Ubicado cerca de la desembocadura del río Chillón, hasta el año 2023 fue un inmenso basural, infestado por todo tipo de roedores e insectos. Todas estas características transformaban este territorio en uno de los sectores más contaminados del puerto del Callao.

Los RSU en el Perú tienen un promedio de generación de 1.6 kg/hab/día. Después de Lima, Piura es el segundo departamento con un alto índice de producción de RSU, ellos tienen un promedio de 1223 toneladas al día y, por el contrario, Madre de Dios es la región con el promedio más bajo, 73 toneladas al día, Chancafe [11].

En la costa del Perú, según la composición respectiva, los residuos sólidos municipales se dividen en orgánicos 55.76%, inorgánicos con valor 18.3% (plásticos, cartón, etc.), inorgánicos sin valor 15.5% (vidrios, servilletas, cerámica, etc.) y peligrosos 9.11%, Cumpa [12].

Asimismo, Carhuajulca [13] afirma que, en la región de Lambayeque, la producción de residuos sólidos municipales ha incrementado notoriamente teniendo como principales causas el incremento de los habitantes, el aumento económico, generación de productos descartables, etc. A esto se le debe sumar la nula reacción que se tiene para implementar sistemas de reaprovechamiento de RSU. Chiclayo es la provincia de Lambayeque que tiene la mayor cantidad de residuos sólidos urbanos producidos.

Chiclayo tiene actualmente una media de 0.59 .kg/día personas por habitante en la generación de RSU y un crecimiento anual de población del 0.8% según el INEI. En el año 2019 en promedio se generó 500 toneladas al día de residuos, según Iglesias [14].

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cuál sería la forma de reducir la contaminación y mejorar la calidad de vida de la población chiclayana causada por el mal tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos que se producen?

Problema específico

¿Qué factores técnicos serán considerados para realizar la caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos?

1.3. Hipótesis

La propuesta de diseñar una planta de energía termoeléctrica en Chiclayo se basa en la capacidad de generación de residuos sólidos de ambos distritos, partiendo del supuesto de que aprovechar estos residuos resulta más rentable que permitir su acumulación en las calles.

1.4. Objetivos

Objetivos generales

Diseño de una central térmica para la generación de energía eléctrica aprovechando los residuos sólidos orgánicos urbanos producidos en la ciudad de Chiclayo.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de residuos sólidos orgánicos para la generación de energía eléctrica
- Calcular la proporción de energía eléctrica producida en función de la cantidad de residuo sólido orgánico urbano.
- Dimensionar la central térmica de generación eléctrica.
- Realizar una evaluación de factibilidad económica de la central térmica.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Residuo sólido urbano

El residuo sólido urbano es todo elemento que pertenece a la tipología de desecho, el cual es arrojado y clasificado según el tipo al que pertenezca, ya sea orgánica o inorgánica.

Generador

Persona que produce desechos mediante procesos de producción o consumo..

Recolección

Acción de recoger los residuos sólidos para ser transferidos a través de un medio de transporte apropiado, y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada (Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos).

Biogás

Madrigal, Quispe y Vargas [15] definen el biogás como una mezcla de metano (40-70%), dióxido de carbono y otros gases como el hidrógeno, los sulfuros, etc. Es producido por microorganismos especializados en descomponer materia orgánica en

rellenos sanitarios. La cantidad de biogás generado depende del contenido de humedad y temperatura de los residuos. El biogás posee un poder calorífico entre 4700 y 5500 kcal/m³.

Residuos De Gestión Municipal

Se incluyen los desechos domésticos, urbanos, comerciales y los productos resultantes de las actividades que producen desechos.

Disposición Final

Se considera al proceso de aislar y confinar los residuos sólidos peligrosos, especialmente los no aprovechables, en zonas debidamente acondicionadas.

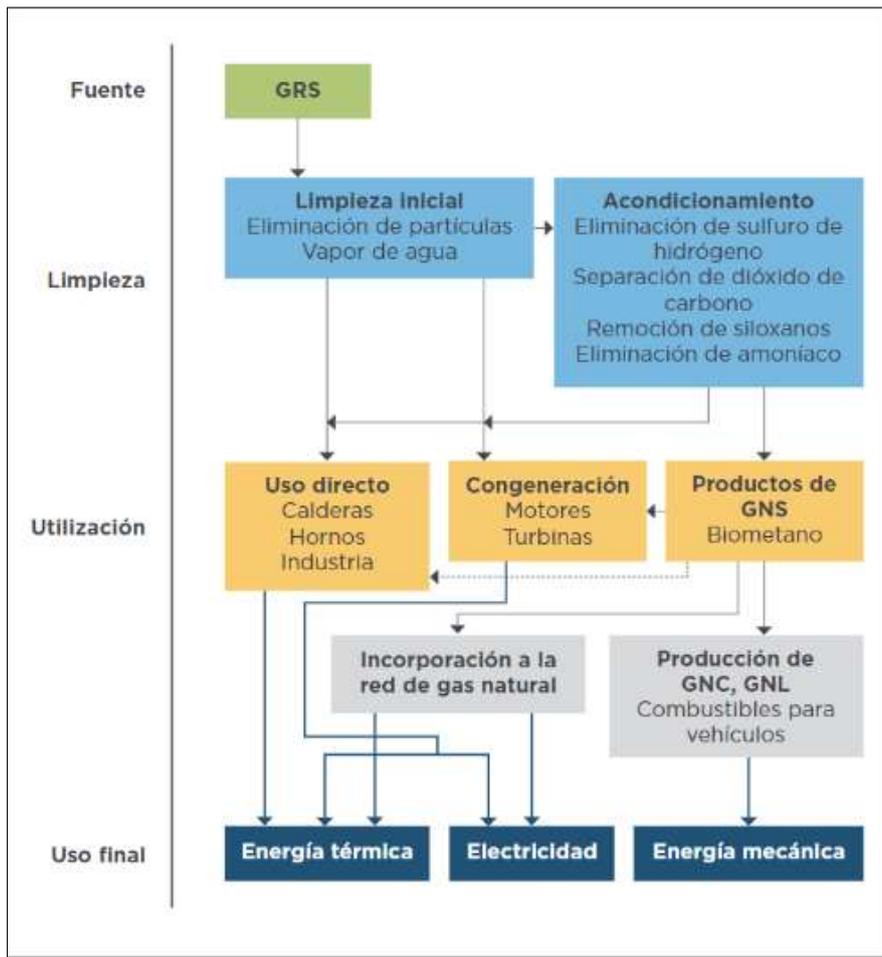
Poder Calorífico

Es la calidad de energía que se puede extraer de una materia por unidad de masa o volumen durante una reacción química de oxidación.

Composición Gravimétrica

Es la calidad de energía producida por unidad de masa o volumen de materia durante una reacción química de oxidación.

Figura 1 : Tratamiento y uso del biogás



Fuente: Tomada de Eco ciencia; 2021, Blanco, Santalla y Vargas [16]

La ciudad de Chiclayo elegida para el estudio de esta investigación se ha considerado como proyección de población adoptado por INEI del 1% de tasa de crecimiento al último censo realizado por INEI [17]. Esta investigación tiene una proyección de un periodo de 20 años. Considerando este periodo y las características de crecimiento, fue posible calcular la generación de residuos sólidos producido anualmente usando la ecuación. Según *Ediene, Silva, Mambeli, Picionieri, Tiago y Braga* [18]

$$Q_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k * L_{0*} \left(\frac{W_{Li}}{10} \right) * e^{-kt_{ij}} \quad (1)$$

$$Q_{LC} = Q_L * n_{col} \quad (2)$$

$$P_L = Q_{LC} * n * LCV_{BG} \quad (3)$$

$$E = P_L * F_C * 8760 \quad (4)$$

Dónde:

W_{Li} = Masa de desechos entregada a vertederos dentro del año en función de la población (ecuación 1); QL = flujo de biogás anuales de vertedero en M3 / año; QLC = flujo de biogás recaudado en cada año, en M3 / Año; η_{col} = Eficiencia de la recolección, donde se adoptó un valor del 55.5%; PI = poder disponible en el relleno sanitario; η = Rendimiento en conversión energética, donde se adoptó un valor en relación con los motores de combustión interna = 33%; LCVBG = Biogás valor calorífico bajo = 22 MJ / M³ ; E = La energía disponible anualmente; FC = Factor de capacidad se adoptó como igual al 80%.

Como se puede apreciar en las ecuaciones anteriores, varía de forma anual la capacidad disponible en el relleno en función del flujo de gas en el relleno sanitario. El cual permite el cálculo de la potencia instalada en la central térmica optimizando la producción de energía.

Producción de energía del incinerador

Debido a que no se cuenta con datos precisos de composición gravimétrica de los desechos sólidos de la ciudad de Chiclayo, se ha tomado en consideración los datos obtenidos en la ciudad de Medellín, Montiel y Pérez [3].

Composición de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados en Medellín y Residuos Adecuados para Energía (RAE).

Tabla 1: Composición de residuos sólidos urbanos

Componente	% global de RSU	% adecuados RAE
Materia Orgánica	57.75	66.57
Papel	9.56	11.02
Cartón	2.11	2.43
Plástico	10.96	12.64
Vidrio	2.57	.
Metales	1.27	.
Tetra pack	2.91	3.35
Textiles	3.13	3.60
Cuero	0.33	0.38
Peligrosos	5.85	.
Otros	3.55	.
Total	100	100

Fuente: Capturado de Universidad Antioquia, 2008, Montiel y Pérez [3]

Según Ediene, Silva, Mambeli, Picionieri, Tiago y Braga [18]

$$M_f = R * F_w (\%) \quad (5)$$

$$LCV_f = LCV * F_w (\%) \quad (6)$$

$$LCV_{total} = \sum_{i=1}^m LCV_n \quad (7)$$

Donde:

MF = masa residual producida por fracción; R = generación de residuos (toneladas / día); FW = fracción para cada tipo de RSU que se incinerará en porcentaje; Lcvf = valor calórico bajo por fracción de RSU (kj / kg); LCV = valor calórico bajo (kJ / kg) y lcv total = residuos totales de valor calórico bajo (KJ / kg).

Para determinar el valor del poder calorífico total, la potencia disponible y el

resultado de energía producida en las siguientes ecuaciones, se considera un rendimiento aproximado del 22%. Según Leme (2014):

$$P_1 = LCV_{total} * n * M_{total} * \frac{1000}{24*60*60} \quad (8)$$

Donde:

M_{total} = masa total de residuos (toneladas / día); PI = potencial disponible en el incinerador (kW).

Para procesar la información de generación de residuos orgánicos en t/año se utilizó la siguiente ecuación. Adaptado por *Ediene, Silva, Mambeli, Picionieri, Tiago y Braga* [18]

$$RO = R \cdot FO \quad (9)$$

Respecto a la producción de biogás, para el promedio producido en digestores anaeróbicos se aplicó las fórmulas:

$$QBG \text{ O } BG = R \cdot I \quad (10)$$

$$Q_{col} \text{ BG }_{col} = Q \cdot E \quad (11)$$

RO = generación residuos orgánicos (t / año); R = generación de residuos (t / año); FO = fracción de RSU en porcentaje; QBG = cantidad de biogás producido (m³/ año); RO = generación de residuos orgánicos (t / año); IBG = promedio cantidad de biogás producido (m³/ año), considerando digestores de 119 m³/ t, que son comúnmente instalados en cualquier parte del mundo considerando una temperatura aproximada de 35 °; C.Qcol = cantidad de biogás recogido (m³/ año); Ecol = eficiencia de recolección = 90%.

Cálculos energéticos para la combinación del incinerador y el digestor anaeróbico.

En este caso presentado la proyección de generación de energía en combinación de dos tipos de tecnología como la digestión anaeróbica y los incineradores para tratar los residuos restantes. Para el proceso de incineración solo se utilizaron RSU con un alto poder calorífico (papel, cartón, plástico), al combinar ambos procesos se determinará un nuevo valor de energía total producida

Para realizar un análisis de viabilidad económica, se toma en consideración los siguientes parámetros: Valor Presente Neto (VPN), costo de electricidad (LCOE).

. Los valores positivos de NPV muestran la viabilidad económica de central térmica. El valor LCOE, en consecuencia, representa la tasa de venta de energía mínima para que la empresa tenga viabilidad económica.

En tanto, si la tasa de venta de la energía es más alta que la LCOE, como consecuencia el escenario es económicamente viable. *Ediene, Silva, Mambeli, Picionieri, Tiago y Braga* [18]

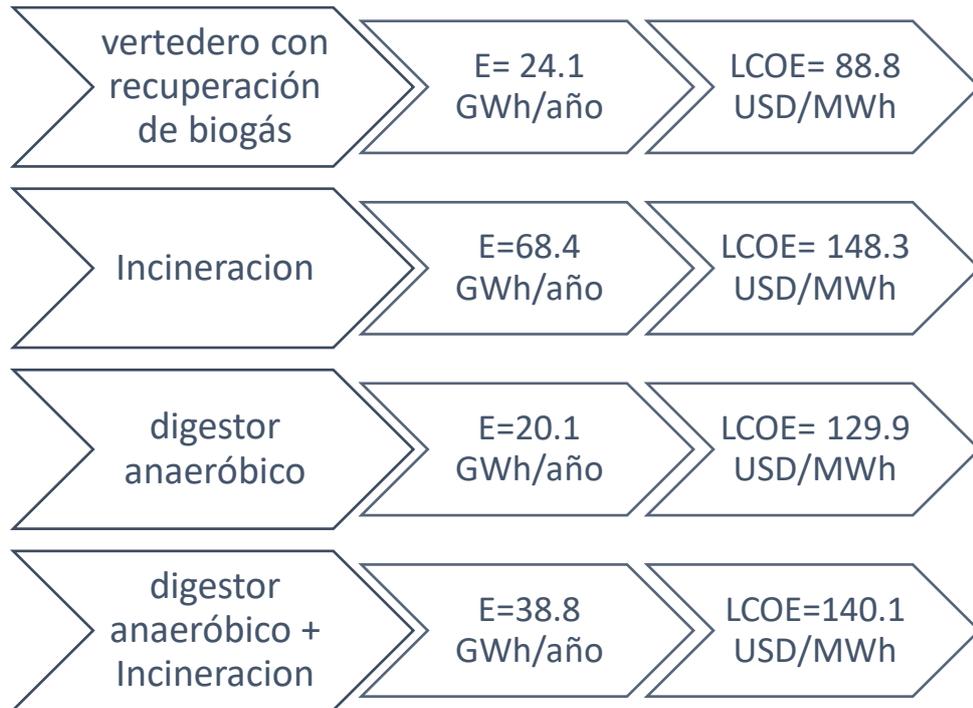
$$NPV = \sum_{t=1}^m \frac{(E_n \cdot T) - Co \& m}{(1-i)^n} \quad (12)$$

$$LCO = \frac{\sum_{t=0}^m \frac{C_n}{(1+i)^n}}{\sum_{t=0}^m \frac{E_n}{(1+i)^n}} \quad (13)$$

Donde:

En = producción anual de energía; T = tasa de venta de energía = 92.30USD / MWH, valor límite superior para la primera subasta pública A-5 para centrales de energía térmica (ANEEL, 2016); CO & M = costos de operación y mantenimiento en USD / año; I = tasa de interés anual = 12% (adoptado); I = Inversión inicial en USD; m = vida útil del proyecto en años; n = Año de Análisis; CN = Costo de cada año.

Diagrama 1: Proceso de generación y eficiencia



Como parte final de las ecuaciones aplicadas, el método de incineración es el de menos probabilidad, aunque es el de mayor generación de energía. En su mayoría estas energías se pueden aplicar mediante combustión directa de los Residuos Sólidos Urbanos; con la desventaja de que el proceso de incineración representa un costo muy elevado, asimismo la operación de esta, debido a los controles ambientales requeridos.

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

Este estudio se ha realizado empleando una metodología aplicada y cuantitativa, donde se aplican los principios de la termodinámica para abordar un problema específico, en este caso, la generación de energía eléctrica mediante centrales térmicas que utilizan biogás. El proceso de investigación es descriptivo porque presenta y especifica los pasos a seguir para resolver el problema.

2.2 Variables, Operacionalización

Variable Independiente

- Producción de residuo sólido urbano por habitante (kg/día)
- Densidad del meano (m³)

Variable Dependiente

- Flujo másico del metano (kg/s)
- Potencia eléctrica generada (W)

Para una mayor comprensión, en el Diagrama 2 se detalla una representación de Caja Negra para variables.

Diagrama 2: Caja Negra para variables



Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
VARIABLES INDEPENDIENTES				
Producción de residuo sólido por habitante (kg/día)	Kilogramos por día	Flujo másico	kg/día	Análisis documental Chancafe [11]
Densidad del metano (kg/m³)	Kilogramo por metro cúbico	Densidad	kg/m ³	Análisis documental Yunes y Boles [18]
VARIABLES DEPENDIENTES				
Flujo másico del metano (kg/s)	Kilogramo por segundo	Flujo másico	kg/s	Análisis documental Yunes y Boles [18]
Potencia eléctrica generada (W)	Watts	Potencia	J/s	Análisis documental Yunes y Boles [18]

Tabla 2: Operacionalización de variables

2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

No es pertinente para este tipo de estudio.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Abordaje metodológico

Deductivo

Se analizarán los antecedentes de esta investigación, abarcando artículos científicos, publicaciones especializadas, informes, entre otros recursos, con el fin de obtener información sobre la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento del biogás contenido en residuos sólidos orgánicos. También se realizará una revisión detallada de trabajos anteriores relacionados con el tema.

Inductivo

La metodología de investigación aplicada en este proyecto nos facilitará la obtención de los datos requeridos para abordar el problema de la excesiva producción de desechos sólidos urbanos y su limitada utilización como fuente de energía.

Técnicas e instrumentos

A continuación, se presenta una tabla que describe las técnicas e instrumentos empleados en este estudio de investigación:

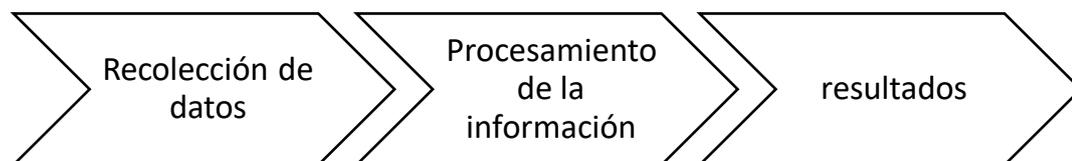
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN
Análisis Documental	Ficha de análisis documental	Por medio de revistas científicas, investigaciones y búsquedas de documentación vía web se recopiló información que permite conocer y entender la problemática encontrada.

2.5 Procedimiento de análisis de datos

El proceso para la evaluación de datos sigue el siguiente orden:

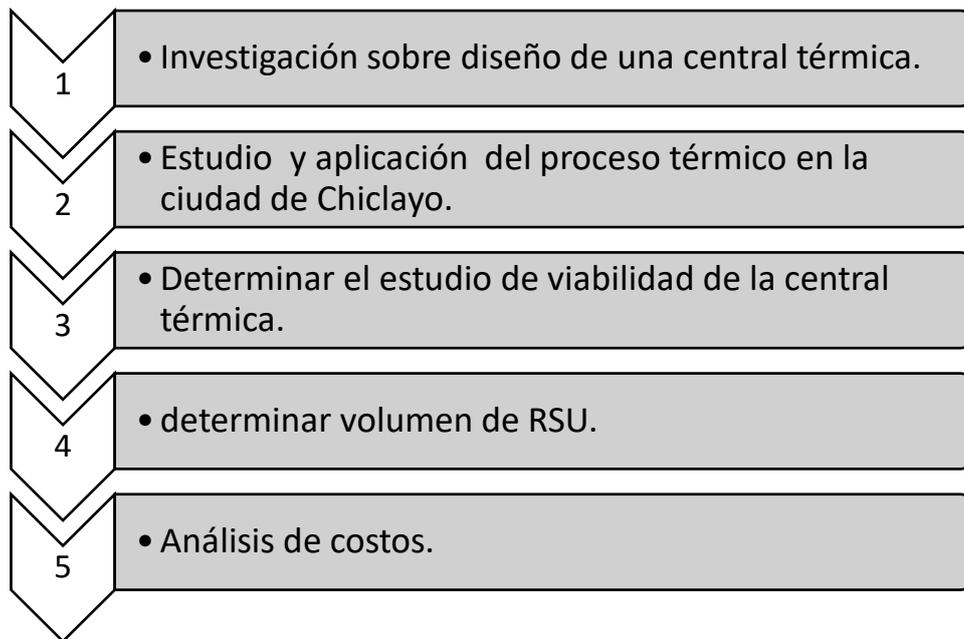
Diagrama 3: Procedimiento para el análisis de datos



Procedimientos para la recolección de datos

Se diseñó un procedimiento para la recopilación de datos, el cual seguirá el siguiente esquema de ejecución:

Diagrama 4: Procedimiento para la recolección de datos



2.6 Criterios éticos

Para llevar a cabo la investigación actual, se seguirán los principios éticos establecidos en los Códigos de Ética de la Universidad Señor de Sipán y el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán (USS)

El Anexo 1 contiene normas y principios morales a tener en cuenta al usar información de otros autores. También incluye políticas contra el plagio. El primer artículo de este importante código se transcribe a continuación:

“Artículo 1. ° Finalidad: La finalidad del Código de Ética para la Investigación de la Universidad Señor de Sipán S.A.C. (en adelante Código de Ética) es garantizar que el proceso de investigación se efectúe en el marco de los principios éticos que establecen las normas vigentes.”

Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP)

Este documento (ver Anexo 2) menciona los principios éticos que tiene que tener en cuenta un ingeniero para la competencia y el buen desarrollo de la profesión en relación con sus colegas, ambiente, sociedad y público. A continuación, se menciona un artículo valioso de este código de ética:

“Artículo 14. ° Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales.

Los ingenieros deben reconocer y hacer suyos los principios que el Colegio de Ingenieros del Perú desarrollo en su Estatuto en aplicación al ejercicio profesional.”

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Cantidad de residuos sólidos orgánicos para la generación de energía eléctrica

Una central térmica para la generación de energía eléctrica es un proyecto a largo plazo, por lo tanto, se debe estimar la cantidad de residuos sólidos orgánicos con una proyección a futuro.

La producción de residuos sólidos orgánicos está directamente asociada al número de habitantes, entonces, la proyección se aplicará a la población actual en un periodo de 20 años.

Proyección de la población

Del portal web del Instituto Nacional de Estadística e Informática se obtiene los siguientes datos de población hasta el año 2020

Tabla 4: Población hasta el año 2020 de la provincia de Chiclayo

DISTRITO	2018	2019	2020
La Victoria	95 035	97 223	99 183
Oyotún	8 558	8 470	8 359
Chiclayo	282 680	285 907	288 360
Monsefú	34 301	34 856	35 323
Eten	12 643	12 896	13 118
Tumán	29 384	29 619	29 773

Eten Puerto	2 396	2 422	2 439
Cayaltí	15 484	15 446	15 365
José Leonardo Ortiz	164	164 974	165 355
Lagunas	10 536	10 696	10 829
Nueva Arica	2 509	2 526	2 538
Picsi	13 517	14 127	14 726
Reque	16 780	17 304	17 794
Santa Rosa	13 296	13 592	13 856
Chongoyape	19 201	19 441	19 629
Saña	12 368	12 450	12 497
Pátapo	24 212	24 648	25 022
Pomalca	26 243	26 664	25 022
Pimentel	48 444	50 505	52 505
Pucalá	9 023	9 035	9 022

Fuente: Datos obtenidos de INEI, 2020 [19]

La ciudad de Chiclayo tuvo un total de habitantes de 282 680 en el 2018 y 288 360 en el 2020. Para saber el promedio de aumento de la ciudad de Chiclayo se usará la siguiente ecuación estadística. *INEI, 2020 [19]*:

$$P_f = P_i \times (1 + r)^n \quad (14)$$

Donde:

P_f = Número final de pobladores proyectado en “n” años; P_i = Número inicial de pobladores: 288 360 ciudadanos en el 2020; r = Tasa de crecimiento anual (%); n = Número de años (este dato depende del número de habitante a proyectar e inicia desde el número de habitantes inicial).

La Tasa de crecimiento anual se puede calcular de la siguiente forma. *INEI, 2020* [19]:

$$r = 100 \times \left(\sqrt[n]{\frac{P_f}{P_i}} - 1 \right) \quad (15)$$

Donde:

P_f = Número final de pobladores: 288 360 ciudadanos en el 2020; P_i = Número inicial de pobladores: 282 680 ciudadanos en el 2018; n = Número de años (2 años). *INEI, 2020* [19]

$$r = 100 \times \left(\sqrt[2]{\frac{288\,360}{282\,680}} - 1 \right) = 1\% \quad (16)$$

Con la tasa de incremento anual se estima el número de los pobladores de la localidad de Chiclayo en los próximos 20 años después del año 2020:

Tabla 5: Estimación del número de habitantes de la localidad de Chiclayo al año 2040

Año	Población
2020	288 360
2021	291 243
2022	294 154
2023	297 095
2024	300 065

2025	303 064
2026	306 094
2027	309 154
2028	312 244
2029	315 366
2030	318 519
2031	321 703
2032	324 919
2033	328 167
2034	331 447
2035	334 761
2036	338 107
2037	341 487
2038	344 901
2039	348 349
2040	351 831

Fuente: Obtenida de INEI, 2020, INDEE [19]

Proyección de los residuos sólidos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos pertenecen a los residuos sólidos urbanos, por lo tanto, primero se hallará la cantidad de kg de RSU generado por persona. En el apartado “1.1.3. Problemática local” se menciona que un ciudadano de Chiclayo produce 0.59 kg de residuos sólidos urbanos por día. Entonces, para la proyección de 20 años se usa la siguiente ecuación estadística, *INEI, 2020 [19]*:

$$R_F = R_A \times (1 + r)^n \quad (17)$$

Donde:

R_F = Índice futuro (kg/hab/día); R_A = índice actual: 0.59 kg/hab/día en el año 2020; r
 = Tasa de crecimiento: 1%; n = Número de años.

Tabla 6: Índice de kg/hab/día de RSU de la ciudad de Chiclayo

Año	kg de RSU/hab/día
2020	0.59
2021	0.596
2022	0.602
2023	0.608
2024	0.614
2025	0.620
2026	0.626
2027	0.633
2028	0.639
2029	0.645
2030	0.652
2031	0.658
2032	0.665
2033	0.671
2034	0.678
2035	0.685
2036	0.692
2037	0.699
2038	0.706
2039	0.713
2040	0.720

Fuente. Adaptado de Chancafe [11]

Ahora, se procederá a multiplicar el índice de residuo sólido urbano generado por persona, por la población en ese mismo año.

Tabla 7: Proyección de RSU de la ciudad de Chiclayo en un periodo de 20 años

Año	kg de RSU/día	kg de RSU/mes	kg de RSU/año	ton de RSU/año
2020	170132.4	5103972	61247664	61248
2021	173551	5206528	62478337	62478
2022	177038	5311145	63733739	63734
2023	180595	5417864	65014366	65014
2024	184224	5526727	66320725	66321
2025	187926	5637778	67653333	67653
2026	191702	5751060	69012718	69013
2027	195554	5866618	70399418	70399
2028	199483	5984498	71813981	71814
2029	203492	6104747	73256968	73257
2030	207580	6227412	74728948	74729
2031	211751	6352542	76230507	76231
2032	216006	6480186	77762236	77762
2033	220347	6610395	79324743	79325
2034	224774	6743221	80918646	80919
2035	229290	6878715	82544576	82545
2036	233898	7016931	84203177	84203
2037	238598	7157925	85895104	85895
2038	243392	7301752	87621028	87621
2039	248282	7448469	89381632	89382
2040	253271	7598134	91177612	91178

Fuente. Adaptado de Chancafe [11]

Para saber cuánto de estos totales de RSU será materia orgánica, se toma en cuenta lo detallado en el apartado “1.1.2. Problemática Nacional”, en donde se indica que el 55.76% de los RSU son orgánicos.

Tabla 8: *Proyección de materia orgánica proveniente de los RSU de la ciudad de Chiclayo*

Año	Materia orgánica ton/año
2020	34152
2021	34838
2022	35538
2023	36252
2024	36980
2025	37723
2026	38481
2027	39255
2028	40043
2029	40848
2030	41669
2031	42506
2032	43360
2033	44231
2034	45120
2035	46027
2036	46952
2037	47895
2038	48857
2039	49839
2040	50841

Fuente: Adecuada a la información de Cumpa [12]

Biogás presente en los residuos sólidos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos como tal no generan energía, lo que produce energía es el resultado obtenido de la descomposición de estos, el cual es conocido como biogás. No hay un concepto experimental que identifique cuanto biogás hay en cierto volumen o peso de residuo sólido urbano descompuesto, sin embargo, existe una ecuación para saber qué cantidad de metano (CH₄) hay presente en la parte orgánica de los RSU. Esta ecuación es un modelo matemático de Landfill Gas Emission Model (LandGEM) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), *INEI, 2020* [19].

$$Q_{CH_4} = k L_0 M_i e^{-k t_i} \quad (18)$$

Donde:

Q_{CH_4} = Total de metano por año producido ($m^3/año$); k = Tasa de producción de metano (1/año); L_0 = Potencial de generación o producción de metano (m^3/ton); M_i = Total de materia productora de metano (ton/año); t_i = Total de años en los cuales están presente los residuos sólidos: 1 año.

La tasa de producción de metano es un dato por defecto que arroja el modelo matemático (0.05). Lo mismo sucede con el potencial de producción de metano (170).

Tabla 9: Total de metano que está presente en los residuos sólidos orgánicos

Año	Metano (m ³ /año)
2020	276131.85
2021	281680.27
2022	287340.18
2023	293113.82

2024	299003.47
2025	305011.47
2026	311140.18
2027	317392.04
2028	323769.53
2029	330275.15
2030	336911.50
2031	343681.20
2032	350586.92
2033	357631.40
2034	364817.43
2035	372147.85
2036	379625.56
2037	387253.52
2038	395034.76
2039	402972.35
2040	411069.43

Fuente: Adaptado de Ambuludi y Carvajal [20]

Con el dato del metano obtenido se puede calcular la cantidad de biogás según el apartado “1.3.4. Biogás”, en donde se especifica que el metano representa entre el 40% y 70% del biogás. Para temas de cálculo se toma un valor promedio, el cual es 55%. Entonces:

Tabla 10: Total de biogás presente en la parte orgánica de los RSU de la ciudad de Chiclayo

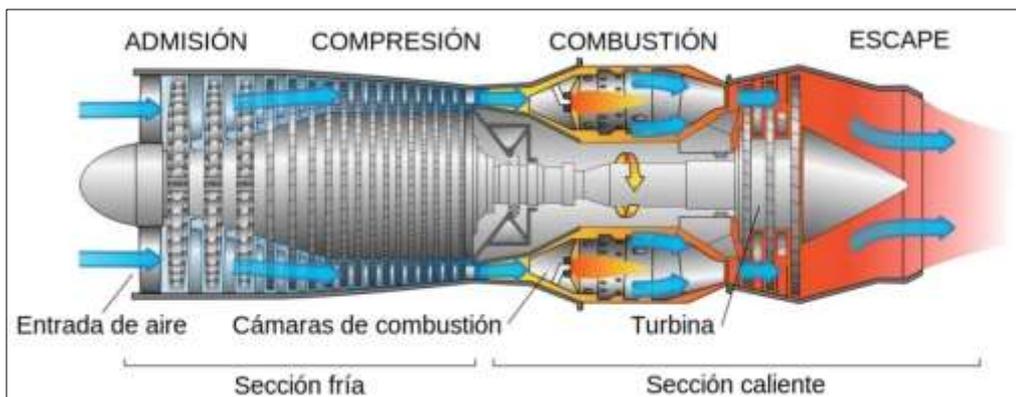
Año	Metano (m3/año)	Biogás (m3/año)	Biogás (m3/hora)
2020	276131.85	502057.90	58.11
2021	281680.27	512145.95	59.28
2022	287340.18	522436.70	60.47
2023	293113.82	532934.22	61.68
2024	299003.47	543642.68	62.92
2025	305011.47	554566.30	64.19
2026	311140.18	565709.42	65.48
2027	317392.04	577076.44	66.79
2028	323769.53	588671.87	68.13
2029	330275.15	600500.28	69.50
2030	336911.50	612566.37	70.90
2031	343681.20	624874.90	72.32
2032	350586.92	637430.76	73.78
2033	357631.40	650238.91	75.26
2034	364817.43	663304.41	76.77
2035	372147.85	676632.45	78.31
2036	379625.56	690228.29	79.89
2037	387253.52	704097.31	81.49
2038	395034.76	718245.02	83.13
2039	402972.35	732677.00	84.80
2040	411069.43	747398.96	86.50

Fuente: Adaptado de Chirinos [21]

Estimación de la proporción de generación de energía eléctrica según la cantidad de residuo sólido orgánico

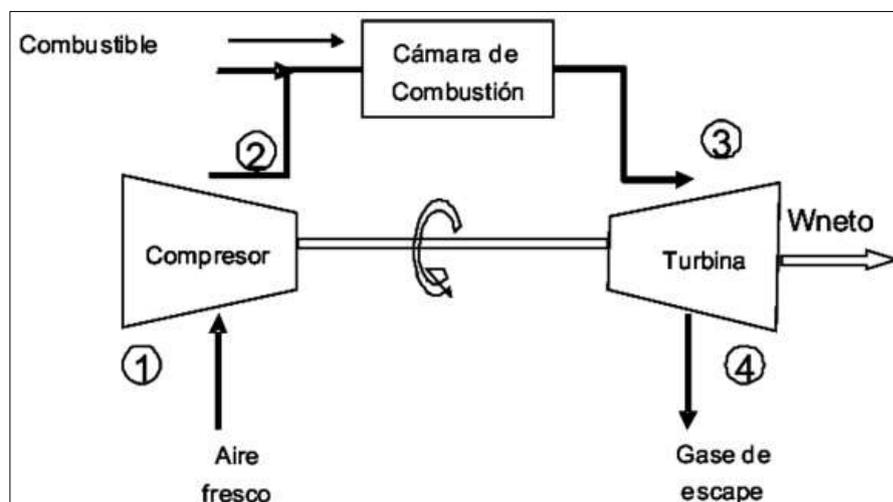
Para calcular la proporción de producción de electricidad según el biogás obtenido de los residuos sólidos orgánico, se usará el Ciclo Brayton abierto en suposiciones de aire estándar frío. Este ciclo termodinámico detallará paso a paso el manejo idealizado de una turbina que trabaja por medio de gas.

Figura 2: Turbina de gas



Fuente: Obtenida de Pérez [22]

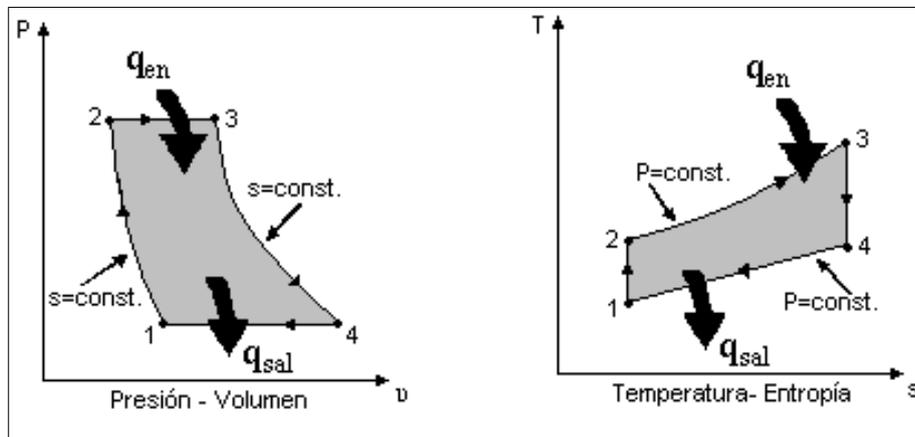
Figura 3: Representación de una turbina de gas de ciclo abierto



Fuente: Obtenida de Malaver [23]

Considerando la Figura 4 y los diagramas mostrados, se indican los datos necesarios para hallar los datos mediante las ecuaciones del ciclo Brayton.

Diagrama 5: Diagramas P-V y T-S del Ciclo Brayton Ideal



Fuente: Obtenida de Millian [24]

P_1 = Presión inicial en el compresor: 101 325 Pa (presión atmosférica)

T_1 = Temperatura en el ingreso: 26 °C = 299.15 K

r = Relación de presión: 8

La relación de presión de un Ciclo Brayton tiene un valor típico de 8.

Con estos valores iniciales se calcula los demás parámetros empleando tablas termodinámicas, ecuaciones e interpolaciones.

Para la temperatura de 299.15 K, la entalpía y presión reducida son las siguientes:

$$h_1 = 299.34 \text{ kJ/k} \quad (19)$$

$$Pr_1 = 1.3725 \quad (20)$$

Entonces, se calcula la relación de compresión:

$$r = \frac{P_2}{P_1} \quad (21)$$

Entonces:

$$P_2 = 8 \times 101\,325 = 810\,600 \text{ Pa} \quad (22)$$

Y de esta forma:

$$r = \frac{P_2}{P_1} = \frac{Pr_2}{Pr_1} \quad (23)$$

Entonces:

$$Pr_2 = 8 \times 1.3725 = 10.98 \quad (24)$$

Con la Pr_2 halla se obtiene la T_2 y la h_2 interpolando los datos de la Tabla A-17 del libro de.

$$T_2 = 538.36 \text{ K} \quad (25)$$

$$h_2 = 542.65 \text{ kJ/kg} \quad (26)$$

Encontrado las entalpias de la fase 1 y 2 se procede a calcular el trabajo del compresor:

$$W_{comp,in} = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (27)$$

Donde:

$W_{comp,in}$ = Potencia del compresor (kW); \dot{m} = Flujo másico del aire (kg/s)

El flujo másico del aire se halla de la siguiente manera:

$$\dot{m} = \dot{v} \times \rho_{aire} \quad (28)$$

Donde:

\dot{v} = Flujo volumétrico del aire (m^3/s); ρ_{aire} = Densidad del aire: $1.1839 \text{ kg}/m^3$

El flujo volumétrico del aire se calcula con la velocidad del viento y el área de ingreso del compresor.

$$\dot{v} = v_{viento} \times a_{in} \quad (29)$$

Donde:

v_{viento} = Velocidad del viento: $21 \text{ km}/h = 6.39 \text{ m}/s$; a_{in} = Área de admisión de aire con radio de 0.35 m (suposición de diseño)

Entonces:

$$\dot{v} = 6.39 \times (\pi \times 0.35^2) = 2.46 \text{ m}^3/s \quad (30)$$

$$\dot{m} = 2.46 \times 1.1839 = 2.91 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (31)$$

$$W_{comp,in} = 2.91 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \left(542.65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 299.34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 708.61 \text{ kW} \quad (32)$$

La cámara de combustión es el espacio en donde se genera el calor suficiente capaz de mover la turbina, en esta cámara ingresa aire y metano.

$$Q_{in} = (\dot{m} + \dot{m}_{CH_4}) \times (h_3 - h_2) \quad (33)$$

Donde:

Q_{in} = Calor de entrada (kW); \dot{m} = Flujo másico del aire: $2.91 \text{ kg}/s$; \dot{m}_{CH_4} = Flujo másico del metano (kg/s); h_3 = Entalpia en la fase 3 (kJ/kg); h_2 = Entalpia en la fase 2: $542.65 \text{ kJ}/\text{kg}$.

El flujo másico del metano se calcula con la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{CH_4} = \dot{v}_{CH_4} \times \rho_{metano} \quad (34)$$

Donde:

\dot{v}_{CH_4} = Flujo volumétrico del metano: $0.024 \text{ m}^3/\text{s}$ (o $86.50 \text{ m}^3/\text{h}$) en el 2040 (ver Tabla 10); ρ_{metano} = Densidad del metano: $0.657 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Entonces:

$$\dot{m}_{CH_4} = 0.024 \times 0.657 = 0.016 \text{ kg}/\text{s} \quad (35)$$

La entalpía en la fase 3 está relacionada a la T_3 . Generalmente un sistema de generación de energía eléctrica opera con una temperatura alrededor de los 1400°C al ingreso de la turbina. [18]

Entonces:

$$T_3 = 1400 \text{ }^\circ\text{C} = 1673.15 \text{ K} \quad (36)$$

Se procede a calcular la entalpía en esta fase mediante la interpolación:

$$h_3 = 1847.10 \text{ kJ}/\text{kg} \quad (37)$$

Entonces:

$$Q_{in} = (2.91 + 0.016) \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (1847.10 - 542.65) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3819.64 \text{ kW} \quad (38)$$

El trabajo que realiza la turbina se halla de la siguiente manera:

$$\omega_{turb,out} = h_3 - h_4 \quad (39)$$

Donde:

$\omega_{turb,out}$ = Trabajo de la turbina (kJ/kg); h_3 = Entalpía en la fase 3: $1847.10 \text{ kJ}/\text{kg}$; h_4 = Entalpía en la fase 4 (kJ/kg)

Para conocer la entalpia en la fase 4 se tiene que calcular la temperatura en esa misma etapa. La temperatura en la fase 4 se halla de la siguiente forma:

$$P_2 = P_3 \quad (40)$$

$$P_4 = P_1 \quad (41)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(k-1)/k} = \frac{T_3}{T_4} \quad (42)$$

Donde:

P_1 = Presión atmosférica al ingreso del compresor: 101 325 Pa; P_2 = Presión en la fase 2: 810 600 Pa; T_3 = Temperatura en la fase 3: 1673.15 K; k = Constante de Boltzmann: 1.4 (En suposiciones de aire estándar frío).

Entonces:

$$P_1 = 101\,325\text{ Pa} = P_4 \quad (43)$$

$$P_2 = 810\,600\text{ Pa} = P_3 \quad (44)$$

$$T_4 = \frac{T_3}{\left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}}} = \frac{1673.15\text{ K}}{\left(\frac{810\,600\text{ Pa}}{101\,325\text{ Pa}}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}}} = 923.65\text{ K} \quad (45)$$

Conocida la temperatura se procede a realizar la interpolación:

$$h_4 = 959.49\text{ kJ/kg} \quad (46)$$

Entonces:

$$\omega_{turb,out} = 1847.10 - 959.49 = 887.61\text{ kJ/kg} \quad (47)$$

La potencia de la turbina se representa en kW y se calcula considerando los flujos másicos de los gases intervinientes.

$$W_{turb,out} = (2.91 + 0.016) \frac{kg}{s} \times (887.61) \frac{kJ}{kg} = 2599.07 kW \quad (48)$$

La siguiente ecuación permite calcular el calor de salida:

$$Q_{out} = (\dot{m} + \dot{m}_{CH_4}) \times (h_4 - h_1) \quad (49)$$

Donde:

Q_{out} = Calor de salida (kW); \dot{m} = Flujo másico del aire: 2.91 kg/s; \dot{m}_{CH_4} = Flujo másico del metano: 0.016 kg/s; h_4 = Entalpia en la fase 4: 959.49 kJ/kg; h_1 = Entalpia en la fase 1: 299.34 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{out} = (2.91 + 0.016) \frac{kg}{s} \times (959.49 - 299.34) \frac{kJ}{kg} = 1931.6 kW \quad (50)$$

El trabajo neto del ciclo se calcula de la siguiente forma:

$$W_{neto} = W_{turb,out} - W_{comp,in} \quad (51)$$

Donde:

$W_{turb,out}$ = Trabajo de la turbina: 2599.07 kW; $W_{comp,in}$ = Trabajo del compresor: 708.61 kW.

Entonces:

$$W_{neto} = 2361.04 - 644.77 = 1890.45 kW \quad (52)$$

El resultado hallado nos indica que se puede generar una potencia de energía eléctrica de 1.89 MW.

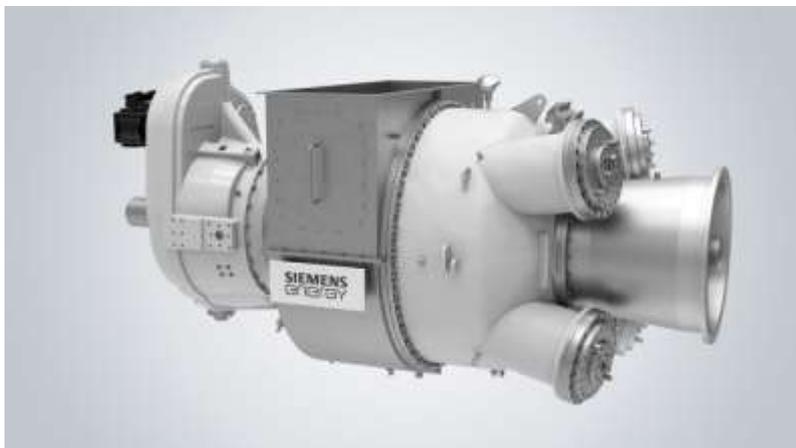
Dimensionamiento de la central térmica de generación de energía eléctrica

La central térmica de generación de energía eléctrica está compuesta principalmente por los siguientes equipos y máquinas:

Turbina de gas

Los cálculos arrojaron una potencia de energía eléctrica de salida de 1.89 MW, ahora, se busca la turbina de gas comercial más idónea para esta capacidad de generación. De esta forma se selecciona la turbina SGT-50 w/Diffusion Flame Combustors de la empresa Siemens.

Figura 4: Turbina de gas SGT-50



Fuente: Obtenida de Energy [25]. En el Anexo 3 se indica las características de la turbina de gas.

Filtro de biogás

Para la selección de este equipo se toma en cuenta la capacidad de biogás producida de 86.50 m³/h (ver Tabla 10). Como solución a este requerimiento se selecciona el filtro móvil para el tratamiento de gases AIRCON HC. En el Anexo 4 se detalla los datos técnicos del equipo.

Figura 5: Filtro de biogás AIRCON HC



Fuente: Obtenida de Chirinos [21].

Generador eléctrico

El generador eléctrico es la máquina que está acoplada a la turbina de gas, y tiene como función principal la generación de energía eléctrica. La turbina del sistema tiene una potencia de salida de 1.934 MW (ver Anexo 3), por ende, se selecciona un generador eléctrico de la misma potencia. El modelo elegido es el KG2-2E (ver Anexo 5).

Transformador eléctrico

Para la distribución de energía eléctrica es necesario emplear un transformador. La potencia de esta máquina estacionaria es en MVA, para esto se debe pasar los 1.934 MW a MVA mediante la aplicación de un factor de potencia estándar de 0.8. La potencia del transformador deberá ser de 2.42 MVA y una frecuencia nominal de 60 Hz. En el Anexo 6 se indica las características técnicas del transformador eléctrico modelo S11-M-30.

Figura 6: Transformador eléctrico de 2.5 MVA



Fuente: Capturada de Chirinos [21]

Evaluación de la factibilidad económica de la central térmica

Para realizar la evaluación de la factibilidad económica primero es necesario identificar cual sería la inversión inicial, ahora, debido a la complejidad que esto implica, se tendrá en cuenta inversiones realizadas en el Perú de centrales termoeléctricas con la intención de tener una inversión total referencial.

Tabla 11: Datos técnicos y económicos de centrales termoeléctricas ubicadas en el Perú

Nombre de la Central Termoeléctrica	Inversión total (\$)		Sistema	Potencia generada (MW)	Precio de la energía (\$/kW-h)	Energía ofertada por año (MW-h)
Tablazo	22 000,00	500	Turbina	30	--	--
Eten	145 000,00	000	Turbinas/Motor de Combustión Interna	184	0.01059	--
Chilca 1	374 000,00	000	3 turbinas a gas/1 turbina de vapor	862.2	--	--
Huaycoloro	10 000,00	500	Motor de Combustión Interna	4	0.11	28 295
Recka	102 000,00	530	Turbinas	181.3	--	--
Iquitos Nueva	94 000,00	400	Termoeléctrica Dual	70	--	--
Malacas	106 000,00	400	Turbina	200	0.01085	--
La Gringa V	5 000,00	100	Motogenerador	3.2	0.09999	14 016

Inversión total

La central termoeléctrica referenciada por su tipo de sistema de generación que es una turbina (similar a nuestra central térmica), es la central Tablazo (ver Anexo 7 y la Tabla 11). Su inversión total fue de \$ 22 500 000,0 por 30 MW y generando una relación de ecuación matemática simple, nuestra central térmica tendría una inversión de \$ 1 417 500,0 por 1.89 MW.

Ingresos anuales

Para calcular los ingresos anuales primero es necesario saber el precio que tendrá la energía eléctrica ofrecida, para esto, se tomará referencialmente el precio de la central La Gringa V, que al igual que nuestra central térmica emplea materia orgánica (ver Anexo 8). El precio es de 0,09999 \$/kW-h.

Esta misma central ofrece anualmente 14 016 MW-h por 3.2 MW generadas y haciendo una relación matemática, nuestra central térmica ofrecería 8 278,2 MW-h y multiplicándolo por el precio, los ingresos anuales por venta de energía eléctrica alcanzarían un valor de \$ 827 737,22.

A continuación, se muestra un resumen de los datos técnicos y económicos de nuestra central térmica:

Tabla 12: Datos técnicos y económico de una nueva central térmica en Chiclayo

Central Térmica de 1.89 MW - Chiclayo	
Inversión total (\$)	1 417 500,00
Potencia total generada (MW)	1.89
Energía eléctrica anual ofrecida (kW-h)	8 278 200
Precio por (\$/kW-h)	0.09999
Ingresos anuales por venta (\$)	827 737,22

Cálculo del VAN y TIR

Para finalizar con la evaluación de la factibilidad económica del proyecto se procede a calcular el VAN y el TIR.

Tabla 13: VAN y TIR de la central térmica de 1.89MW

	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial	-1417500					
Gastos en planillas		-65000	-65000	-65000	-65000	-65000
Gastos operativos en materia orgánica		-25000	-25000	-25000	-25000	-25000
Gastos operacionales y de mantenimiento		-160000	-160000	-160000	-160000	-160000
TOTAL, EGRESOS	-1417500	-250000	-250000	-250000	-250000	-250000
Ingresos anuales por venta de energía eléctrica		827737.22	827737.22	827737.22	827737.22	827737.22
TOTAL, DE INGRESOS		827737.2	827737	827737	827737	827737
BENEFICIOS NETOS	-1417500	577737.2	577737	577737	577737	577737

VAN	665113.38
TIR	30%

El VAN arrojó un valor de 665 113,38 mientras que el TIR un dato de 30%. Con este análisis se pudo verificar que el proyecto es factible con un tiempo de recuperación de la inversión al tercer año de operaciones.

3.2. Discusión

- Algunos investigadores han contemplado la posibilidad de utilizar la totalidad de los residuos sólidos urbanos para la generación de energía, pero en este estudio se ha tomado en cuenta la información proporcionada por el Ministerio de Ambiente, que indica que el 50% de los RSU no se manejan de manera adecuada, teniendo aproximadamente de 55.76% de RSU ORGANICOS que podemos procesar. Con los datos del metano obtenidos se puede calcular la cantidad de biogás según el apartado “1.3.4. Biogás”, en donde se especifica que el metano representa entre el 40% y 70% del biogás. Para temas de cálculo se toma un valor promedio, el cual es 55%.
- Para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos, se toma en cuenta una temperatura de entrada de 26°C (temperatura ambiente), lo que corresponde a 299.15 K y resulta en una entalpía de 299.35 KJ/kg. Si la temperatura de entrada se aumenta a 30°C, la entalpía disminuye. Esto nos lleva a entender que la entalpía es directamente proporcional a la temperatura, y en este caso se utiliza una temperatura proporcionada por SENAMHI.
- En cuanto a la inversión del proyecto, se tuvieron en cuenta las inversiones que ya se están realizando en proyectos de centrales de energía. No se tuvieron en cuenta los costos de los equipos y sistemas necesarios, ya que estos costos no abarcan los costos logísticos.
- Se consideró costo operacional anual de s/. 320.000.00. siendo un monto variable según las condiciones operacionales, incremento de personal, etc.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Dada la urgencia de una correcta gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos, la implementación de una central térmica que utilice biogás, a través del proceso de RSU, ofrece una notable reducción de la contaminación ambiental.
- Según los resultados obtenidos en el proceso de investigación, la viabilidad de la obtención y utilización del biogás está vinculada a la adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos. Los hallazgos de este estudio proporcionan una base para la implementación de un proyecto de energía renovable en la ciudad de Chiclayo.
- Determinar la proporción de residuos orgánicos es relevante para la estimación precisa de la generación de biogás y de esta manera cuantificar la cantidad de energía eléctrica que se va a generar.
- De acuerdo al análisis económico realizado, se obtuvo resultados positivos, que nos permite ser un proyecto viable para su ejecución, obteniendo un TIR de un 30%, siendo así recuperable la inversión en un periodo de los 3 primeros años de operación.

4.2. Recomendaciones

La elección de equipos y maquinaria está directamente vinculada a los parámetros derivados de la investigación, lo que implica la necesidad de seleccionar equipos con una capacidad superior a la indicada en los resultados obtenidos.

- El adecuado proceso de RSU (residuos sólidos urbanos) mediante rellenos sanitarios es de vital importancia para el cuidado del medio ambiente, asimismo el beneficio energético que podemos obtener del tratamiento de los RSU nos permite obtener energía limpia.
- Contamos con una ley que promueve el desarrollo de proyectos de energía renovable que nos permite el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos como recurso renovable.
- El informe de investigación nos brinda datos concretos de que es completamente viable desarrollar un proyecto de inversión para la ejecución de una central térmica para residuos sólidos urbanos orgánicos.
- En términos generales los resultados de un sistema generador de energía por medio de RSU, se obtienen a largo plazo, la forma de obtener un TIR que sea beneficioso, es considerando que la materia prima debe ser fácil de procesar al momento de generar energía eléctrica.

REFERENCIAS

- [1] A. González Rodrigo, «Recuperación de residuos y economía circular Un estudio de casos,» España, 2020.
- [2] M. D. P. Sánchez Muñoz, J. G. Cruz Cerón y P. C. Maldonado Espinel, «Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación,» vol. 11, nº 2, p. 336, 20 Febrero 2019.
- [3] N. Montiel Bohórquez y J. Pérez, «Generación de Energía a partir de Residuos Sólidos Urbanos. Estrategias Termodinámicas para Optimizar el Desempeño de Centrales Térmicas,» Colombia, 2019.
- [4] K. M. Sabalzar Martínez y R. F. Sánchez Galvis, «Desarrollo De Un Sistema De Generación De Energía Renovable A Partir De Residuos Solidos Urbanos (Rsu) Simulado Mediante La Herramienta De Software Matlab/Simulink Como Alternativa Ambiental Y Energética Sostenible Para Barrancabermeja,» 2020.
- [5] C. A. Canelo Dávila, «Propuesta De Tratamiento De Residuos Como Base Para La Gestión Integral Y Sostenible De Residuos Sólidos Para La Ciudad De Chachapoyas,» Perú, 2022.
- [6] J. I. Esquén Zamora, «Diseño De Un Sistema De Generación de Energía Eléctrica Utilizando El biogás Obtenido De La Conversión del Estiércol De Ganado Porcino En La Granja Mocupe, Distrito De Lagunas – Chiclayo,» Perú, 2018.
- [7] C. L. Chambergo Quiñones, «Propuesta De Un Diseño De Relleno Sanitario Manual Para Residuos Municipales En El Distrito De Zaña – Provincia De Chiclayo, Lambayeque – Perú, 2019,» Perú, 2020.
- [8] E. A. Esquivel Rebaza y D. A. Esquivel Rebaza, «Propuesta para el manejo de los residuos sólidos urbanos en el distrito de Julcan - regiob La Libertad,» Perú, 2019.
- [9] M. Pérez Morales , «Impacto socioeconómico y la gestión de los residuos sólidos en el distrito de Moche, Trujillo - 2021,» Perú.
- [1 0] J. Zegarra Reátegui, «De la Basura a la Electricidad: Huaycoloro, la primera experiencia peruana,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/SeminarioIntEFERP/Jueves%206.10.2011/2.%20De%20la%20basura%20a%20la%20ElectricidadJorge%20-%20Jorge%20Zegarra.pdf>.
- [1 1] J. G. Chancafe Rodriguez, «Estrategia de gestión ambiental para el manejo de residuos sólidos municipales en mercados del distrito de Ciudad Eten Chiclayo 2021,» Perú, 2022.
- [1 2] J. F. Cumpa Monteza, «Propuesta De Diseño De Una Planta De Compostaje Para Disminuir El Impacto Ambiental En El Distrito De Chiclayo,» Perú, 2021.

- [1 3] D. Carhuajulca Rubio, «Caracterización De Residuos Sólidos Urbanos Y Diseño De Relleno Sanitario En El Distrito De Oyotún, Provincia De Chiclayo – Lambayeque,» 2019.
- [1 4] A. A. Iglesias Dominguez, «Propuesta de aplicación de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (scf) para mejorar recojo y transporte de residuos sólidos en el distrito de en Chiclayo hasta el 2022,» Perú, 2020.
- [1 5] G. B. Madrigal Pérez, J. j. Quispe Saavedra y Y. M. Vargas Huaman , «Calculo de la generación de biogás para el relleno sanitario de la ciudad de Juliaca, utilizando el modelo LandGEM Versión 3.02 de la USEPA y estimación del potencial de producción eléctrica,» Perú, 2019.
- [1 6] Blanco Gabriel , E. Santalla y V. Cordoba , «Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Generaci%C3%B3n-de-electricidad-a-partir-de-biog%C3%A1s-capturado-de-residuos-s%C3%B3lidos-urbanos-Un-an%C3%A1lisis-te%C3%B3rico-pr%C3%A1ctico.pdf>.
- [1 7] INEI, «Perfil Sociodemografico: Características de la Población,» 2017. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/ca p01.pdf.
- [1 8] C. Yunes y M. Boles, «Documen,» de *Termodinámica*, 7ma ed., 2021.
- [1 9] I. N. D. E. E. Informática, «Estado de la población peruana,» 2020. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf.
- [2 0] R. R. Ambuludi Paredes y V. P. Carvajal Padilla, «Estimación de gas metano mediante el modelo LandGEM,» *Scielo*, vol. 35, 2022.
- [2 1] R. M. Chirinos Guerrero, «Diseño De Un Sistema Generador De Energía Eléctrica Que Emplea Biogás A Través De Residuos Sólidos Urbanos,» 2022.
- [2 2] A. E. Pérez Mares, *Teoría del ciclo ideal de una turbina de gas*, 2022.
- [2 3] M. Malaver de la Fuente, «Motor de turbina de gas de ciclo abierto,» 2019. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Motor-de-turbina-de-gas-de-ciclo-abierto_fig1_256845726.
- [2 4] J. F. Millian Salgado, «Maquinas y Equipos Termicos II,» 2017. [En línea]. Available: <http://maquinasyequipostermicos02.blogspot.com/2017/10/ciclo-de-potencia-de-gas.html>.

- [2 S. Energy, «Direct Industry,» 2020. [En línea]. Available:
5] <https://www.directindustry.es/prod/siemens-power-generation/product-23116-2448237.html>.

ANEXOS

Anexo 1: Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán

<p>www.uss.edu.pe</p>		
<h1>CÓDIGO DE ÉTICA</h1>		
<h2>PARA LA</h2>		
<h1>INVESTIGACIÓN DE LA</h1>		
<h1>UNIVERSIDAD SEÑOR</h1>		
<h1>DE SIPÁN S.A.C.</h1>		
<p><u>VERSIÓN 7</u></p>		
<p>APROBADO MEDIANTE RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO N.º 199 -2019/PD-USS</p>		
Elaborado por: Vicerrectorado de Investigación	F. Implementación: 06/11/2019 Revisado por: Consejo Universitario	Página 1 de 17 Aprobado con Resolución de Directorio N° 199-2019/PD-USS

CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I DE LA BASE LEGAL

Artículo 1.º La Ley N.º 24648, Ley de Creación del Colegio de Ingenieros del Perú, promulgada el 20 de enero de 1987.

El Artículo 6.º de la Ley 24648 señala que un Estatuto aprobado por Decreto Supremo determinará de conformidad con la presente ley todo lo concerniente a la conformación, atribución y funciones de los diversos órganos del Colegio, el empleo y la distribución de sus rentas, las normas de colegiación y el ejercicio de la profesión de los ingenieros nacionales y extranjeros, las normas sobre Defensa y Ética Profesional y todos los otros aspectos que sean convenientes para su mejor funcionamiento.

Artículo 2.º El Estatuto del Colegio de Ingenieros del Perú, que establece el funcionamiento de los organismos deontológicos, así como las Faltas y los Procedimientos Disciplinarios.

Artículo 3.º La Ley N.º 16053, que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República.

Artículo 4.º La Ley N.º 28858, Ley que complementa la Ley N.º 16053, Ley que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú para supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República y velar por que estas actividades se desarrollen dentro de las normas de ética profesional; además establece que todo profesional que ejerza labores propias de Ingeniería y de docencia de la Ingeniería, de acuerdo a Ley, requiere poseer grado académico y título profesional otorgado por una universidad nacional o extranjera debidamente revalidado en el país, estar colegiado y encontrarse habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

Artículo 5.º El Reglamento de la Ley N.º 28858, aprobado por el Decreto Supremo N.º 016-2008-VIVIENDA, que establece los criterios para la adecuada aplicación y cumplimiento de la Ley N.º 28858.

Artículo 6.º Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N.º 27444, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 06-2017-JUS, el cual rige supletoriamente en los procedimientos disciplinarios.

Technical Data

Technical Data for SGT-50 Gas Turbines

	SGT-50 w/DLE Combustors	SGT-50 w/Diffusion Flame Combustors	SGT-50 Externally Fired
Power output	2MW	1.934MW	1.85MW
Fuel	Gas	Gas, liquid and dual fuels	External heat source
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Gross efficiency	26%	18%	25.50%
Output shaft speed	1,500 / 1,800 rpm	1,500 / 1,800 rpm	1,500 / 1,800 rpm
Pressure ratio	7:1	4:1	7:1
Exhaust mass flow	9.5 kg/s	15 kg/s	9.35 kg/s
NOx emissions	<15ppm NOx @15% O2 (with DLE)	Fuel dependent	

Anexo 4: Características técnicas del filtro de gas

AIRCON HC

El **AIRCON** es un filtro móvil de carbón activo, especialmente desarrollado para el tratamiento y purificación de aire y gases.

Este filtro está protegido por un derecho de diseño comunitario registrado, referencia 001723511-0001

Flujo hidráulico máx. (m³/h)	50'-4000 ('to be increased for certain groups of chemicals)
Presión máx. (bar)	0.49
Volumen útil máx. (m³)	20
Dimensiones (A x A x L) (m)	78 x 26 x 26 m

KG2 PERFORMANCE DATA				
	KG2-3G	KG2-3E	KG2 W/POWER OXIDIZER	KG2 EXTERNALLY FIRED
Power output	2MW	1.934MW	1.85MW	1.85MW
Fuel	Natural Gas	Gas, Liquid and Dual Fuels	Virtually any waste gas stream	NA
Frequency	50 or 60	50 or 60	50 or 60	50 or 60
Gross efficiency	26	18	25.5	25.5
Output Shaft Speed	1,500 / 1,800 rpm	1,500 / 1,800 rpm	1,500 / 1,800 rpm	1,500 / 1,800 rpm
Pressure ratio	7:1	4:1	7:1	7:1
Exhaust mass flow	9.5 kg / sec	15 kg / sec	9.5 kg / sec	9.5 kg / sec
NO _x emissions	≤ 24 vppm at 15% O ₂ (with DLE)	Fuel Dependent	< 1 vppm at 15% O ₂	NA

Anexo 6: Características técnicas del transformador eléctrico

S11-M-30~2000/10 series fully sealed distribution transformer

Rated Capacity KVA	Voltage Combination(KV)			Connection symbol	No-load Loss (W)	On-load Loss (W) (75°C)	Short circuit impedenc e (%)	No load current (%)	Weight(KG)			Dimesions(mm) L x Wx H	Track Gauge(mm)
	High Voltage(K	Tapping Range	Low Voltage(KV)						Body	Oil	Total		
30	6 6.3 10 20 30	±5 ±2x2.5	0.4	Yyn0/ Dyn11	90	600	4.0	2.1	165	70	300	800x660x940	400x400
50					120	870		2.0	230	80	400	830x690x990	400x400
63					140	1040		1.9	270	90	450	860x690x1020	400x400
80					170	1250		1.8	320	105	520	900x720x1060	550x550
100					200	1500		1.6	365	115	600	940x740x1080	550x550
125					235	1800		1.5	420	125	700	1220x770x1100	550x550
160					280	2200		1.4	505	140	820	1240x780x1170	550x550
200					335	2600		1.3	605	170	980	1390x800x1200	550x550
250					390	3050		1.2	700	190	1150	1410x820x1230	550x550
315					465	3650	1.1	810	220	1300	1500x860x1270	660x660	
400					560	4300	1.0	950	240	1525	1520x870x1320	660x660	
500					670	5100	1.0	1130	270	1780	1600x890x1410	660x660	
630					840	6200	4.5	0.9	1360	320	2050	1660x950x1460	820x820
800					980	7500		0.8	1660	490	2800	1760x970x1500	820x820
1000					1190	10300		0.7	1720	570	3030	1800x1090x1620	820x820
1250					1360	12000		0.6	2060	650	3535	1870x1100x1700	820x820
1600					1640	14500	0.6	2340	750	4350	1980x1180x1800	1070x1070	
2000					1980	18500	5.5	0.5	2830	950	5040	2090x1280x1930	1070x1070

Anexo 7: Central Termoeléctrica "Tablazo"



CENTRAL TERMOELÉCTRICA TABLAZO

DENOMINACIÓN	CENTRAL TERMOELÉCTRICA TABLAZO
EMPRESA CONCESIONARIA	SUDAMERICANA DE ENERGÍA DE PIURA
TECNOLOGÍA	Generación Termoeléctrica
UBICACIÓN	
Departamento	Piura
Provincia	Paíta
Distrito	Tablazo
Altitud	80 msnm
DATOS TÉCNICOS	
Potencia Instalada	30 MW
Tipo de Central	Termoeléctrica Ciclo Abierto
Combustible	Gas Natural
Número de unidades de Generación	1 Turbina
Requerimiento de agua	700 m ³
TURBINA	
Modelo de Turbina	SGT-700
Potencia	30 MW
Eficiencia Térmica	36 %
GENERADOR	
Potencia Efectiva	30 MW
Tensión de Generación	13,8 kV
Factor de Potencia	0,9
TRANSFORMADOR	
Nivel de Tensión	13,8/60kV
Potencia	42 MVA
DATOS DE CONTRATO	
Tipo de contrato	Autorización MINEM
Firma de Contrato	31.12.2011
Puesta en Operación Comercial (POC)	01.09.2012



Plano de Ubicación



Generador Eléctrico ABB de 30 MW



Torre de Enfriamiento de la Planta



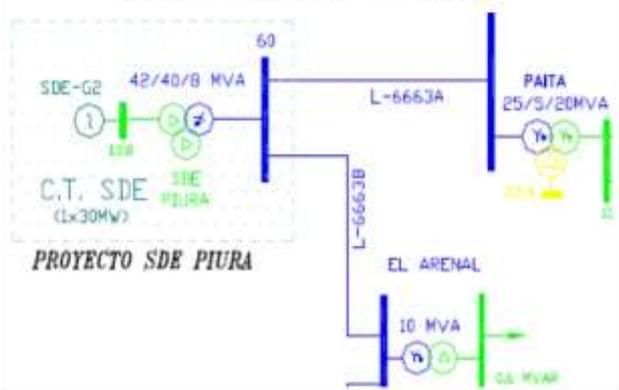
Transformador ABB de 42 MVA 60/13,8 kV



S.E. de Tablazo (Equipos del Patio de Llaves)

- **INFORMACIÓN RELEVANTE**
- La Central Termoeléctrica está ubicada en la zona de El Tablazo de Colón, para lo cual se han adquirido 20 000 m² en zona eriaz a 320 metros del km 45 de la carretera Paíta - Sullana.
- El gas que sirve de combustible es transportado básicamente desde la estación PN-25 de Olympic Perú INC hasta la estación de Medición en el interior de la Central Térmica, en un tramo estimado de 13,5 km.
- La generación eléctrica se da a través de un ciclo abierto. El combustible que ingresa a la turbina es quemado en la cámara de combustión de la turbina, entregando los gases de escape su energía a las ruedas de los álabes del rotor de la turbina de gas. El rotor de la turbina a su vez impulsa a su homólogo de un generador, produciendo energía eléctrica, cuyo voltaje se eleva a la tensión de 60 kV, que es el voltaje con el que se interconectará al sub sistema de transmisión.
- La S.E. Tablazo tiene una configuración de barra tipo "π", su construcción incluye 3 bahías en 60 kV y 1 módulo de transformación; así como el espacio para futuras ampliaciones de la subestación.
- La C.T. Tablazo ingresó en operación comercial el 01.09.2012 (Carta COES/D-794-2012).
- El monto aproximado de la inversión fue de 22,5 MM US\$.

ESQUEMA UNIFILAR DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN





CENTRAL DE BIOMASA LA GRINGA V

DENOMINACIÓN	CENTRAL DE BIOMASA LA GRINGA V
EMPRESA CONCESIONARIA	CONSORCIO ENERGÍA LIMPIA
TECNOLOGÍA	Generación con Biogás
UBICACIÓN	
Departamento	Lima
Provincia	Huachipa
Distrito	Huaycoloro
Altitud	60 msnm
DATOS TÉCNICOS DE CENTRAL	
Potencia Instalada	3,2 MW
Número de Unidades de Generación	2 Grupos Electrógenos
Fuente de Energía	Residuos Urbanos (Gas de Huaycoloro)
DATOS DEL GRUPO	
Potencia Nominal	1,6 MW (Caterpillar G3520C)
Velocidad	1 200 RPM
Tensión de Generación	0,48 kV
DATOS DE CONTRATO	
Tipo de contrato	Contrato RER (Segunda Subasta)
Firma de Contrato	30.09.2011
Puesta en Operación Comercial (POC)	31.03.2015
Energía Anual Ofertada	14 016 MWh
Precio de energía Ofertado	9,999 Cts. US\$ / kWh
Barra de Conexión	Subestación Huachipa 22,9 kV/60 kV (LDS)



Ubicación



Pozos de extracción de gas



Planta de captura de biogás



Estación de quemado de gas

INFORMACIÓN RELEVANTE

- La C.T.B. La Gringa V se encuentra ubicada en las proximidades de Cajamarquilla, provincia de Huarochiri, departamento de Lima. La misma contempla la instalación de dos grupos electrógenos de 1,6 MW (c/u) que utilizarán el excedente de biogás de la C.T.B. Huaycoloro.
- La Empresa "Petramás S.A.C." está asumiendo las acciones del Concesionario "Energía Limpia" propietaria del Proyecto Central Biomasa La Gringa V, asumiendo las obligaciones de la inversión del costo total del proyecto.
- Habiéndose iniciado las obras de la C.T.B. La Gringa V, la concesionaria deberá solicitar su incorporación en el SEIN de acuerdo al Procedimiento N° 20 del COES.
- Con fecha 31.01.2014 la concesionaria solicitó al MINEM, la ampliación de la POC, incrementando carta fianza en 20%, la nueva POC, será el 31.10.2014.
- El 03.06.2014 con R.M. N° 260-2014-MEM/DM el MINEM aprobó la modificación del Contrato de Concesión.
- El proyecto ha sufrido un retraso por el cambio de motores Jenbacher 420 (1,4 MW) por Caterpillar 3520 (1,6 MW); razón por la cual no logrará entrar en operación comercial el 31.10.2014; en razón de ello, la concesionaria solicitará la modificación de la fecha de puesta en operación comercial del 31.10.2014 al 31.12.2014.
- Los pozos de extracción de gas se encuentran concluidos, utilizarán los pozos que alimentan a la C.T.B. Huaycoloro.
- El avance económico del proyecto es de 96%. La concesionaria incremento su garantía solicitando la ampliación de la POC para el 31.03.2015.
- El monto de Inversión aproximado es de 5,1 MM US\$.



Sistema de compresión y limpieza de Biogás

Gerencia de Fiscalización Eléctrica
Unidad de Supervisión de Post Privatización USPP – Febrero 2015

Anexo 9: Central Termoeléctrica Huaycoloro



CENTRAL TERMOELÉCTRICA HUAYCOLORO (OPERANDO)

DENOMINACIÓN	CENTRAL TERMOELÉCTRICA HUAYCOLORO		
EMPRESA CONCESIONARIA	PETRAMAS S.A.C.		
TECNOLOGÍA	Generación Termoeléctrica - Biomasa		
UBICACIÓN	Lima Departamento Huarochiri Provincia Huaycoloro Distrito 80 msnm		
DATOS TÉCNICOS DE CENTRAL	Potencia Instalada 4,0 MW Número de Unidades de Generación 3 Grupos Diesel Fuente de Energía Gas		
DATOS MOTOR COMB. INTERNA	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Potencia Nominal	1,6 MW	1,6 MW	1,6 MW
Marca	Caterpillar	Caterpillar	Caterpillar
Nivel de Tensión	0,48 kV	0,48 kV	0,48 kV
DATOS DE TRANSFORMADOR	Potencia 2 x 3MVA Nivel de Tensión 0,48/22,9 kV		
DATOS DE CONTRATO	Tipo de contrato Contrato RER (Primera Subasta) Firma de Contrato 31.03.2010 Puesta en Operación Comercial (POC) 12.11.2011 Energía Anual Ofertada 28 295 MWh Precio de energía Ofertado 11 Cvs. US\$ / kWh		

INFORMACIÓN RELEVANTE

- El 20.02.2010, Petramás obtuvo la buena pro para suministrar energía eléctrica por 20 años al Estado Peruano por un total de 28 295 MWh por año, dentro del marco de la "Primera Subasta para el Suministro de Energía Eléctrica, con Recursos Energéticos Renovables (RER) al Sistema Eléctrico (SEIN)".
- El proyecto está compuesto por 250 pozos de captación de biogás; un gasoducto de más de 15 km y una moderna estación de succión y quemado automatizada.
- La central genera energía eléctrica a partir de la basura, emplea el biogás generado en las plataformas del relleno sanitario Huaycoloro para la generación eléctrica, para lo cual se ha instalado una moderna estación automatizada de limpieza de biogás; una moderna central de Generación de 4,8 MW, una sala de control, una subestación de elevación de voltaje de 480v a 22 kV, una red de sub transmisión de 5,5 Km y una S. E. de recepción (Luz del Sur) para la interconexión con las redes del SEIN.
- La Central Termoeléctrica Huaycoloro ingresó en operación comercial el 12.11.2011 (Carta COES/DP-044-2011), con una potencia efectiva de 2,4 MW; posteriormente, el 29.12.2011, mediante Carta COES/DP-047-2011 se actualizó la potencia efectiva de la C.T a 3,41 MW a partir del 06.01.2011.
- Monte aproximado de la inversión es de 10,5 MM US\$.

UBICACIÓN FÍSICA DE LOS GRUPOS



Planta de tratamiento de Biogás



Quemador de Biogás



Grupos de Generación 3 x 1,6 MW



Central Termoeléctrica Huaycoloro



Línea de subtransmisión 22,9 kV

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS_ Diaz Rios, Moises Hosmar_TURNI
TIN 19.03.docx**

AUTOR

Moises Hosmar Diaz Rios

RECUENTO DE PALABRAS

6741 Words

RECUENTO DE CARACTERES

34838 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

46 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

553.4KB

FECHA DE ENTREGA

Mar 19, 2024 12:07 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 19, 2024 12:07 PM GMT-5

● 25% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 24% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

ACTA DE ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Silvia Yvone Gastiaború Morales**, Coordinador de Investigación y Responsabilidad Social de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** y revisor de la investigación aprobada mediante **Resolución N° 0007-2022/FIAU-USS** de(l) los Bachiller(es):

DIAZ RIOS MOISES HOSMAR,

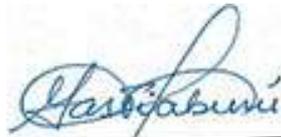
Titulada:

“DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS URBANOS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO”

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **25%** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva de Similitud aprobada mediante Resolución de Directorio N° 015-2022/PD-USS de la Universidad Señor de Sipán.

Pimentel, 19 de marzo de 2024



Dra. Silvia Yvone Gastiaború Morales
DNI N° 16481433