



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**TESIS
DISEÑO DE UNA CENTRAL TÉRMICA QUE
UTILIZA LA BIOMASA RESIDUAL DE LA
LOCALIDAD DE CHICLAYO**

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

Autor

**Bach. Serrato Roque, Irvi Yoel
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-7084>**

Asesor

**MSc. Rojas Coronel Angel Marcelo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>**

**Línea de Investigación
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú
2024**

**DISEÑO DE UNA CENTRAL TÉRMICA QUE UTILIZA LA BIOMASA
RESIDUAL DE LA LOCALIDAD DE CHICLAYO**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario del Jurado de Tesis

MSC. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

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 TÉRMICA QUE UTILIZA LA BIOMASA RESIDUAL DE LA LOCALIDAD 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 (CIEI USS) 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:

SERRATO ROQUE IRVI YOEL	DNI: 48564090	
--------------------------------	---------------	--

Pimentel, 24 de setiembre del 2024.

Dedicatoria

Dedicado a mi madre Tula que, con su esfuerzo, valores, enseñanzas me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles de mi vida.

A mi padre Francisco que me ayuda con su coraje y fuerzas para seguir adelante con mis metas y proyectos.

También dedico a mi hijo André Yoel que es mi mayor motivación hoy en día para no rendirme en todo lo que me propongo y poder llegar a ser un ejemplo para él.

A mi compañera desde que inicie la carrera Margarita la cual me apoyo en muchos aspectos.

A mis hermanos Mariel y Elvis por su apoyo incondicional y poder culminar esta meta.

A mis dos sobrinos Dominick y Valentina.

A mis abuelos Maximiano, Pedro y Orfilia que desde el cielo me iluminan y me cuidan para seguir adelante con mis proyectos.

Y sin dejar atrás a las personas que estuvieron apoyándome en estos años y dándome consejos en terminar lo que un día empecé y a mis profesores por sus buenos consejos, su apoyo incondicional y por compartirme sus enseñanzas y sabidurías.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Dios quien ha bendecido, guiado y me a dado la fortaleza de seguir adelante en este camino.

A mis padres por ser la parte fundamental de mi persona por su apoyo incondicional, estar presente en todo momento empujándome en terminar mis estudios para ser el orgullo de la familia y tener con que defenderme en esta vida muchas gracias padres.

A todos mis profesores de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica que me enseñaron tanto de la profesión como de la vida, ayudándome con sus palabras motivadoras para seguir adelante.

Índice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Resumen	8
Abstract	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Hipótesis	21
1.4. Objetivos	21
1.5. Teorías relacionadas al tema	22
II. MATERIAL Y MÉTODOS	56
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	56
2.2. Variable y Operacionalización	56
2.3. Población y muestra	56
○ Residuos Sólidos Urbanos (Poder Calorífico del metano kJ/kg)	57
○ La Población de Chiclayo	57
○ La Potencia eléctrica neta generada (W)	57
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	60
2.5. Procedimiento de análisis de datos	63
2.6. Criterios éticos	65
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1. Resultados	67
3.2. Discusión	95
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
4.1. Conclusiones	96

4.2. Recomendaciones	97
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS	102

Índice de tablas, figuras y formulas (de ser necesario)

Tabla 1. Balance de actividades de comunas y distritos en el campo de la gestión y manejo de residuos sólidos 2015	13
Tabla 2. Analizar y evaluar los resultados de las comunas de la provincia en el periodo 2014-2015 en materia de gestión y manejo de residuos sólidos.	14
Tabla 4. Proyección de población y residuos sólidos por habitante en 20 años	69
Tabla 5. Residuos sólidos orgánicos según residuos sólidos por año al 2042.	70
Tabla 6 Valores para k y L₀ en vertederos convencionales, según el modelo EPA	72
Tabla 7. Proyección de metano a 20 años según modelo EPA	73
Tabla 8. Especificaciones técnicas de la Turbina de Vapor	90
Tabla 9. Especificaciones técnicas de la Turbina de Vapor	92
Tabla 10: Datos operacionales de la central térmica de 1.52 MW	93
Tabla 11: VAN y TIR del proyecto	94
Figura 1. Croquis de procedimiento de pretratamiento de desechos.	36
Figura 2. Croquis de fábrica de cremación con ciencia de Parrilla	37
Figura 3. Panorama de cortadura de Parrilla Móvil de tipo Sin Fin	38
Figura 4. Panorama de cortadura de Parrilla Móvil a origen de rodillos.	39
Figura 5. Fogón movable y cámara de postcombustión	40
Figura 6. Vista completa de un Horno de LF	40
Figura 7. Vista de LFB Rectangular para Incineración de residuos sólidos	41
Figura 7. Vista de LFC para cremación de residuos sólidos	42
Figura 9. Ciclo Rankine	43
Figura 10. croquis de marcha de una central térmica de gas natural	45
Figura 11. Corte transversal de una Central Hidráulica	48
Figura 12. Cuadro de la actividad de una Central Nuclear.	49
Figura 13. Desarrollo de actividades para el cumplimiento de la investigación.	64
Figura 14: Turbina de gas	78
Figura 15: Turbina de gas	79
Figura 16. Ortofoto del lugar en detalle donde se ubicará la Central Térmica	88
Figura 17. Ortofoto del lugar exacto de la ubicación de la Central Térmica	88
Figura 18. Turbina de vapor modelo SST- 150	91
Figura 19. Cronograma General de proyecto de Central Térmica	92

Resumen

En el presente trabajo de investigación se detalla el diseño de una central térmica que emplea la biomasa para la generación de energía eléctrica. La biomasa es obtenida a través de los residuos sólidos urbanos generados por los habitantes de la ciudad de Chiclayo. La bibliografía revisada indica que por habitante se tiene 0.45kg/día de residuos sólidos urbanos.

Para el cálculo de la capacidad de la biomasa se realizó una proyección estadística de 20 años obteniendo de esta manera un promedio de 0.573 kg/hab/día de residuos sólidos urbanos, sin embargo, mediante los datos obtenidos en investigaciones previas se verificó que solo el 50% de los residuos sólidos corresponde a la biomasa. Mediante el modelo matemático de Landfill Gas Emission Model (LandGEM) se halló una cantidad de biogás de 61.79m³/h.

Mediante el uso del ciclo termodinámico Brayton se pudo calcular los kW de trabajo tanto del compresor como de la turbina. El análisis del ciclo termodinámico y las distintas ecuaciones empleadas arrojaron una potencia de 844.77 kW para el compresor y 2361.04 para la turbina. Otro dato hallado fue la eficiencia del ciclo termodinámico, la cual fue de 38%. El trabajo neto que pasará a ser energía eléctrica es de 1.52 MW. Con la información de potencias y capacidades se procedió a seleccionar cada elemento del sistema. Por último, el análisis económico realizado indicó que el proyecto

tiene un TIR de 27% y un periodo de recuperación de la inversión al 4to año.

PALABRAS CLAVE: Turbina, termodinámica, biomasa, eficiencia, energía.

Abstract

In the present research work, the design of a thermal power plant that uses biomass for the generation of electrical energy is detailed. The biomass is obtained through solid urban waste generated by the inhabitants of the city of Chiclayo. The reviewed bibliography indicates that per inhabitant there is 0.45kg/day of MSW.

For the calculation of the biomass capacity present in the biomass, a statistical protection of 20 years was carried out, thus obtaining an average of 0.573 kg/inhab/day of RS, however, through the data obtained in previous investigations it was verified that only 50% of solid urban waste corresponds to biomass. Using the Landfill Gas Emission Model (LandGEM) mathematical model, an amount of biomass of 61.79m³/h was found.

By using the Brayton thermodynamic cycle, it was possible to calculate the working kW of both the compressor and the turbine. The analysis of the thermodynamic cycle and the different equations used yielded a power of 844.77 kW for the compressor and 2361.04 for the turbine. Another data found was the efficiency of the thermodynamic cycle, which was 38%. The net work that will become electrical energy is 1.52 MW. With the information on powers and capacities, each element of the system was selected. Finally, the economic analysis carried out indicated that the project has an IRR of 27% and a payback period of the 4th year.

KEYWORDS: Turbine, thermodynamics, biomass, efficiency, energy.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

1.1.1. Internacional

Qué hacer con residuos sólidos es un tema que impacta negativamente a todos en el mundo. La gestión de estos es un problema de gran relevancia para los encargados de dirigir una ciudad, y, teniendo en cuenta que hasta el 90% de estos son vertidos o quemados a cielo abierto en aquellos países en vías de desarrollo, son las personas con bajos recursos los que terminan más afectados por estas actividades. Esto se reafirma al ver que, en años posteriores muchos vertederos han cubierto casas enteras de personas, y eso se debe a que los individuos más pobres tienden a vivir cerca de los botaderos y fomentan el reciclaje en sus ciudades mediante su recolección generándoles, además, consecuencias graves para su salud. [1]

Además, este mal manejo de los desechos genera contaminación de los océanos, obstrucciones e inundaciones de alcantarillas, transmisión de enfermedades, enfermedades respiratorias agravadas por las quemas y nulo tratamiento, que además dañan a los animales que terminan comiendo algunos desechos. El gran impacto se reconoce mejor al saber que anualmente se originan 2 010 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 33% se dejan sin tratar y poner en peligro el medio ambiente. [1]

1.1.2. Nacional

Perú, de manera anual, produce un valor cercano a 7 millones de toneladas de RSU (Residuos Sólidos Urbanos). Aumentado debido a la asignación mínima

de fondos públicos, políticas de control débiles y deficiencias en la gestión de la operación; por no hablar de la falta de iniciativa en el cambio climático.

En la capital de Lima origina alrededor de 7.452 toneladas de residuos por día, casi el doble de lo que era hace 15 años, y se espera que este número crezca en los años siguientes. Se sabe que, según el Ministerio del Ambiente (MINAM), el 83% de los desechos terminan en el medio ambiente, pues no son las fábricas o industrias las que más contaminan, cómo se podría pensar, sino los ciudadanos quienes generan alrededor del 0.80 kg por día debido a la falta de cultura y conciencia ambiental. En cuanto a las ciudades metropolitanas, no están preparadas para la situación actual en cuanto a la recogida de residuos y mucho menos para lo que está pasando a nivel nacional, que podría desembocar en una crisis sanitaria. En todo el país cuenta actualmente con 26 rellenos saludables, el 18.6% de los residuos se pueden reciclar, sin embargo, en el 2016 solo se reciclo el 1.9%. [2]

El desempeño de los diferentes distritos con respecto a la gestión y empleo que se le está dando a la generación de los desechos, para los años 2015 y 2016 pueden apreciarse en las tablas 1 y 2.

A continuación, se presenta un ranking de mayor a menor cumplimiento de las normas sobre residuos sólidos urbanos, en una escala vigesimal de 20 a 0 puntos, 10 municipalidades provinciales obtuvieron un puntaje de satisfecho en la evaluación 2015

Tabla 1. Balance de actividades de comunas y distritos en el campo de la gestión y manejo de residuos sólidos 2015

Ranking	Entidad	Puntaje Vigesimal
1	Ancash (Carhuaz)	14.5
2	Junín (Concepción)	14.5
3	Apurímac (Grau)	14
4	Callao	14
5	Loreto	13.5
6	Lima	13
7	Cajamarca	11.5
8	Ancash (El Santa)	11
9	Junín (Chanchamayo)	11
10	Ayacucho (Parinacochas)	11

Fuente: [3]

En cuanto a los promedios registrados por las capitales provinciales de los departamentos del país, se verificó que únicamente Lima alcanzó una calificación aprobatoria en la evaluación de 2014, mientras que, en la evaluación de 2015, solo dos capitales provinciales lograron un puntaje aprobatorio.

Tabla 2. Analizar y evaluar los resultados de las comunas de la provincia en el periodo 2014-2015 en materia de gestión y manejo de residuos sólidos.

Ranking	Entidad	Puntaje Vigesimal (1 – 20)	
		2014	2015
1°	Lima	13	13
2°	Cajamarca	7	11.5
3°	Huancayo	9	10
4°	Arequipa	7	9
5°	Huancavelica	3	8
6°	Huaraz	5.5	8
7°	Huánuco	3.5	8
8°	Maynas	9	8
9°	Mariscal Nieto	8.5	7.5
10°	Cusco	7	7
11°	Puno	7	7
12°	Tacna	9	7
13°	Chachapoyas	7.5	6
14°	Pasco	3.25	6
15°	Abancay	6	6
16°	Ica	8	6
17°	Tambopata	8	5
18°	Trujillo	8	5
19°	Moyobamba	8	5
20°	Tumbes	8	5
21°	Huamanga	7	4
22°	Piura	6	4
23°	Coronel Portillo	5	3
24°	Chiclayo	8	2.5

Fuente: [3]

Como puede apreciarse, regiones con un mal desempeño para gestión de residuos sólidos como Tambopata, Trujillo y Moyobamba disminuyeron aún más su desempeño en el periodo 2015-2016, aun cuando algunas regiones como Huancavelica y Huánuco mejoraron significativamente.

1.1.3. Local

La capital de la región Lambayeque, Chiclayo, es una de las ciudades principales nivel de comercio en el Perú, aún con el flujo de caja generado por las actividades comerciales no puede resolver el problema principal - los residuos; Chiclayo genera alrededor de 400 toneladas de desechos por día; De estos, el sistema de diputación solo obtuvo 180 toneladas, que fueron trasladadas a un lugar ubicado en el distrito de Reque, por las máquinas que compactan y que cruzan la carretera y quedan a la intemperie, por lo que aún contaminan.

La diligencia de residuos sólidos representa entonces el problema principal de los gobiernos locales. Distritos como Chiclayo, José Leonardo Ortiz o Lambayeque aún luchan con campañas e inversiones, pero cuya raíz del problema debe a distintos factores de índole no solo económica, sino también sociales, culturales y tecnológicos.

Entre los principales factores que contribuyen a este problema y lo agravan se encuentran: el aumento en la generación de residuos por parte de la población, la crisis económica que, en muchos casos, dificulta la posibilidad de cobrar por los servicios prestados, la politización del tema en períodos electorales, la falta de campañas sociales efectivas, la escasa educación y participación ciudadana en temas de salubridad, así como la creación de grandes vertederos, entre otros. [4]

Las obras enumeradas a continuación son precursoras de la obra en cuestión.

1.1.4. Antecedentes

En 2012, durante los dos últimos periodos, la petición de energía del Perú se ha incrementado constantemente debido al crecimiento económico. Ante tanta demanda, el calentamiento global ha impulsado la búsqueda de recientes variables que apoyen el desarrollo sostenible y proteger del medio ambiente. El proceso mediante el cual se produce electricidad juega una tarea importante en el logro de estos objetivos. Así, bajo la regla de Kioto, el Mecanismo de Desarrollo Limpio Apoyado por Alternativas (MDL) ha creado un mercado paralelo de derivados para tecnologías limpias. Esta situación ofrece al Perú la oportunidad de satisfacer su necesidad de una matriz de producción de energía viable, sostenible y respetuoso con el medio ambiente mediante el uso de Desarrollo Limpio Apoyado por Alternativas. Considerando la actual matriz de generación eléctrica en el Perú se basa en hidroelectricidad (57.2% del total) más gas natural (35.6%), carbón, diésel entre otros (7.2%) y asumiendo la rentabilidad como uno de los principales criterios de decisión, este estudio compara las capacidades de tres opciones de generación de energía: hidráulica, térmica de ciclo único y Ciclo Combinado. En esta ocasión, el acercamiento al Desarrollo Limpio Apoyado por Alternativas (créditos de carbono) aumenta el rendimiento, aun en mayor medida que la hidroelectricidad, por lo que invertir en energía hidroeléctrica ofrece los mayores beneficios. [5]

En 2014, este Trabajo de Fin de Grado realizó dos medidas para menorar los costos de explotación de la caldera de biomasa en una planta de sinterización de media densidad en la ciudad de Valladolid, utilizando como combustible la biomasa forestal restante. Las propuestas son permitir la recuperación del calor de escape para precalentar el aire de combustión y garantizar el mantenimiento

preventivo de la caldera. El intercambiador de calor aumentará la eficacia de la caldera, menorando así el consumo de biomasa y el mantenimiento preventivo reducirá los costes de explotación. [6]

En 2016, esta tesis analiza el uso de la biomasa en el vertedero no regulado de Kancharani como biogás, proceso de producción, propiedades, beneficios ambientales y su uso para generar electricidad. El Relleno Sanitario Kancharani, encargado del tratamiento final de los residuos sólidos generados en Puno, fue elegido para un estudio sobre la producción de biogás, así como para la limpieza y reubicación del vertedero. Posteriormente, se calculó la producción de biogás en el sitio Kancharani, seleccionamos una industria de biogás de 65 kW, la cual se acopla a un sistema de media presión de Puno a través de una centralita automática o manual. Uno de los métodos de producción de energía limpia más populares en la actualidad es la masa biológica, de la cual se obtiene energía orgánica, se puede obtener a partir de residuos agrícolas como desechos domésticos, alimentos. residuos, etc El producto final, entre otras cosas, es un origen de energía reciclada llamada masa biológica. En Perú, en la ciudad de Lima, existe un sistema para generar electricidad a partir de biogás tomado de desechos. [7]

En 2007, gracias a varios beneficios económicos y ambientales, la energía renovable en los Estados Unidos ha crecido exponencialmente en los últimos periodos. Este aprendizaje investiga el statu quo, los problemas y los gobiernos relacionadas con el crecimiento de productos bioenergéticos a partir de biomasa de madera extraída de los bosques. Actualmente, la utilización de la biomasa forestal para la elaboración de energía en los Estados Unidos es practicado principalmente

por la industria forestal para la generación doméstica de electricidad y calor. La propuesta de uso de biomasa forestal para la elaboración de energía se centra en la productividad de materia de biocombustión para motores. Las principales tecnologías de procesamiento de biomasa de madera aún se acercan en el periodo de averiguación y desarrollo y aún no son comercialmente viables. Otro problema asociado al aprovechamiento de la biomasa forestal es el alto costo de compra y transporte, que duplica la demanda de alguna biomasa forestales e introduce nuevos productos biológicos en el mercado. Desde la década de 1970, se han promulgado mucha justicia y astucia para ayudar y dirigir el desarrollo de la transformación de la biomasa en los EE.UU. En años recientes, el uso de la biomasa de madera ha recibido cada vez más atención y apoyo. [8]

Desde 2009 hasta el presente, la biomasa no ha sido la fuente predominante de producción de electricidad en los Estados Unidos, a pesar de los beneficios potenciales de reemplazar el carbón con biomasa neutra en gases de efecto invernadero (GEI). En este estudio, las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al ciclo de combustible en las plantas de carbón y biomasa se cuantificaron utilizando el modelo GREET del Laboratorio Nacional de Argonne. También se analiza la posibilidad de emisiones negativas al agregar una unidad de captura y captura de carbono a la central. Por último, se llevó a cabo un análisis económico sobre la modernización de las centrales térmicas de carbón existentes para biomasa o combustión. Si la producción de biomasa no genera emisiones por cambios en el uso de la tierra, la combustión conjunta de solo el 5 % de la biomasa con carbón podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el uso exclusivo del carbón. Cuando se agrega un dispositivo CCS

a las plantas de energía simuladas, las plantas que queman 15% de biomasa o más tendrán emisiones negativas; Esencialmente, las plantas capturan CO₂ del aire. Sin embargo, para que las plantas de combustión conjunta sean económicamente competitivas con las plantas de carbón, se requiere un precio del carbono de al menos \$52/ton CO₂, y para las plantas de cobre, un precio de \$71/ton. se requiere tonelada de CO₂ equivalente. quemado con CCS. El análisis de políticas muestra que la falta de apoyo político para la producción de energía de biomasa se debe a la falta de beneficios directamente relacionados con los objetivos políticos actuales (por ejemplo, energía, será más barata. Para aprovechar los beneficios de la biomasa existente y promover el desarrollo de prioridades materias primas de biomasa, se necesitan políticas para fomentar la producción de energía de biomasa. La política gubernamental actual y las regulaciones propuestas a nivel federal son inconsistentes y no brindan los incentivos necesarios para los sistemas de energía de biomasa. Se proponen dos políticas: primero, un programa nacional de certificación de biomasa sostenible, y, en segundo lugar, una política para fomentar el uso de biomasa certificada. Esta política conducirá tanto a un suministro sostenible de biomasa como a una mayor demanda de producción de energía a partir de biomasa. [9]

1.1.5. Justificación e importancia del estudio

El crecimiento de una central de concepción térmica a base de biomasa residual para la ciudad de Chiclayo representa un avance que impacta a nivel tecnológico, social y cultural, y se sustenta en los mismos aspectos de la siguiente manera:

Justificación Técnica

En esta investigación implica el uso de equipos tecnológicos para producir energía térmica a partir de biomasa residual, equipos con poco o ningún uso a nivel regional, sentando un precedente para proyectos de inversión pública o privada multiplicadores en el futuro.

Además, implica la adopción de estrategias innovadoras para la gestión de residuos sólidos que no se han aplicado en otras áreas de la región, así como el establecimiento de una fuente de energía complementaria que puede o no integrarse al sistema de interconexión nacional.

Justificación económica

La materialización de la presente investigación podrá reducir el precio de demanda de energía eléctrica debido al ahorro que se genera, la cual se produce teniendo como materia prima biomasa residual será un costo menor a comparación del servicio brindando por las empresas convencionales.

Justificación Social

A nivel social, este proyecto contribuye desde diferentes aspectos como la industria y el medio ambiente, sensibilizando a las personas y creando una educación orientada al buen manejo de los residuos sólidos, los beneficios que estos tienen y sus buenos impactos.

Justificación Ambiental

La bibliografía revisada muestra el porcentaje (50%) que representa la materia orgánica dentro de la producción total de residuos sólidos. La presente investigación es una alternativa muy favorable para el medio ambiente, si se usa este 50% para la generación de energía limpia, los índices de contaminación residual reducirán enormemente.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál configuración y equipos de generación térmica representan un costo/utilidad adecuada para la concepción de potencia eléctrica a base de biomasa residual proveniente de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Chiclayo?

1.3. Hipótesis

El diseño de la central térmica que emplea biomasa residual cubrirá un porcentaje de alta demanda de electricidad y disminuirá la contaminación en donde se ejecute el proyecto.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Diseñar una central térmica que utilice biocombustible a partir de la biomasa de los residuos sólidos urbanos de la localidad de Chiclayo para la generación de energía eléctrica.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de la biomasa de los residuos sólidos urbanos de la Ciudad de Chiclayo.
- Determinar la potencia energética de la biomasa de los residuos sólidos urbanos.
- Calcular los elementos electromecánicos de la central térmica.
- Calcular el (VAN), la (TIR).

1.5. Teorías relacionadas al tema

1.5.1. Biomasa

La biomasa es sustancia viviente que es empleada como bandeja de energía. En un sentido amplio, la biomasa incluye una variedad de sustancias orgánicas que son heterogéneas a nivel de naturaleza y origen.

Hablando netamente de energía, la biomasa puede ser tomada en cuenta como una materia orgánica producida como resultado de una evolución orgánica natural o estimulado, apta para el uso como fuente de energía. Dichos recursos de la biomasa pueden ser divididos en agricultura y silvicultura. También puede ser considerada como la biomasa sustancia viviente procedente de aguas excedentes y barro, así también tal los residuos industriales y la fracción orgánica de los residuos sólidos. La biomasa se da autoridad de valorizar a inclinación de 4 tratamientos principales mediante los cuales se puede convertir en fuego y energía: incineración, asimilación anaerobia, gasificar y descomposición.

1.5.1.1 Utilidad de la biomasa

[10] Nos da las principales ventajas, desventajas o beneficios que nos brinda la biomasa:

Precio económico:

A diferencia del hidrocarburo o la hulla, la biomasa al mando se considera como más económica. El precio de la biomasa al mando es un regimiento del costo de otras materias primas.

Falta subordinación de los combustibles fósiles:

Los diestros creen que la biomasa es un material que puede disminuir la necesidad del uso dependiente de los combustibles fósiles, cuya extracción es en la mayoría de los casos costosa (por ejemplo, el carbón).

Baja contaminación:

Esta es una fuente de baja contaminación que mejora la calidad del aire y reduce el impacto del cambio climático. Aun así, se libera al CO₂ al ambiente, las emisiones son mínimas.

Fuentes abundante y renovable de energía:

Existe una alta cantidad de madera orgánica, desechos y escombros en absoluto de la tierra. Por la cantidad, este origen de potencia pertenece a las de tipo renovable, completando un ciclo que no contamina el suelo y no destruye ningún tipo de residuo.

Innovación de empleo de misión en los sectores campestre:

Esto ayuda a sostener a la población porque crea empleos, dando lugar a todo tipo de actividades. Es dicha zona donde hay más residuos, ya sea madera, paja (montaña) o residuos animales (granja).

Muy alta eficiencia:

Algunas empresas todavía dudan en utilizar esta fuente de energía porque les preocupa la eficiencia del uso de la biomasa. Las innovaciones introducidas en los últimos años (algunas de ellas tecnológicas) aumentan la fiabilidad de la biomasa.

La tala de bosques:

La biomasa ayuda a limpiar los bosques, evitar la degradación forestal y los incendios silvestres.

1.5.1.2 Desventajas de la biomasa

Entre todas las carencias, destacan estas tres:

Crear cenizas:

A la hora de decidirse por la biomasa hay que tener en cuenta que durante la combustión de los residuos se generan cenizas, lo que genera un aumento en el importe de aprovechamiento. Asimismo, la cordura y actividades de precauciones al momento de llevar a cabo la combustión deben ser elevadas, tanto en términos de temperatura como de escape.

Espacio de reserva requerido:

La capacidad ocupada por la biomasa es grande. No sólo del caldero, sino

también de los desechos que hay que explotar para producir potencia. En esta organización es necesario determinar un lugar para desechos y otro para calderos.

Mantenimiento especial:

Dado que no son tan habituales, el mantenimiento aplicado a estos calderos es solo y complejo que necesita de compañías enfocadas en este tipo de trabajos y que se centren en sostener en estado operativo las instalaciones de biomasa.

Tipos de Biomasa

Biomasa natural

Es aquella que ocurre en los hábitats naturales. Esto es lo que se genera en el entorno natural sin la obligación de meterse la mano del individuo. El beneficio masivo de esta demanda no va de la mano con la seguridad del medio ambiente.

[11]

- Se obtiene tomando residuos de bosques y plantaciones.
- Leña y ramas de árboles.
- conífero.
- Frondosas.

Residuos de biomasa

La biomasa residual es la resultante de la labor humana utilizando materia orgánica, principalmente en procesos agrícolas, pecuarios y antrópicos como residuos y aguas residuales. Incluye residuos agrícolas y forestales, residuos de la producción forestal y agrícola, desechos sólidos municipales y residuos biodegradables. [11]

- Reducir el riesgo de contaminación e incendio.
- Reducir el espacio del colector.
- El importe de la elaboración que es notablemente bajos.
- El valor de envío puede ser bajos.
- Evite la transmisión del CO₂
- Crea espacios laborales. Ayuda al crecimiento de los pueblos.

Sobrante agrario

Los sobrantes agrarios no utilizados para la nutrición natural son biomasa. Dan dominio a explotar, por ejemplo, para la elaboración de biocombustibles líquidos. [11]

Cultivos energéticos

Es el tipo que se cultiva para producir biomasa que se puede procesar en combustible, como la caña de azúcar, que se aprovecha para la fabricación de alcohol etílico para combustible. Esta cultivación que se diferencia por tener un alto rendimiento de sustancia viva por unidad de duración y permiten un cultivo con cuidados mínimos. El cultivo de energéticos puede abarcar cultivos tradicionales (como cereales, caña de azúcar y semillas oleaginosas) así como otros cultivos no convencionales (como cynara, pataca y sorgo dulce), los cuales han sido objeto de numerosos estudios para evaluar su creciente demanda. [11]

1.5.3. Biomasa como fuente energética

El ser humano ha aprovechado la biomasa como suministrador de energía para ejecutar sus actividades diarias. A medida que el uso de combustibles

fósiles comienza a ganar impulso, su participación en la producción de energía primaria comienza a perder terreno. Hoy en día se requiere a diferentes circunstancias, ocurrió un resurgimiento de biomasa como origen energético. [11]

Factores encargados del uso de la biomasa como origen de energía son:

- Los precios del hidrocarburo aumentan.
- Incrementar la productividad agrícola.
- Es necesario encontrar métodos alternativos de aprovechamiento de la obtención agrícola.
- Capacidad de aplicar la inteligencia en base a técnicos y adquiridos por la ciencia para mejorar el desarrollo de captación de potencia.
- Base económica conveniente para el crecimiento de centrales eléctricas que utilicen biomasa producida por centrales eléctricas de esta fuente
- Las dificultades legales en el perfeccionamiento de nuevo modelo de propósito hacen de la biomasa la opción más clara para un cambio con rentabilidad ahorrador.

1.5.3.1 Procesos de conversión de la biomasa en energía

ENERGIZA (2018) presenta los procesos de conversión de biomasa más importantes y conocidos, los cuales pueden clasificarse en:

Procesos Termoquímicos

Es un proceso que tiene como objetivo de uso del fuego como origen de modificación de la masa biológica. Están muy orientados y puestos para la biomasa desecado, especialmente en la madera y la paja.

Combustión

Es la oxidación repleta de la biomasa con oxígeno atmosférico bajo la influencia de alta temperatura (800-1000 °C), en la que se liberan agua, dióxido de carbono, cenizas y calor. Estos últimos se utilizan para calentar casas o instalaciones industriales o para generar electricidad.

En los últimos años, la tecnología de lecho fluidizado ha logrado muchos logros tanto en aplicaciones térmicas como termoeléctricas. La opción más popular es el tipo burbuja debido a su mayor rentabilidad en plantas relativamente pequeñas como las plantas de biomasa.

Pirólisis

Es la combustión no completa de la biomasa a unos 500°C en condiciones anaeróbicas, es decir, sin oxígeno. Durante mucho tiempo se ha utilizado para generar carbón vegetal. Este procedimiento emite fluido al generador, una mezcla de (CO), CO₂, (H₂) e carburantes ligeros. Este fluido bajo en calorías se puede utilizar para impulsar motores diésel, generar electricidad o propulsar automóviles.

Pirólisis Flash

Es diferente del proceso de pirólisis realizada a una calentura superior, en torno a los 1000 °C, su ventaja es la gasificación casi completa de la masa biológica. Así mismo, se optimiza el fluido producido. Los aparatos en los que se lleva a cabo la pirólisis y gasificación de la biomasa se denominan generadores de gas. El gas gaseoso obtenido puede emplearse de forma directa o como principio para el extracto de CH₃OH, que puede reemplazar a la gasolina en un motor de combustión interna (carburador).

Gasificación

Se trata de la combustión incompleta de la biomasa, realizada a elevadas calenturas (700-1200°C), aun generalmente mínimo a la incineración. Como elemento o resultado primordial se tiene como resultado un fluido inflamable compuesto por CH₄, CO e hidrógeno. El gas posee un tratamiento térmico de unos 4 MJ/Nm³.

Procesos Bioquímicos

Esta evolución aprovecha las propiedades bioquímicas de la biomasa y la actividad metabólica de las bacterias para generar comburentes líquidos y gaseosos. Son más idóneos para llevar a cabo la transformación de biomasa húmeda que para otros procesos como los procesos termoquímicos. Los destacados son:

Digestión anaeróbica

Cuando la biomasa inoculada con bacterias se digiere en un ambiente

anaeróbico (sin oxígeno), se produce un gas inflamable llamado biogás. En este caso, la biomasa (normalmente desecho animal) se coloca en un recipiente hermético (disolver) y se deja fermentar allí. Según la temperatura ambiente, luego de unos días, se libera un gas que llega a hacer una mezcla entre el dióxido de carbono y metano. Lo que queda en el digestor es un buen compost. En China e India, los compostadores de uso doméstico se anuncian ampliamente como una alternativa a la leña. El agua negra y la miel también se pueden utilizar como materias primas, también se utilizan para el tratamiento del agua.

Combustibles alcohólicos

Los combustibles en forma líquida como el etanol y el metanol se pueden obtener mediante la biomasa. El primero de estos combustibles líquidos se genera por fermentación del azúcar y el segundo por la evaporación destructiva de la madera. Esta tecnología se ha empleado por muchos siglos para producir licores y, últimamente, para producir combustibles fósiles como alternativa a la industria transportista. Estos combustibles pueden utilizarse solos o mezclados con otros combustibles en el transporte o maquinaria.

Biodiesel

El biodiesel consiste en ácidos grasos y ésteres alcalinos derivados de aceites vegetales, grasas animales y grasas procesadas. En un proceso conocido como transesterificación, los aceites orgánicos se mezclan con alcohol (etanol o metanol) y se convierten químicamente en ésteres de ácidos grasos, como ésteres etílicos o metílicos. Y se mezclan con combustible diésel o usarse de forma directa como combustible en motores comunes.

El biodiésel se suele utilizar como aditivo de los motores diésel al 20 %, aunque se pueden utilizar otras cantidades en función del coste del combustible original y sus impactos positivos deseados. Su gran provecho es el decrecimiento de radiodifusión, humo oscuro y olores.

Gas de rellenos sanitarios

Los gases inflamables se pueden obtener de la fermentación de los residuos sólidos en los vertederos. Consiste en una combinación de metano y CO₂. La descomposición de residuos y la generación de gas es un proceso conocido como natural y común en los vertederos; sin embargo, este gas no se usa mucho. Además de la producción de energía, su exploración y uso reduce los riesgos de contaminación y explosión en estos sitios y minimiza la radiodifusión de fluido de calentamiento global.

Procesos de Combustión Directa

Esta sigue siendo la forma más convencional y popular de capturar energía de la biomasa. El sistema de incineración recto se utiliza para producir fuego que se da usar directamente. Además, se puede utilizar para producir vapor para procesos industriales y eléctricos. Las tecnologías de combustión directa inician desde sistemas básicos como hornos y calderas hasta sistemas más complejos como la combustión en lecho fluidizado.

Este proceso tradicional es muy ineficiente porque la mayor parte de la energía se desperdicia y puede conducir a la contaminación ambiental si no se controla.

Proceso de la densificación

Hace referencia al proceso de prensado de biomasa en "tortas" para hacer más fácil su uso, almacenamiento y transporte. Las briquetas están destinadas para empleo doméstico, industrial y comercial. Las materias primas pueden ser desechos agrícolas, partículas de carbón vegetal y aserrín que se compactan a alta presión.

1.5.3.2 Beneficios de la transformación de la biomasa

[11] Nos detalla los distintos tipos de evolución de la Biomasa:

Calor y vapor

Es probable producir fuego y fluido quemando biomasa o biogás. La energía calorífica se convierte en el producto esencial para calentar y cocinar, o también puede tomarse en cuenta como un subproducto para la concepción de potencia eléctrica a partir de plantas de coproducen vapor y electricidad.

Combustible gaseoso

Se puede utilizar en máquinas de incineración al interior para la concepción de energía, calor y aire acondicionado en entornos residenciales, comerciales e institucionales, así como en automóviles transformados.

Biocombustible

La producción de biocombustibles como el etanol y el biodiésel proporciona la energía necesaria para sustituir una porción significativa de los combustibles fósiles en varios sectores del transporte. Los biocombustibles son técnicamente factibles a gran escala..

Electricidad

La energía producida a irse de fuentes de biomasa se vende como "potencia verde" porque no ayuda al crecimiento del calentamiento global porque no contiene radiaciones de CO₂. Este modelo de fuerza tiene el potencial de traer nuevas oportunidades al mercado, debido a que su disposición de valor posibilita a los consumidores a mantener un mayor nivel de inversión en tecnologías eficientes que impulsarán el crecimiento de la industria energética en cantidad biológica.

Cogeneración (calor y electricidad)

Hace referencia a la creación en simultáneo de fluido y energía, que se puede utilizar en diversos procesos industriales que necesitan ambos tipos de energía. Esta evolución es conocida en la fábrica azucarera, en la cual se pueden emplear residuos tecnológicos, principalmente caña. Debido a la alta confiabilidad de los recursos de caña de azúcar disponibles, la cogeneración ha sido tradicionalmente bastante eficiente.

Los procesos que pueden ser seguidos para llevar a cabo esta modificación se dividen en físicos, fisicoquímicos, termoquímicos y biológicos.

1.5.4. Centrales térmicas de biomasa

La central térmica utiliza biomasa como combustible, es decir, la instalación recibe su electricidad de la potencia térmica que se logra al quemar la masa biológica. La materia orgánica producida por procesos naturales se conoce como

biomasa y la energía de biomasa es energía derivada de desechos vegetales, sólidos, bosques y agricultura. La biomasa puede ser tratada en distintos desarrollo real y químico natural (alteración, reacción...) en plantas denominadas digestores para producir combustibles como el carbón, el alcohol o el Biogás.

1.5.4.1 Gestión de residuos sólidos

[12, p. 87] El autor menciona que el trámite de los residuos sólidos tiene una finalidad de fortalecer y un plan de actividades para obtener una mejoría en el uso de los residuos sólidos que se lleva a cabo las posteriores actividades, según el autor son:

Recogido

El elemento funcional de la recogida no solo se basa al recojo de residuos sólidos y de materiales reciclables, sino también en su traslado y su almacenamiento para su tratamiento.

Transporte y transferencia

El transporte puede realizarse directamente a un montaje de manejo de elementos, un local estacionario de traslado o una instalación de procesamiento. Este sistema ahorra transporte, debido a que, al aumentar la densidad de los residuos, se reduce el volumen a transportar, lo que se interpreta como una disminución de la cantidad de personal y vehículos necesarios para el transporte.

Transporte y transferencia

Esta es la operación final en la que los residuos sólidos son enviados a

tratamiento, lo que permite la recuperación de energía o materiales, así como la destrucción en su totalidad o de forma parcial de los residuos sólidos sin la necesidad de arriesgar la sanidad de los individuos y en el ambiente.

1.5.4.2 Pretratamiento de la biomasa

[11]Indica que la a masa biológica, antes de quemar en la caldera, es necesario realizar preparativos preliminares para facilitar la reacción del combustible con el oxidante. Este proceso facilita quemar porque controla significativamente el tamaño de las partículas y humedad.

[13]Nos indica que, en primer lugar, las plantas de cogeneración de biomasa deben tener un sistema de pretratamiento de biomasa. Según el autor, los principales procesos de tratamiento de la biomasa son:

Cortado o troceado

Este proceso trata de que los troncos y ramas que destacan por su grosor procedente de las labores selvícolas tengan un menor tamaño y forma, lo que facilita su transporte y almacenamiento. Para ser utilizados en los equipos de combustión.

Astillado

Implica moler biomasa granular en un tamaño de 3-10 cm de largo, llamado astilla. La molienda implica cortar materiales húmedos y delgados con una hoja, y los rodillos de hoja se utilizan para materiales secos o materiales de gran diámetro.

Molienda

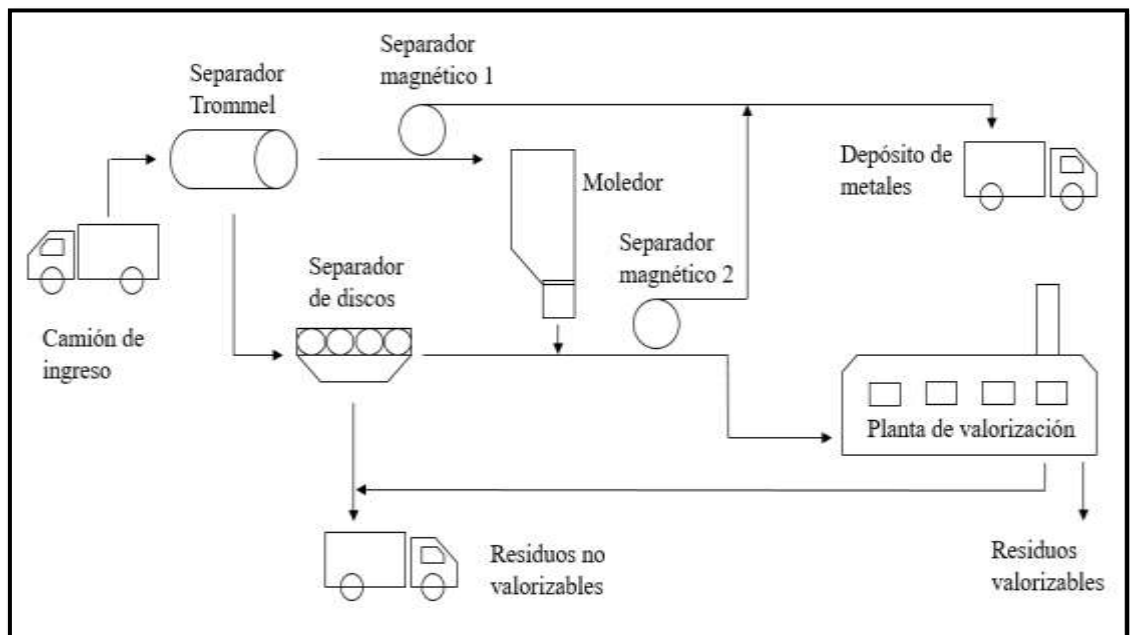
En este proceso la reducción granulométrica consiste en el volumen de la biomasa básico mínimo a 2-3 cm, que llega al fin del rendimiento.

Existen más procesos en esta operación llamados molinos de martillos y de tambor estos son utilizados en grandes plantas.

Secado

Como sugiere el nombre, este proceso extrae agua de la biomasa para producir un producto de menor humedad que cumpla con los requerimientos y especificaciones aptas para el proceso de conversión de energía. Para descartar los elementos que no colaboran su tratamiento térmico, y así lograr tener un combustible más igual para las calderas eléctricas.

Figura 1. Croquis de procedimiento de pretratamiento de desechos.



Fuente: [14, p. 123]

1.5.4.3 Tipos de centrales térmicas de biomasa por su proceso

Ciencias de cremación

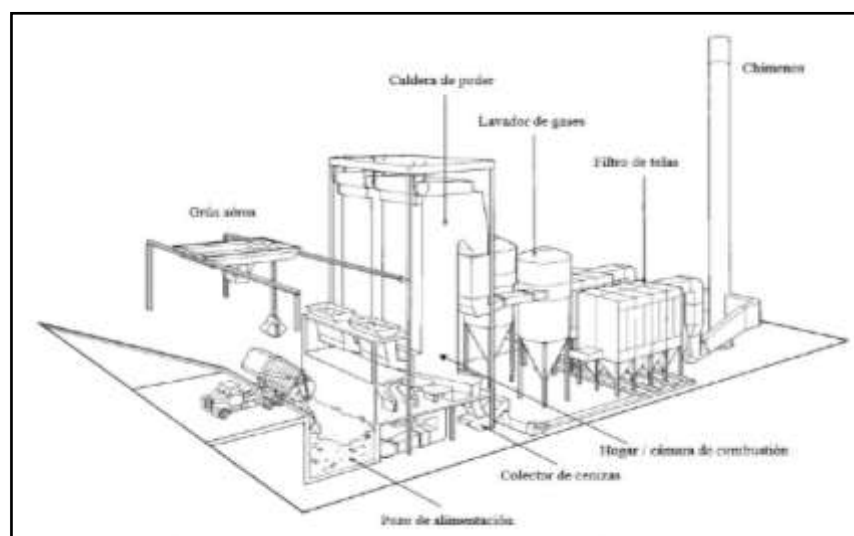
La cremación inspecciona de residuos sólidos que sirve como combustible para luego ser quemados. Dichos residuos sólidos se recogen de sectores, y se pondrán a disposición para una incineración, teniendo en cuenta su clasificación. Tenemos que considerar una buena clasificación de los residuos sólidos que apoya a sostener el tratamiento térmico de dichos residuos sólidos, y a su vez acceder a la cohabitación con otras habilidades de diligencia de desechos, como lo son el reciclaje y el descenso de concepción de desperdicios. [15, p. 130]

Existen diversos sistemas de incineración:

Parillas móviles

Los incineradores son la configuración más común de cremación de residuos sólidos. En Europa, alrededor del 90 por ciento de las plantas de incineración son de este tipo. Por tanto, el diseño de la rejilla define el grado de combustión completa y la estructura de los fluidos de huida.

Figura 2. Croquis de fábrica de cremación con ciencia de Parrilla

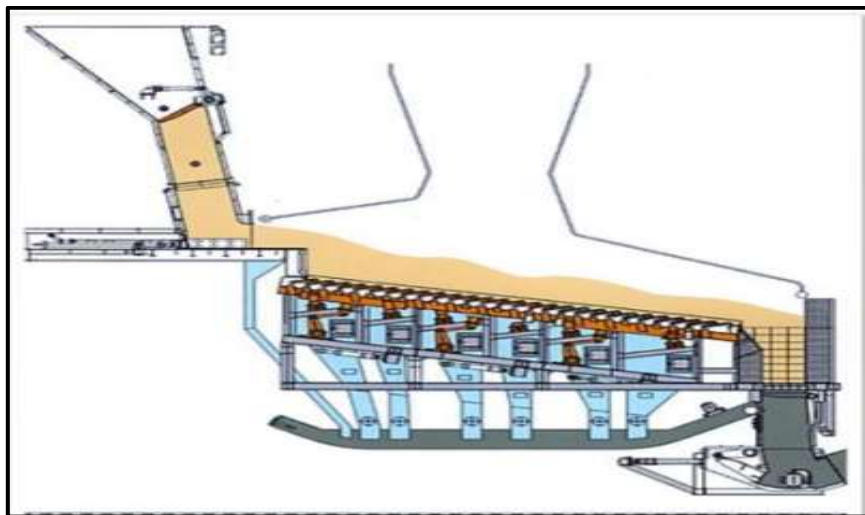


Fuente: [14]

Las parrillas portátiles vienen en diferentes tipos:

De Cinta Sin Fin: Consta en una correa de tizona que se desplaza encima de dos rodillos sobre los que se ayuda. Estos rodillos utilizan acoplamiento ensamblados a una máquina para impulsar la correa. Hace circular los residuos de la tolva, que a su vez se introduce en el exceso de aire por el sistema de suministro de aire principal.

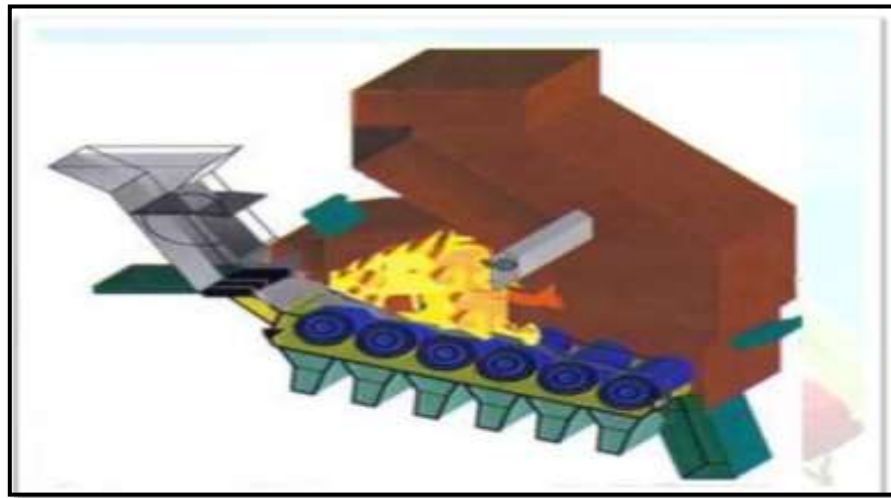
Figura 3. Panorama de cortadura de Parrilla Móvil de tipo Sin Fin



Fuente: [15]

De Rodillo: Consta en una sucesión de tambores organizados, accionados por un mecanismo. Las mermas que salen de la tolva de alimentación entran en la rejilla y, con la ayuda de unos rodillos, bajan hasta quemarse por completo.

Figura 4. Panorama de cortadura de Parrilla Móvil a origen de rodillos.



Fuente: [15]

1.5.4.3 Tecnologías de incineración

Un fogón giratorio es un incinerador de forma cilíndrica que tiene un diseño ligeramente ladeado que actúa en dos fases, estas son:

Pirólisis

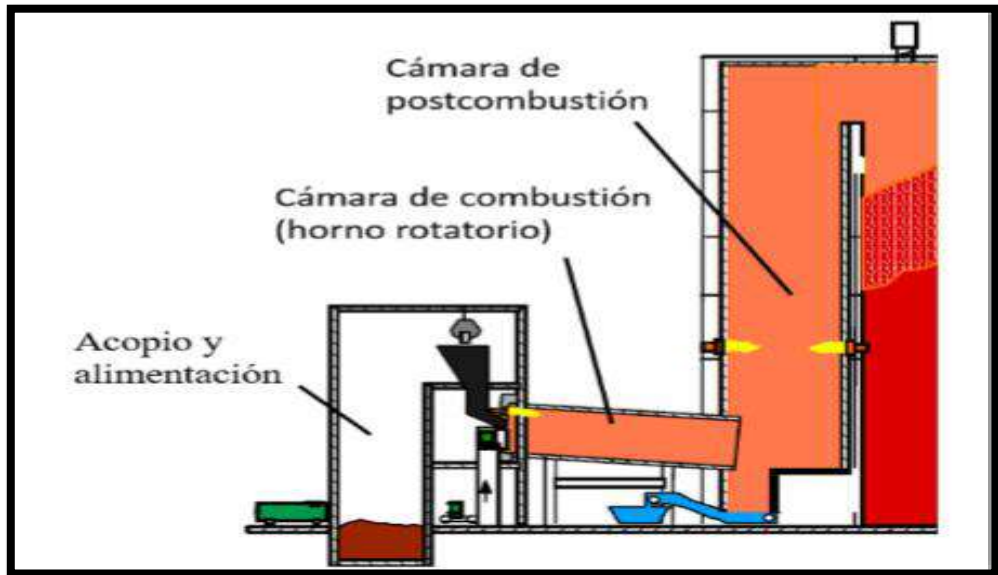
Es el régimen cálido de los desechos, que trabaja en una jerarquía de 350 a 500°C. Este paso consiste en convertir los residuos del postratamiento en carbón, agua, residuos líquidos, metal, etc. Esto disminuye la masa de desechos a lo extenso del eje del incinerador y crea combustible como subproducto, que, como siguiente paso, se procede a incendiar.

Combustión

Este proceso tiene como objetivo quemar completamente los residuos. El gas de incineración pasa por un ducto ubicado en la parte suprema del incinerador que conduce a la etapa posterior de producción de fluido y las cenizas se recogen en la parte ubicada en el inferior del incinerador, para luego, llevar a cabo su proceso. Parte del gas de combustión se emplea para generar y

producir calor para el desarrollo de pirólisis.

Figura 5. Fogón móvil y cámara de postcombustión



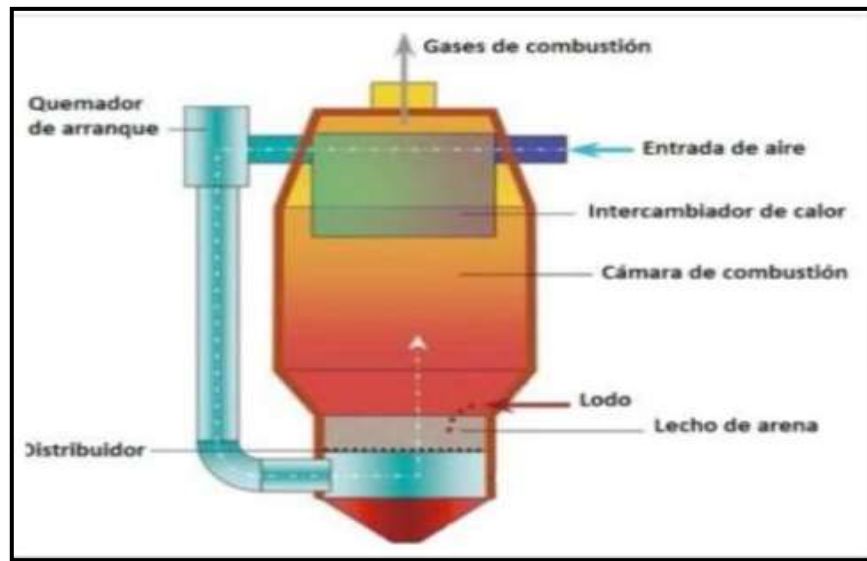
Fuente: [14]

Centrales de Lecho Fluidizado

[15] nos dice que estos modelos de fogón se usan con desechos homogéneos, ya sean en las tres formas principales de materia.

La cremación de la CLF se logra mediante la introducción continua de desechos en un lecho que consiste en material granular inerte, más comúnmente cuarzo. Esta capa es proporcionada por un flujo elevado de viento, cuya calentura se conserva en 800-900°C. Tenga en cuenta que, el colchón es de piedra caliza, la temperatura puede descender ligeramente, oscilando entre 700-800 °C. Una corriente de aire caliente a unos 200°C compensa la tendencia del colchón a asentarse. relacionado con los residuos.

Figura 6. Vista completa de un Horno de Lecho Fluidizado

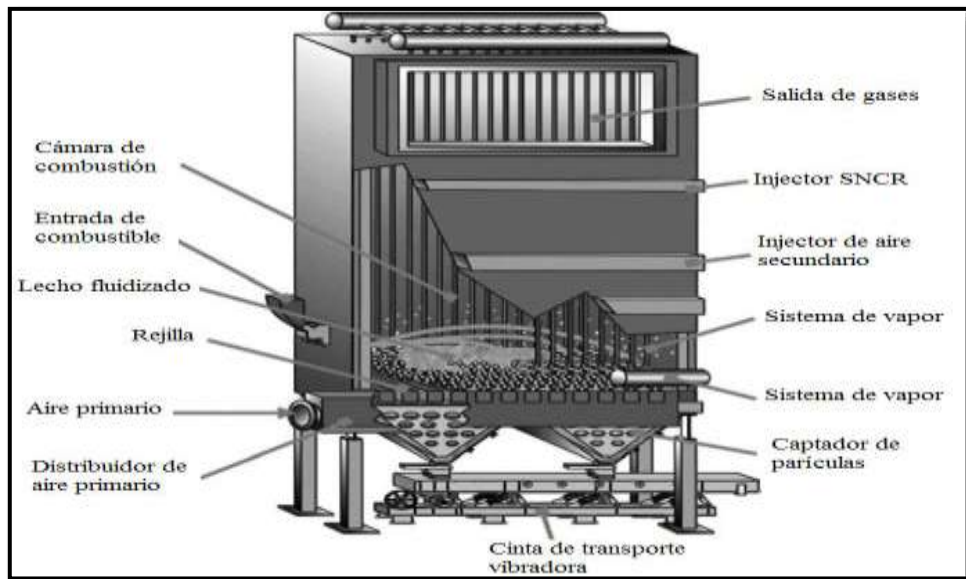


Fuente: [15]

[14] Señala que el Lecho Fluidizado se determina por tres tipos:

Lecho Fluidizado Burbujeante (LFB): La técnica de LFB se localiza en su apariencia común o con un paso interior. Su velocidad de fluidización es 2 veces mínima.

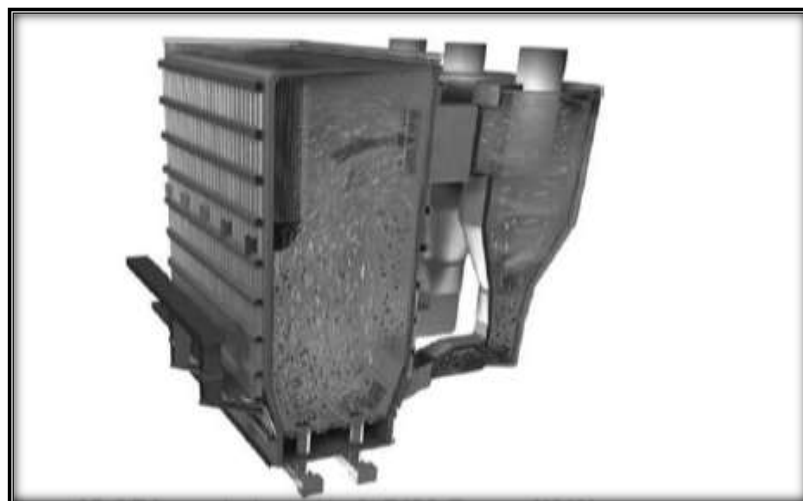
Figura 7. Vista de LFB Rectangular para Incineración de residuos sólidos.



Fuente: [14]

Lecho Fluidizado Circulante (LFC): En esta configuración, la tasa de licuefacción es hasta veinte veces más rápida que la agilidad en menor. Uno o más ciclones recolectan gas y material después de la combustión, donde se capturan los residuos no quemados y las partículas más grandes para regresar a la cámara de combustión. Esta tecnología puede permitir la quema de partículas más grandes que LFB. También trabaja a presión atmosférica.

Figura 8. Vista de LFC para cremación de residuos sólidos



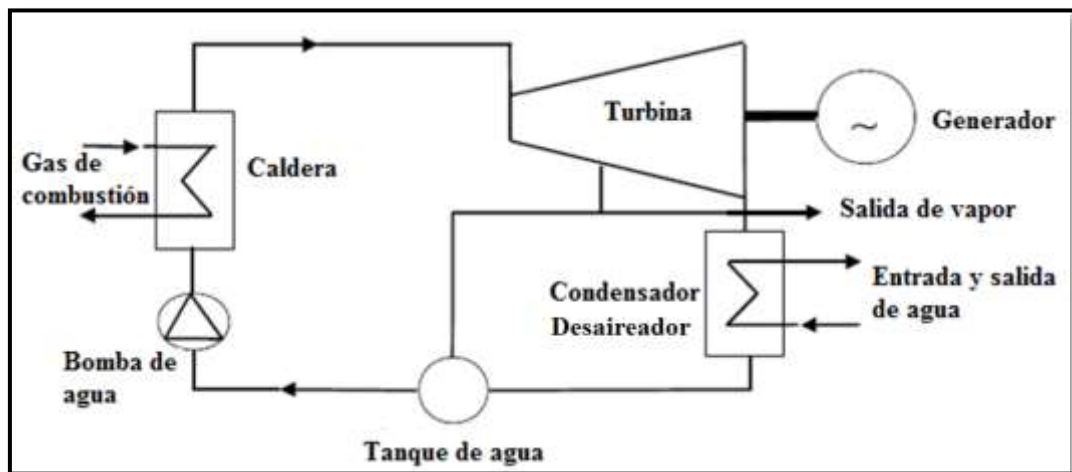
Fuente: [14]

Centrales térmicas de biomasa con Ciclo Rankine

También llamado ciclo de vapor, es un ciclo termodinámico que implica la transformación de un fluido de trabajo, que comúnmente es vapor. Las principales propiedades del vapor de agua son la entalpía, la entropía y la densidad. Es el ciclo más utilizado en las centrales termoeléctricas convencionales. Es conocido por su alta pasividad caliente, lo cual significa la capacidad de función de la central es siempre muy estable. Cualquier cambio de potencia no se producirá de forma instantánea porque se necesita tiempo para aumentar el tratamiento térmico del gran recorrido del H₂O.

Del mismo modo, reiniciar una fábrica después de una interrupción también será un proceso que llevará mucho tiempo. [14]

Figura 9. Ciclo Rankine



Fuente: [14]

En la caldera, la transferencia de calor de los gases de combustión al H₂O se lleva a cabo de modo que la cantidad de calor intercambiada en la zona de

transferencia pequeña sea la mayor. El H₂O se precalienta en el economizador y luego se evapora para producir fluido saturado. El fluido saturado ingresa al intercambio de calor donde alcanza la temperatura máxima (530°C a 600°C) y fuerza (30-40 bar). Luego se envía al motor de fluido a través de tuberías debidamente retirados. En un motor de fluido, el líquido se propaga y genera suficiente misión para hacer funcionar el generador del motor. Tras pasar por el motor de fluido, se bombea a depreciación de temperatura y a la mínima presión hacia el recipiente (de 0.1-0.2 bar). El H₂O se transporta por el desgasificador para eliminar los gases no condensables (O y CO₂) y, por último, se succiona de regreso al economizador, completando el periodo.

Las instalaciones de medicación de desechos térmicos se sugiere el uso de calderas horizontales para una higiene más fácil y una conservación eficiente. Como regla común, los tubos del intercambiador de calor están hechos de Inconel o recubiertos con Inconel para soportar altas temperaturas. Por lo general, el sobrecalentador está hecho de metal de carbono.

Central de Gas

La central con motor de fluido posee la opción de que infecta el medio ambiente en un mínimo porcentaje. Además, debido a que casi no poseen inercia caliente, se utilizan como plantas de respaldo, es decir, para sustituir total o parcialmente las centrales hidráulicas o térmicas principales en situaciones de escasez de agua o incidentes. Para centrales con capacidades máximas y de bloque de 10 a 25 MW, son más convenientes las centrales térmicas de gas que las centrales de vapor o que las centrales con grupos motor diesel-alternador. Para

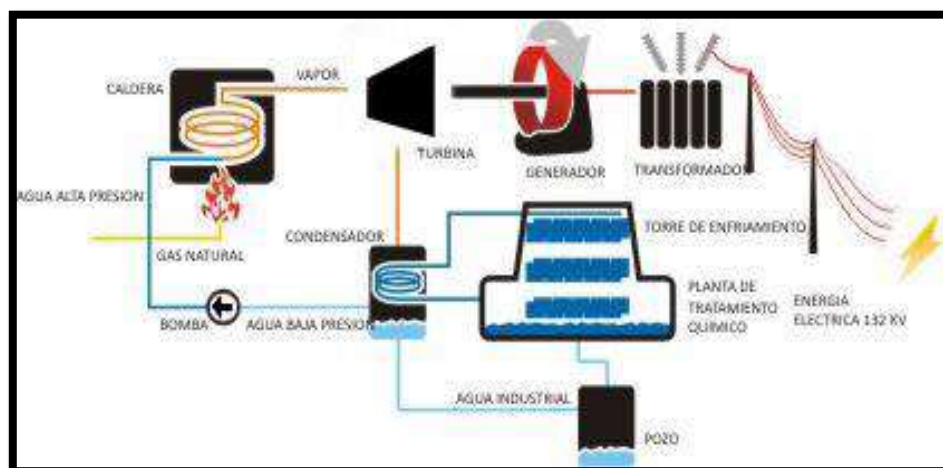
una capacidad inferior a 10 MW, la planta de energía de vapor debe detenerse por razones económicas, mientras que las otras dos soluciones son equivalentes. En áreas de escasez de H₂O y de cautela cercanas de gas natural, se suelen utilizar las centrales con turbinas de gas como centrales de base.

El motor a gas trabaja térmicamente según el ciclo Brayton. La diferencia clave entre el ciclo Brayton y el ciclo Rankine su medio de función es gas en el primero y fluido de agua en el segundo, que se condensa y evapora en el ciclo. Además, la presión en el ciclo Brayton requiere más mano de obra que el ciclo Rankine porque tiene lugar en las tres formas principales de materia.

Los fundamentos esenciales de la turbina son:

- El compresor.
- La cámara de incineración.
- El motor de gas.

Figura 10. croquis de marcha de una Central Térmica de gas natural



Fuente: [16]

El diagrama muestra las diferentes etapas de este proceso. Las personas

pueden estar más conscientes de la forma de contaminación causada por la operación de este tipo de planta de energía, con la cual continuamente libera CO₂ al ambiente. Hay que considerar la alta cantidad de plantas de este tipo que existen en el mundo y que constantemente están liberando CO₂ al ambiente. Por otro lado, asimismo es comprensible lo exigente que es la manufactura energética con sus productos, ya que la escasez de energía genera cambios significativos en la existencia diaria de las personas.

Central Hidráulica

Una planta hidráulica es la que emplea la potencia del H₂O acumulada para la generación en potencia mecánica y posteriormente, a potencia eléctrica. El método de cuenca crea un desnivel que provoca la acumulación de cierta energía potencial. Luego, el agua fluye a través de una turbina creando un movimiento de rotación que hace girar el generador y genera electricidad. [16]

- La energía disponible posee un intervalo de temporada en temporada y de tiempo en tiempo.
- La construcción lleva, por lo general, un alto plazo si se compara con las centrales termoeléctricas.

Ventajas

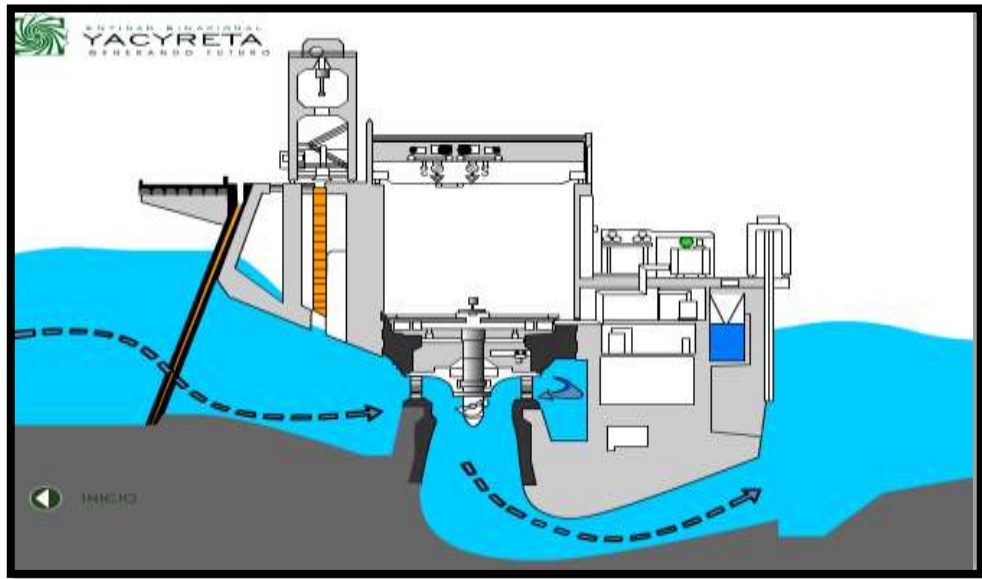
- El motor hidráulico es un mecanismo simple, segura y con mucha eficiencia, que se pone en marcha y se detiene con rapidez, además es una máquina que no necesita de mucha vigilancia siendo su valor económico de mantenimiento, por lo general, bajos.

- Emplea un estilo renovable de energía, generalmente producida por materia natural.
- Es higiénico, debido a que no infecta ni el aire ni el H₂O.
- Normalmente, se puede combinar con otro beneficio, como el riego, suministro de agua, control de inundaciones, las carreteras, la navegación e incluso el turismo y los terrenos.
- El valor por explotación y sustento suelen ser diminuto.
- El proceder de la ingeniería que se necesitan para saber emplear la potencia hidráulica tiene un plazo de tiempo cuantioso.

Desventajas

- El importe primario por kW instalado generalmente suele ser muy altos.
- La ubicación natural puede estar alejada del centro o de los centros de consumo y se debe construir el sistema de transmisión, lo que finaliza en una elevación de la inversión, costos de operación y pérdida de energía.

Figura 11. Corte transversal de una Central Hidráulica.



Fuente: [16]

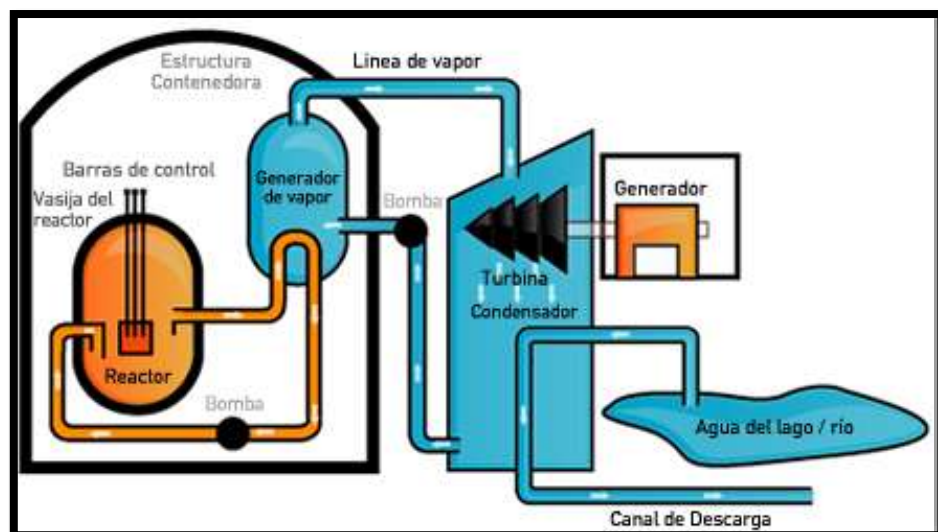
En el bosquejo de la silueta se puede percibir como el agua que tiene almacenada una cierta suma de energía potencial debido al desnivel entre la abertura y la huida de la represa, pasa por el motor haciéndola rotar. El motor está enlazada a un alternador. Se considera fácilmente que este prototipo de planta de energía no genera contaminación porque funciona mecánicamente y utiliza el poder de la naturaleza.

Central Nuclear

Es una planta generadora de energía que produce electricidad que opera de manera similar a una planta de energía térmica, excepto que el fuego requerido para templar el fluido que hace rotar las turbinas y, por lo tanto, los generadores obtenidos a partir de una oposición molecular. Esta oposición molecular es la división del núcleo de un átomo de uranio y tiene lugar en un reactor nuclear. Este

modelo de central tiene 2 contornos, un principal y otro secundario. El primer perímetro consta de un reactor donde se produce la escisión molecular y se produce el calor indispensable para generar el gas a alta presión que hace girar los álabes de la turbina y el generador de vapor. El calor producido en el reactor pasa a través del agua pesada que transita por las vallas del reactor y del alternador de fluido. El segundo trabaja muy parecido al circuito de una central termica donde da sentido de que el caldero será el alternador de fluido. Donde, se genera fluido a alta fuerza, que luego traslada a través del motor y hace que gire. Está conectado a un alternador que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Después de pasar por el motor, el vapor descuida fuerza e inicia a condensarse. Para producir un aumento de la eficacia del curso, se pasa por un destilador y todo el vapor vuelve a su estado líquido. Finalmente se bombea al generador de fluido, incrementa la fuerza del líquido. [16]

Figura 12. Cuadro de la actividad de una Central Nuclear.



Fuente: [16]

Se nota abiertamente en la imagen los 2 circuitos que se componen este tipo de centrales. De manera similar, las centrales eléctricas de este tipo son similares a las centrales térmicas combinadas en términos del dispositivo en movimiento.

La virtud de esta pauta de centrales en comparación a las centrales térmicas es que no generan gases por el calentamiento global ni otros gases contaminantes a la atmósfera. El problema considerado es una limitación natural por tratarse de una demanda no reemplazable. Por otro lado, la división molecular es una oposición que puede considerarse como muy expuesta si no se lleva a cabo de forma controlada y en el espacio adecuado.

Finalmente se puede determinar que en el proceso de generación de electricidad se requiere de cierto tipo de energía para que se logre una fuerza mecánica para luego convertirla en potencia eléctrica. En las centrales térmicas y nucleares, la energía térmica se emplea para mover los álabes de las turbinas. En las centrales hidroeléctricas, por otro lado, se aprovecha de manera eficiente la energía potencial del agua. En los dos sucesos, la fuerza juega un papel primordial para lograr el objetivo de generar energía mecánica capaz de hacer funcionar un generador. [16]

1.5.5. Impacto ambiental de una central de biomasa

De manera similar, las centrales eléctricas de este tipo son similares a las CT combinadas en términos del dispositivo en movimiento.

La superioridad del modelo de centrales en comparación a las centrales térmicas convencionales no genera gases por calentamiento global ni otros gases contaminantes a la atmósfera. La duda de considerar es una limitación nativa por tratarse de un recurso no renovable. La fisión nuclear, por otro lado, es una reacción

con niveles altos de peligro si no se lleva a cabo de manera controlada e in situ. La biomasa es el único suministrador de potencia que genera un cálculo de CO_2 conveniente si la biomasa se produce de forma sostenida y renovable. Esto pasa cuando el consumo de recursos va más despacio que la amplitud de rehabilitación del mundo. De esta forma, el elemento orgánico conserva más CO_2 a lo largo que va creciendo la emisión durante la combustión sin generar un aumento de las concentraciones de CO_2 . Si bien la potencia energético disponible en el mundo sería necesario para ocultar los requerimientos energéticos, no puede explotarse en su totalidad, ya que esto involucraría un uso desmedido de los recursos forestales. Esto hará que sea inalcanzable sustentar el gasto por debajo del nivel de FER, lo que reducirá significativamente la producción de energía limpia y conducirá al agotamiento de estos recursos, además de tener consecuencias negativas extremas para el medio ambiente. El resultado sería la deforestación y un incremento dramático en la difusión del CO_2 que contribuyen al cambio climático.

Normativa medioambiental

En mayo de 2008, el Ministerio de Energía y Minería (MEM) anuncio el Reglamento de Promoción de Inversiones en Energía Renovable (DL N° 1002) para fomentar el trueque en la productividad de ER. energía. Las principales disposiciones de este decreto son las siguientes: (MEM)

- En 5 años, el MEM fijará un término imparcial para las fuentes de energía renovable. Para los primeros 5 años (mencionar, hasta 2013), el término imparcial se fija en el 5 %. De adquisición completo de

energía a nivel nacional (art 2).

- Se consideran principio de ER las centrales eólicas, solares, geotérmicas, de biomasa, mareomotrices e hidroeléctricas con capacidad instalada no superior a 20 MW (pequeña hidroelectricidad).
- Los pequeños proyectos hidroeléctricos se encuentran fuera del límite meta del 5%, por lo que este tipo de ciencia se favorecerá de la prima de la nueva ley, separadamente de su % del consumo eléctrico total del país. - Las renovables serán priorizadas para el transporte diario, por lo que el COES tratará sus costos variables como cero. La estación RES venderá sus productos en la feria spot
- La estación de energía renovable recibirá una cantidad lateral (spot) de energía más un "prima" en caso de que la cantidad spot sea imperfecto al importe de flete, tanto el recargo como el precio serán determinados por OCINERGMIN.
- Las bonificaciones y tarifas se llegan a deducir teniendo en cuenta el tipo de ciencia y demás su particularidad de la instalación y "garantizarán" un rendimiento de la inversión no inferior a la especificada en el art. 79 del Decreto-Ley N° 25844 sobre franquicias eléctricas. que ahora es del 12%.
- Los premios están subastados por OSINERGMIN.
- El precio de traspaso y conexión de la industria de ER al sistema eléctrica conectada se incluirá en el costo de inversión de la planta de energía al calcular el recargo.

- Los costos adicionales se reembolsarán como tarifas de usuario adicionales.

1.5.6 Residuos sólidos

Los residuos sólidos son materia prima que se excluyen a la última etapa de su ciclo de vida y que a menudo carecen de valía económica. Consisten principalmente en materiales de desecho utilizados en la producción, procesamiento o uso de consumibles. La mayor parte se puede reutilizar o transformar si se recicla adecuadamente.

Los principales “fabricantes” son residentes de las grandes ciudades en una proporción muy alta, sobre todo por la poca conciencia de reciclaje que existe en la actualidad. Afortunadamente, esto está cambiando lentamente y problemas como el cambio climático ahora son una amenaza real y de corto plazo. [17]

Figura 13. Residuos solidos urbanos



Fuente: [18]

1.5.7 Residuos orgánicos e inorgánicos

1.5.7.1 Residuos orgánicos

Son los materiales desechados que alguna vez estuvieron vivos, fueron parte de un organismo o provienen de los procesos de transformación de combustibles fósiles. [19]

Figura 14. Residuos orgánicos



Fuente: [20]

1.5.7.2 Residuos inorgánicos

Son aquellos que, debido a sus propiedades físico-químicas, no se degradan a través de procesos biológicos. [19]

Figura 15. Residuos inorgánicos



Fuente: [21]

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo: Aplicada

Diseño: Cuasi-experimental

La investigación es de tipo Aplicada como consecuencia a un estudio que busca el conocimiento para solucionar una socio-ambiental.

2.2. Variable y Operacionalización

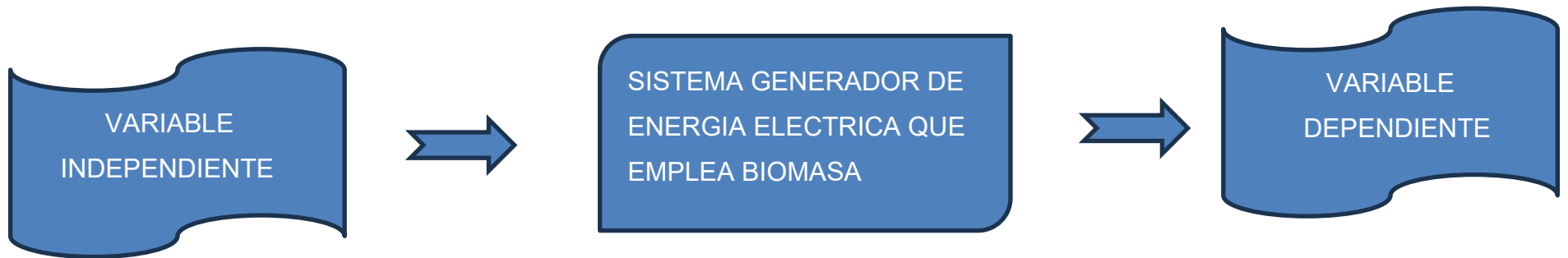
- Variable Independiente
Residuos Sólidos Urbanos
- Variable Dependiente
La Potencia eléctrica neta generada (W)

2.3. Población y muestra

- Población: Cantidad total de Residuos sólidos urbanos producidos en la Provincia de Chiclayo.
- Muestra: Total de residuos sólidos urbanos en la Provincia de Chiclayo

A continuación, se detalla un Diagrama para una mejor representación de Caja Negra para Variables.

Diagrama: Caja Negra para variables



- **Residuos Sólidos Urbanos (Poder Calorífico del metano kJ/kg)**
- **La Población de Chiclayo**

- **La Potencia eléctrica neta generada (W)**

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Demisión	Técnica e Instrumento		
	Conceptual	Operacional	Indicador	de recolección de datos	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE					
	La cantidad de	Aprovechar	Rango de		
La población de Chiclayo	habitantes en la ciudad.	energéticamente e los RSU.	utilización de los RSU	Análisis documental	-----
	La cantidad de energía	Poder calorífico			
Biomasa residual	aprovechable en forma de calor.		P_c $= \frac{energia}{masa}$	Análisis documental	Kj/kg
VARIABLE DEPENDIENTE					

	La cantidad de biomasa				
El flujo masico de	residual que circula por		$\dot{m} = \frac{\textit{masa}}{\textit{tiempo}}$	Análisis documental	Kg/s
los residuos	un determinado tiempo.	Flujo masico			
	Es la cantidad de				
La potencia	energía que se obtiene		$P = \frac{J}{s}$		
eléctrica neta	en un determinado	Potencia		Análisis documental	W
generada	tiempo y que sirve para				
	ejecutar un trabajo				

Fuente: elaboración propia

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

2.4.2. Abordaje metodológico

Analítico

La estructura del estudio se divide uniformemente en obtener posibles soluciones a las diferencias problemáticas que surgen en proceso de investigación; Por esta razón, es necesario tener conocimiento de los riesgos involucrados en la realización de este tipo de análisis al estudiar.

Para esta investigación se hallarán datos aproximados de la cantidad de residuos sólidos presentes en la ciudad de Chiclayo.

Deductivo

Se examinarán investigaciones previas similares a esta, así como artículos y libros, etc, que nos puedan brindar información o ideas para la estructura de nuestra investigación.

Inductivo

Los métodos de investigación utilizados para desarrollar el proyecto nos permitirán obtener toda la información necesaria para la solución el problema del aumento de la demanda de electricidad

Técnicas e instrumentos y Técnicas de recolección de datos

- a) Observación: El uso de esta tecnología nos permitirá determinar los diversos estudios sobre la necesidad de mejorar la eficiencia Incineración (comparando el poder calorífico de los residuos sólidos urbanos), aumento eficiencia termodinámica del ciclo Rankine

(aumentos de presión y temperatura en el nivel supercrítico) y aumentar la eficiencia de la turbina (Velocidad, número de pasos y geometría de pala óptimos y económicos), lograr una mejor conectividad en redes inteligentes de Generación distribuida, para mejorar el uso de Potencia y Energía de los prosumidores, sobre todo de los medios rurales, con la categoría de usos productivos de la electricidad.

- b) Revisión Documentaria:** Esta herramienta ayudara en buscar los parámetros del diseño de la variabilidad en los distintos buscadores de minería de datos , big data , tales como Proquest , Elsevier, Scielo, Scopus, Google Académico, con libros, publicaciones en revistas físicas o virtuales, tesis, monografías de revistas indexadas de alto impacto, con alta visibilidad y de métricas difundidas, que cumplan con el requisito de menos de siete años de antigüedad, en idioma inglés , que permitan conocer las ventajas del uso energético de los RSU (Residuos Sólidos Urbanos), para implementarlas en el SEIN del Perú y así poder gozar las ventajas de una mejor calidad del producto y servicio eléctrico, y en un ambiente de optimización de precios.

Instrumentos de Recolección de Datos

- a) Ficha de control de diseño:** La ficha de control de diseño es una herramienta que va a permitir la sistematización de la recolección de

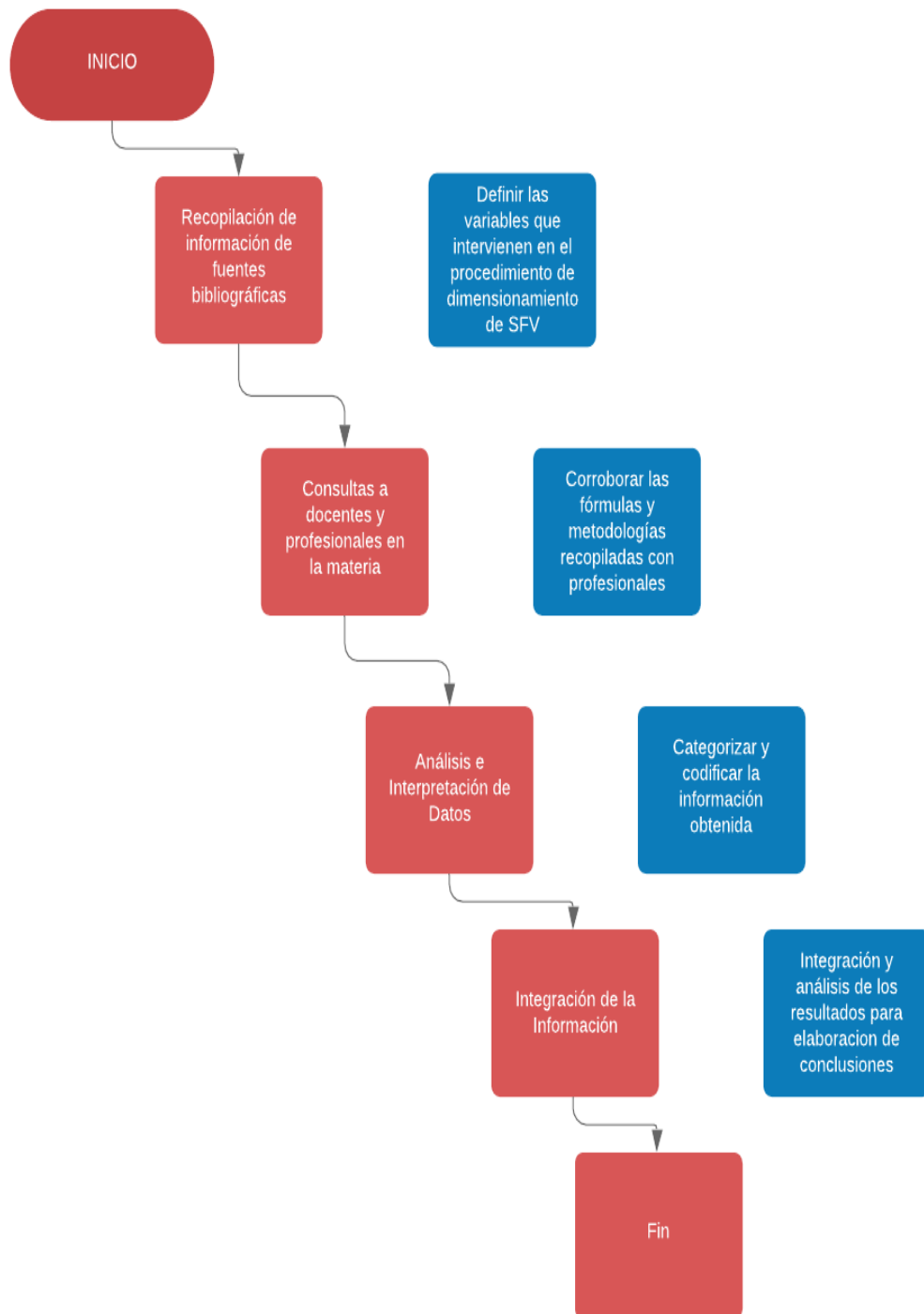
información , puede ser física (Ver Anexos), o virtual y que permite una búsqueda ordenada , sistemática , sistémica e integral de experiencias, referencias, estudios previos acerca de variabilidad de sistemas eléctricos, sus ventajas para poder interconectar las fuentes de generación distribuida, sin perturbar la calidad de los sistemas eléctricos interconectados, mejorando la calidad y logrando la curva del costo marginal óptimo del largo plazo, con las consecuentes ganancias del consumidor , en una ambiente de equilibrio entre oferta y demanda, sin perjudicar y desalentar al ofertante inversionista la ficha de la cuenta se divide en dos partes.

- b) Ficha de parámetros:** Este instrumento va a permitir llevar un registro de los parámetros pertinentes de grupos de Generación Eléctrica, en lo relativo a su producción de energía, potencia y contratos, dentro de una interconexión de generación distribuida con múltiples prosumidores de energías renovables no convencionales, localizados en el medio rural peruano , tan pobre como olvidado. La herramienta incluye 02 partes en la primera parte, estas partes registrarán los datos generales de la persona información auxiliar y la fecha, hora, lugar y fuente del registro. En la segunda parte se registrará los diversos parámetros de operación de un grupo generador de energía eléctrica del sistema Nacional Interconectado, necesarios para el diseño de las acciones necesarias para optimizar su variabilidad operativa, tanto en el corto plazo, como en el mediano y largo plazo.

c) Ficha de revisión documentaría: La ficha documentaria de revisión de documentos nos permitirán mantener registros de varios documentos que serán revisados durante el diseño. los cambios a efectuarse en los grupos generadores eléctricos, para optimizar su variabilidad, documentos, así como manuales sobre componentes estandarizados, datos técnicos sobre maquinaria que hay en el mercado, con el fin de optimizar su eficiencia de operación y de esta manera maximizar la calidad del producto y servicio eléctrico, así como menguar sus costos de operación tanto en el corto, mediano y largo plazo.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Figura 13. Desarrollo de actividades para el cumplimiento de la investigación.



Fuente: Propia

2.6. Criterios éticos

Se tendrán en cuenta los aspectos éticos de profesionalismo del colegio de ingenieros del Perú (CIP) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán presentados a continuación:

CODIGO DE ETICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ (CIP) APROBADO EN LA III SECCIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS DEPARTAMENTALES DEL PERIODO 1998 – 1999 EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 DE ABRIL 1999.

RSArt. 4 – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art. 12 – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

CÓDIGO DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN ELABORADO POR LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, REVISADO POR EL ÁREA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO INSTITUCIONAL – ASESORÍA LEGAL. RATIFICADO POR EL ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN RECTORAL N° 0851 – 2017/USS

Art. 7°: Son deberes éticos de los investigadores:

- Autonomía.
- Responsabilidad.
- Profesionalismo.
- Compromiso con la sociedad.
- Supervisión.
- Desarrollo profesional.

Art. 14º: Respeto de los investigados y de lo investigado:

- Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Los resultados de investigación relevantes se informan, describen y organizan de acuerdo con los objetivos establecidos. Se difunden en forma de tablas y figuras, sin repetición y, además, son claros, concisos, precisos y poseen secuencia lógica.

3.1.1. Evaluación del potencial energético de la biomasa residual de la ciudad de Chiclayo

Como primer paso para hallar el potencial energético de la biomasa residual de la ciudad de Chiclayo primero es necesario conocer la cantidad de biomasa presente en los residuos sólidos generado por los habitantes de la ciudad de Chiclayo.

3.1.1.1. Cantidad de residuos sólidos urbanos

Según el Ministerio del Ambiente, la ciudad de Chiclayo tiene una generación per cápita de 0.47 kg de residuo sólido producido por persona [22], y, según el INEI, la población de Chiclayo en el año 2020 es de 288 360 habitantes mientras que el año 2018 fue de 282 680 habitantes [23]. Con estos datos se pasa a hallar la población y la ratio de producción de residuos sólidos por persona en una proyección de 20 años mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

P_f = Población final proyectada en “n” años

P_i = Población en el año 0: 288 360 habitantes en el año 2020

r = Tasa de crecimiento por año (%)

n = Número de años

La Tasa de crecimiento por año se calcular a través de la siguiente expresión matemática y estadística:

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

Donde:

P_f = Población final: 288 360 habitantes en el año 2022

P_i = Población inicial: 282 680 habitantes en el año 2020

n = Número de años (2 años)

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

La tabla 4 muestra la proyección de los residuos sólidos urbanos, entre residuos orgánicos y residuos inorgánicos desechados por la población de Chiclayo desde el 2022 y proyectado a 20 años utilizando la ecuación de la tasa de

crecimiento.

Tabla 3. Proyección de población y residuos sólidos por habitante en 20 años

Año	Población	kg de RS/hab/día	kg de RS/día	kg de RS/mes	kg de RS/año	ton de RS/año
2022	288360	0.47	135529.2	4065876	48790512	48791
2023	291243	0.475	138252	4147573	49770879	49771
2024	294154	0.479	141030	4230912	50770945	50771
2025	297095	0.484	143864	4315925	51791105	51791
2026	300065	0.489	146755	4402647	52831764	52832
2027	303064	0.494	149704	4491111	53893333	53893
2028	306094	0.499	152712	4581353	54976233	54976
2029	309154	0.504	155780	4673408	56080892	56081
2030	312244	0.509	158910	4767312	57207748	57208
2031	315366	0.514	162103	4863104	58357245	58357
2032	318519	0.519	165361	4960820	59529840	59530
2033	321703	0.524	168683	5060500	60725997	60726
2034	324919	0.530	172073	5162182	61946188	61946
2035	328167	0.535	175530	5265908	63190897	63191
2036	331447	0.540	179057	5371718	64460616	64461
2037	334761	0.546	182655	5479654	65755849	65756
2038	338107	0.551	186325	5589759	67077107	67077
2039	341487	0.557	190069	5702076	68424914	68425

2040	344901	0.562	193888	5816650	69799802	69800
2041	348349	0.568	197784	5933526	71202317	71202
2042	351831	0.573	201758	6052751	72633013	72633

Fuente: elaboración propia.

El Ministerio del Ambiente en el 2020 indicó que el 52% de residuos sólidos urbanos son orgánicos [24], [25], El Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA); en su estudio realizado en el 2019 afirma que, de 1 ton de residuos sólidos urbanos, estadísticamente 50% son RI y 50% son RO; además a la fecha sólo se vienen aprovechando el 1.9 % reciclables; entonces consideraremos para nuestro proyecto 50% de residuos inorgánicos:

Tabla 4. Residuos sólidos orgánicos según residuos sólidos por año al 2042.

Año	ton de RS/año	ton de RO/año
2022	48791	24395
2023	49771	24885
2024	50771	25385
2025	51791	25896
2026	52832	26416
2027	53893	26947

2028	54976	27488
2029	56081	28040
2030	57208	28604
2031	58357	29179
2032	59530	29765
2033	60726	30363
2034	61946	30973
2035	63191	31595
2036	64461	32230
2037	65756	32878
2038	67077	33539
2039	68425	34212
2040	69800	34900
2041	71202	35601
2042	72633	36317

Fuente: elaboración propia.

Para calcular la cantidad de metano (CH₄) presente en la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos se emplea el modelo matemático de Landfill Gas Emission Model (LandGEM) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

$$Q_{CH_4} = k L_0 M_i e^{-k t_i}$$

Donde:

Q_{CH_4} = Cantidad de metano anual generado ($m^3/año$)

k = Tasa de generación de metano (1/año)

L_0 = Potencial de generación de metano (m^3/ton)

M_i = Cantidad de materia generadora de metano (ton/año)

t_i = Cantidad de años que permanece los residuos sólidos: 1 año

Los valores de la constante de degradación y el potencial de generación de metano se han seleccionado de acuerdo con los valores predeterminados proporcionados por el modelo, específicamente los valores de k y L_0 .

Tabla 5 Valores para k y L_0 en vertederos convencionales, según el modelo EPA

Valores del modelo	Valor
k	0.050 por año
L_0	170 m^3/ ton

Fuente: EPA. Landfill Gas Emissions Model. 2019

Así mismo, según la Red agrícola [26] el metano representa el 60% del biogás, por lo tanto, en la siguiente tabla también se detalla el total de biogás presente por año en el metano obtenido:

Tabla 6. Proyección de metano a 20 años según modelo EPA

Año	ton de RO/año	Biomasa (m³/año)	Metano (m³/año)	Metano (m³/hora)	Metano (m³/segundo)
2022	24395	197246.6	358630.2	41.51	0.012
2023	24885	201210	365836.3	42.34	0.012
2024	25385	205253	373187.2	43.19	0.012
2025	25896	209377.2	380685.8	44.06	0.012
2026	26416	213584.3	388335.1	44.95	0.012
2027	26947	217875.9	396138.1	45.85	0.013
2028	27488	222253.8	404097.8	46.77	0.013
2029	28040	226719.6	412217.5	47.71	0.013
2030	28604	231275.2	420500.4	48.67	0.014
2031	29179	235922.3	428949.6	49.65	0.014
2032	29765	240662.8	437568.7	50.64	0.014
2033	30363	245498.5	446360.9	51.66	0.014
2034	30973	250431.4	455329.8	52.7	0.015
2035	31595	255463.4	464479	53.76	0.015
2036	32230	260596.6	473811.9	54.84	0.015
2037	32878	265832.8	483332.4	55.94	0.016
2038	33539	271174.3	493044.2	57.07	0.016
2039	34212	276623.1	502951.1	58.21	0.016
2040	34900	282181.4	513057.1	59.38	0.016
2041	35601	287851.4	523366.2	60.57	0.017

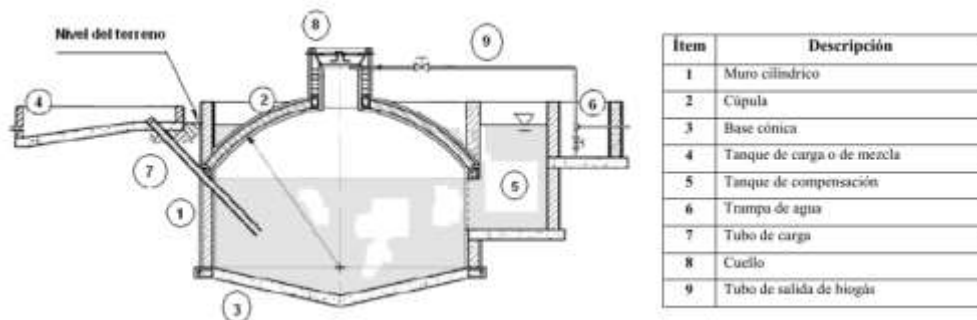
Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. Dimensionamiento del Biodigestor tipo cúpula:

Los biodigestores tipo cúpula están diseñados para maximizar la producción de biogás debido a su forma y estructura. La cúpula permite una mejor retención del gas producido y una presión constante, lo que facilita la recolección y utilización del metano generado. Para una producción diaria significativa de 0.017 m³/s de metano, esta eficiencia es crucial para asegurar un suministro constante y adecuado.

El factor clave para dimensionar un biodigestor de cúpula es la cantidad diaria de biogás necesaria para un propósito específico. Una vez determinado este valor, se puede calcular el volumen total para planificar el tamaño del digestor y sus componentes como se describe a continuación:

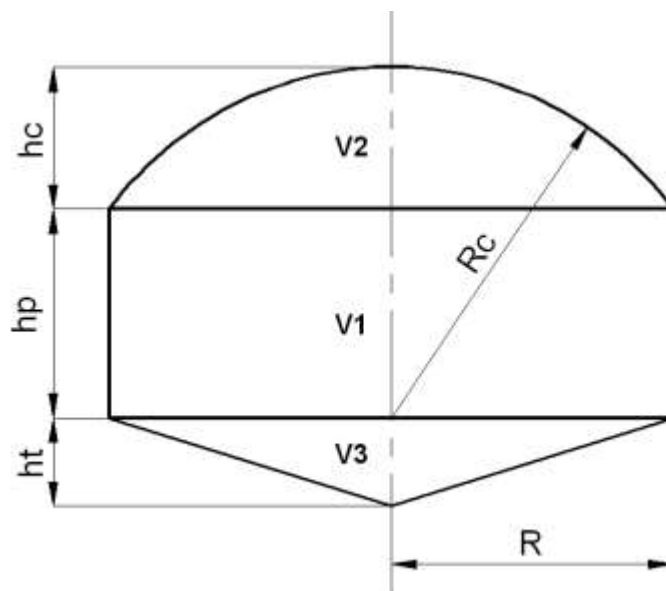
Figura 14 Partes del biodigestor tipo cúpula



Dimensionamiento de la cúpula, cilindro contenedor y base cónica

El corazón del biodigestor es el contenedor donde la mezcla se procesa y se genera el biogás. En los biodigestores de cúpula fija, el contenedor destaca por su forma, que se compone de tres secciones: una base cónica, un cilindro y una cúpula esférica, tal como se muestra en la figura:

Figura 15 Detalle geométrico del biodigestor tipo cúpula fija



Definiciones y proporciones:

Hc es la Altura de la cúpula ($2U$); hp es la Altura de la pared ($3U$); ht ($0.15D$) es la Altura del cono base; R es el Radio base; Rc ($5U$) es el Radio de la cúpula; D ($8U$) es el Diámetro del cilindro; V1 es el Volumen del cilindro; V2 es el Volumen de la cúpula; V3 es el Volumen del cono base. U es proporcional (m).

Radio base (R)

Para determinar el radio del cilindro del biodigestor debemos considerar que el volumen diario de residuos sólidos orgánicos al 2042 según la tabla 7 será de 804 m³ diarios y considerando un proceso continuo de producción de metano se optará por la propuesta de 2 biodigestores; por tanto, el volumen total de cada biodigestor será:

$$R = \sqrt[3]{VT/(\pi * 1.21)}; \text{ d\u00f3nde VT ser\u00e1 el volumen de R. O. diarios (402m}^3\text{)}$$

$$R = 4.85 \text{ m}$$

C\u00e1lculo proporcional de los elementos del biodigestor (U)

Este c\u00e1lculo, facilita el c\u00e1lculo de los componentes del digestor, estableciendo una relaci\u00f3n entre las distintas dimensiones a partir del radio base mediante la siguiente:

$$U = R/4$$

Por tanto, tenemos 1.2125 m

Radio de c\u00fabula (Rc)

Es el radio que se extiende desde el arco de la c\u00fabula hasta el centro de la base del cilindro del digestor.

$$Rc = 5U; \text{ se obtiene } 6.0625 \text{ m}$$

Di\u00e1metro del cilindro del digestor (D)

$$D = 8U; \text{ por tanto, se obtiene } 9.7 \text{ m}$$

Altura de cúpula (hc)

Es la altura que va desde el polo de la esfera hasta la parte superior de la base del cilindro del digestor.

$$hc = 2U ; \text{ se tiene } 2.425 \text{ m}$$

Altura de pared (hp)

La altura del cilindro del digestor es conocida como la altura de la pared.

$$hp = 3U; \text{ por tanto, se tiene } 3.6375 \text{ m}$$

Altura del cono base (ht)

La altura del cono base se mide desde la cúspide del cono invertido hasta el centro de la base del cilindro del digestor.

$$ht = 0.15 D; \text{ considerando el diámetro de } 9.7 \text{ m; tenemos una altura de cono base de } 1.455 \text{ m}$$

Volumen del cilindro (V1):

$$V1 = \pi * R^2 * hp; \text{ considerando al radio básico } 4.85 \text{ m y altura de pared de } 3.6375 \text{ m; se obtiene } 268.805\text{m}^3.$$

Volumen del segmento esférico:

El volumen de un segmento esférico se determina utilizando la fórmula del casquete esférico, que es una sección de una esfera delimitada por un plano secante.

$$V2 = \pi * hc^2 \left[Rc - \left(\frac{hc}{3} \right) \right]; \text{ considerando una altura de cúpula de } 2.425\text{m y un radio de cúpula de } 6.0625 \text{ m se obtiene } 97.068 \text{ m}^3$$

Volumen del cono base

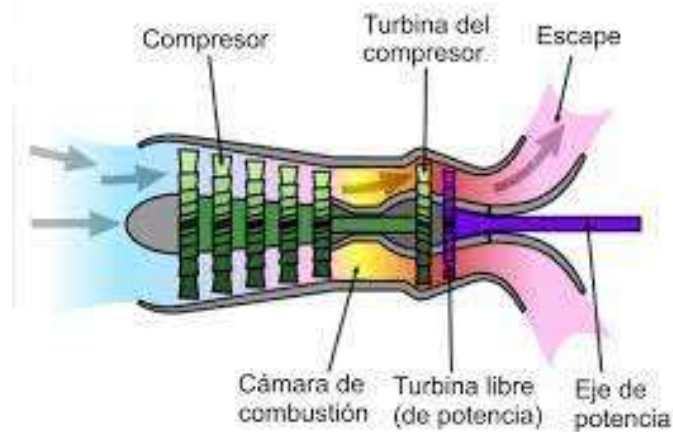
El volumen del cono base se determinará utilizando la fórmula estándar para calcular el volumen de un cono.

$V_3 = \frac{\pi * R^2 * ht}{3}$; considerando un radio básico de 4.85 m y altura de cono 1.455 m; se obtiene 35.84 m³

3.1.1.3. Potencia generada por la cantidad de metano producido

Para saber cuál es la cantidad de energía que puede generar la biomasa, se empleará el Ciclo Brayton abierto en suposiciones de aire estándar frío. Este ciclo termodinámico detalla un funcionamiento en casi ideal de una turbina que tiene un suministro a gas.

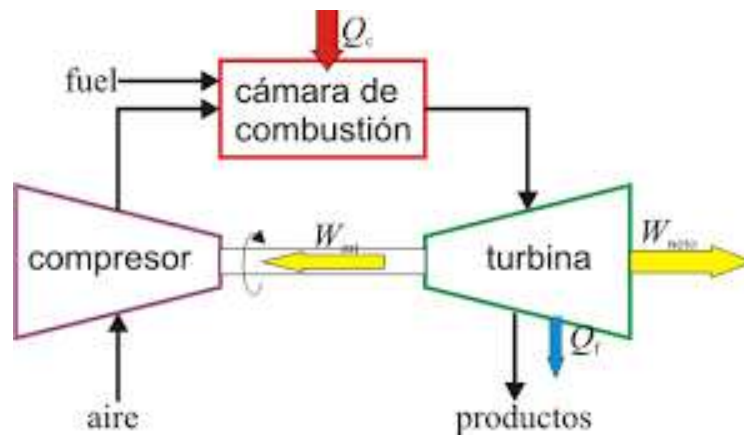
Figura 16: Turbina de gas



Fuente: Laplace.us.es, 2019

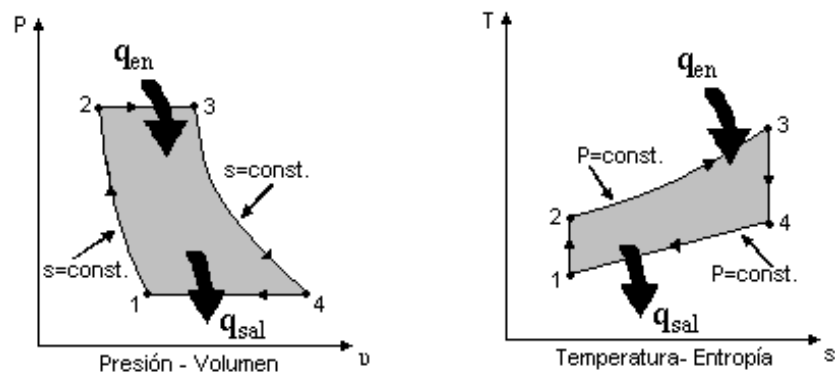
Con las imágenes y diagramas a continuación, se presentan en detalle los datos para resolver las ecuaciones termodinámicas del ciclo Brayton.

Figura 17: Turbina de gas



Fuente: Laplace.us.es, 2017

Diagrama 1: Diagramas P-V y T-S del Ciclo Brayton Ideal



P_1 = Presión que ingresa al compresor: 101 325 Pa

T_1 = Temperatura al 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 [27].

Con estos datos se empieza hallar los demás parámetros haciendo uso de tablas termodinámicas [28], interpolaciones y ecuaciones.

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

$$h_1 = 299.34 \text{ kJ/kg}$$

$$Pr_1 = 1.3725$$

La relación de compresión se halla de la siguiente manera:

$$r = \frac{P_2}{P_1}$$

Entonces:

$$P_2 = 8 \times 101\,325 = 810\,600 \text{ Pa}$$

Como se sabe:

$$r = \frac{P_2}{P_1} = \frac{Pr_2}{Pr_1}$$

Entonces:

$$Pr_2 = 8 \times 1.3725 = 10.98$$

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

del libro de [28].

$$T_2 = 538.36 \text{ K}$$

$$h_2 = 542.65 \text{ kJ/kg}$$

Para la entalpía de fase 1 y fase 2, el trabajo realizado por el compresor se puede encontrar a partir de la siguiente expresión matemática:

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

Donde:

$W_{comp,in}$ = Potencia del compresor (kW)

\dot{m} = Flujo másico del aire (kg/s)

El flujo másico del aire se calcula con la ecuación expresa a continuación:

$$\dot{m} = \dot{v} \times \rho_{aire}$$

Donde:

\dot{v} = Flujo volumétrico del aire (m^3/s)

ρ_{aire} = Densidad del aire: 1.1839 kg/m^3

El caudal volumétrico de aire se calcula teniendo en cuenta la velocidad del

viento y el área de entrada del compresor.

$$\dot{v} = v_{viento} \times a_{in}$$

Donde:

$$v_{viento} = \text{Velocidad del viento: } 21 \text{ km/h} = 5.83 \text{ m/s [29]}$$

$$a_{in} = \text{Área de admisión de aire con radio de } 0.35 \text{ m (suposición de diseño)}$$

Entonces:

$$\dot{v} = 5.83 \times (\pi \times 0.35^2) = 2.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 2.24 \times 1.1839 = 2.65 \text{ kg/s}$$

$$W_{comp,in} = 2.65 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \left(542.65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 299.34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 844.77 \text{ kW}$$

En la cámara de combustión se genera el calor que finalmente mueve la turbina, en este equipo térmico ingresa aire y metano.

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

Donde:

Q_{in} = Calor de entrada (kW)

\dot{m} = Flujo másico del aire: 2.65 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 kJ/kg

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

$$\dot{m}_{CH_4} = \dot{v}_{CH_4} \times \rho_{metano}$$

Donde:

\dot{v}_{CH_4} = Flujo volumétrico del metano: 0.017 m^3/s en el 2042 (ver Tabla 7)

ρ_{metano} = Densidad del metano: 0.657 kg/m^3

Entonces:

$$\dot{m}_{CH_4} = 0.017 \times 0.657 = 0.011169 \text{ kg/s}$$

La entalpia en la fase 3 está asociada directamente a la T_3 . Un buen sistema generador de energía eléctrica funciona con una temperatura alrededor de 1400°C en la entrada de la turbina [28].

Entonces:

$$T_3 = 1400 \text{ }^\circ\text{C} = 1673.15 \text{ K}$$

Interpolando, se obtiene una entalpía en la fase 3 de:

$$h_3 = 1847.10 \text{ kJ/kg}$$

Entonces:

$$Q_{in} = (2.65 + 0.01) \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (1847.10 - 542.65) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3969.84 \text{ kW}$$

El trabajo generado por la turbina se puede encontrar con la siguiente expresión matemática:

$$\omega_{turb,out} = h_3 - h_4$$

Donde:

$\omega_{turb,out}$ = Trabajo de la turbina (kJ/kg)

h_3 = Entalpía en la fase 3: 1847.10 kJ/kg

h_4 = Entalpía en la fase 4 (kJ/kg)

Para encontrar la entalpía en la fase 4, se necesita saber la temperatura en la misma fase. Para encontrar la temperatura de la fase 4, se debe tener en consideración lo siguiente:

$$P_2 = P_3$$

$$P_4 = P_1$$

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

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 = Consante de Boltzmann: 1.4 (En suposiciones de aire estándar frío)

Entonces:

$$P_1 = 101\,325\text{ Pa} = P_4$$

$$P_2 = 810\,600\text{ Pa} = P_3$$

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

Interpolando adecuadamente, la entalpia en la fase 4 tiene el siguiente valor:

$$h_4 = 959.49\text{ kJ/kg}$$

Entonces:

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

La potencia energética de la biomasa residual puede generar una energía en la salida de la turbina de 887.61 kJ/kg.

3.1.2. Cálculo de la potencia instalada de la central térmica

La potencia térmica de la central está centrada en la potencia de salida que se da en la turbina, entonces, teniendo la potencia energética en kJ/kg, se toma en cuenta los flujos másicos para hallar la turbina en kW.

$$W_{turb,out} = (2.65 + 0.01) \frac{kg}{s} \times (887.61) \frac{kJ}{kg} = 2\,361.04 \text{ kW}$$

La energía en la salida se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q_{out} = Calor de salida (kW)

\dot{m} = Flujo másico del aire: 2.65 kg/s

\dot{m}_{CH_4} = Flujo másico del metano: 0.01 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:

$$Q_{out} = (2.65 + 0.01) \frac{kg}{s} \times (959.49 - 299.34) \frac{kJ}{kg} = 1756 \text{ kW}$$

El trabajo neto del ciclo se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$W_{neto} = W_{turb,out} - W_{comp,in}$$

Donde:

$W_{turb,out}$ = Trabajo de la turbina: 2361.04 kW

$W_{comp,in}$ = Trabajo del compresor: 644.77 kW

Entonces:

$$W_{neto} = 2361.04 - 644.77 = 1516.27 \text{ kW}$$

Con el trabajo neto hallado se procede a calcular la eficiencia térmica del ciclo:

$$\eta_{t\acute{e}rm} = \frac{1516.27 \text{ kW}}{3969.84 \text{ kW}} = 0.38 = 38\%$$

El resultado hallado detalla que se puede generar una potencia de 1.52 MW.

3.1.3. Descripción del funcionamiento de una central térmica de biomasa

3.1.3.1. Ubicación de la Central Térmica

De acuerdo con Peregrina Ortiz (2016) nos dice que se tiene que considerar factores claves para definir en donde se puede ubicar una Central Térmica los cuales son:

Vías para camiones

Se halla cerca del origen del combustible (residuos sólidos).

Se encuentra apartada de los núcleos de población importantes.

Cercanía de la línea eléctrica.

Figura 18. Ortofoto del lugar en detalle donde se ubicará la Central Térmica



Fuente: Google Maps.

Figura 19. Ortofoto del lugar exacto de la ubicación de la Central Térmica



Fuente: Google Maps

El distrito de Reque cumple con las principales características de ubicación. Por lo que se plantea que la Central Térmica propuesta se ubique en Reque, y está cerca al botadero de residuos y cerca la Planta de Reserva Fría de Generación de Eten.

3.1.3.2. Elementos de la central térmica

Caldera

La caldera HYBEX de METSO Power se considera para la planta CHP, que tiene una configuración de lecho fluidizado y consume alrededor de 1000 toneladas de biomasa por día. Está diseñado para producir entre 210 y 250 t/h de vapor, dependiendo del poder calorífico. El vapor se utiliza exclusivamente para generar electricidad mediante turbinas de vapor. La caldera de poder más el turbogenerador ocupa una superficie estimada de 6.000 m² [14].

Turbina de vapor

Hay dos turbinas de vapor con una capacidad de 20 MW cada una. En este

caso se consideró el modelo Siemens SST-150. Es una turbina de una sola carcasa que impulsa el generador hasta 1500 o 1800 rpm y tiene un diseño de bloque. Para la generación de energía, ofrece un alto rendimiento junto con una configuración muy compacta.

Las características se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la Turbina de Vapor

Datos Técnicos:
Potencia entregada hasta 20 MW
Presión de entrada de hasta 103 bar
Temperatura de vapor de entrada de hasta 505 °C
Velocidad de giro de hasta 13.300 rpm
Toma de hasta 25 bar
Extracción controlada de hasta 16 bar
Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 0,25 bar
Área de escape 0,28 – 1,6 m ²
Dimensiones Típicas:
Longitud 12 m
Ancho 4 m
Altura 5 m

Características:

Contrapresión / Condensación

Diseño de la unidad en paquete

Módulo de turbina prefabricados, periféricos modulares

Extracción controlada simple

Escape radial

Tuberías de aceite y vapor separadas

Fuente: [30]

Figura 20. Turbina de vapor modelo SST- 150



Fuente: [30]

Compresor de aire

[14] Nos dice que el compresor le permitiría bombear aire a la velocidad requerida por la cámara de combustión; Esto también permitirá que la turbina de vapor se enfríe.

Cronograma general

Con base en el cronograma de trabajo de las centrales térmicas convencionales, a continuación, se presenta el cronograma general del proyecto, estimando el tiempo total de dos años desde la elaboración del estudio de impacto ambiental hasta la operación comercial de la central térmica.

Figura 21. Cronograma General de proyecto de central térmica

Item	Año 1												Año 2												
	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. EIA		■	■	■	■	■	■																		
2. Licitación de obras		■	■	■	■																				
3. Construcción																									
3.1. Ingeniería de detalle				■	■	■	■	■	■	■															
3.2. Suministro de equipos											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
3.3. Construcción y montaje						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
3.4. Pruebas y puesta en marcha																		■	■	■	■	■	■	■	
3.5. Operación comercial																								■	

Fuente: [14]

3.1.4. Estimación del VAN, TIR y su periodo de la inversión

Debido a que no se cuenta con información sobre inversión de centrales térmicas y venta de energía, se toma como referencias centrales termoeléctricas existentes que se muestran en el Anexo 4.

Tabla 8. Especificaciones técnicas de la Turbina de Vapor

Central Termoeléctrica	Tablazo	La Gringa V
Inversión	22 500 000	5 1000 000
Tecnología	Turbina	Motogenerador

Potencia generada (MW)	30	3.2
Energía eléctrica anual ofertada (MW-h)	--	14 016
Precio de Energía ofertado (\$/kW-h)	--	0.09999

Fuente: elaboración propia

Para datos de inversión se toma en cuenta el monto invertido por la central termoeléctrica “Tablazo” ya que es una central que opera con turbina (similar a la seleccionada en esta investigación). La inversión sería de 1 140 000\$, mientras que para el costo de venta se tomará como referencia el precio de la central termoeléctrica “La Gringa V” (0.09999 \$/kW-h) con una energía eléctrica anual ofrecida de 6 657.6 MW-h (tomando como referencia 3.2MW con 14 016 MW-h de energía eléctrica anual ofertada por parte de la central termoeléctrica “La Gringa V”). Entonces, los ingresos anuales por venta de energía serían de 665 693.424 \$.

Tabla 9: Datos operacionales de la central térmica de 1.52 MW

Sistema generador de 1.52 MW por RS - Chiclayo	
Inversión (\$)	1 140 000,00
Potencia generada (MW)	1.52
Energía eléctrica anual ofrecida (kW-h)	6 657 600
Precio (\$/kW-h)	0.09999
Ingresos anuales (\$)	665 934.424

Tabla 10: VAN y TIR del proyecto

	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial	-1140000					
Gastos en personal		-60000	-60000	-60000	-60000	-60000
Gastos en la logística de residuos sólidos		-28000	-28000	-28000	-28000	-28000
Gastos en operación, mantenimiento u otros		-140000	-140000	-140000	-140000	-140000
TOTAL, EGRESOS	-1E+06	-228000	-228000	-228000	-228000	-228000
Ingresos anuales por generación		665934.424	665934.424	665934.424	665934.424	665934.424
TOTAL, DE INGRESOS		665934	665934	665934	665934.424	665934
BENEFICIOS NETOS	-1E+06	437934	437934	437934	437934.424	437934

El VAN brinda un valor positivo de 438 655.59 mientras que el TIR arroja un 27% e indica que la inversión puede recuperarse al 4to año de operaciones.

3.2. Discusión

- Ciertas investigaciones previas prefieren considerar una eficiencia del 100% en lo correspondiente a la relación entre residuo sólido urbano y biomasa, es decir, asocian el total de residuo sólido urbano como el total de biomasa obtenida. Sin embargo, en la presente investigación se consideró el 50% del total residuos sólidos, como biomasa, de esta forma se obtuvo 36317 toneladas por año de biomasa con un total de 61.79m³/año de biogás.
- La proyección de generación de residuo sólidos urbanos se hizo en 20 años debido a que es el plazo que suele tener una central eléctrica para recuperar el total de su inversión. Una planta de generación de electricidad requiere de una inversión alta.
- Para saber el total de la inversión del proyecto se decidió tomar como referencias centrales termoeléctricas existentes. Otras investigaciones prefieren hacer un análisis de inversión por precios unitarios, es decir, el costo directo o indirecto de cada elemento o trabajo, sin embargo, debido a que no se tiene cotizaciones reales, este estudio suele ser poco efectivo, por este motivo es que se decidió colocar un monto de inversión tomando como referencia lo MW generados de plantas similares con funcionamiento técnico de producción parecido.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- A pesar de que algunos antecedentes de trabajos similares tuvieran en consideración una estimación poblacional en un periodo menor a 20 años, incluso algunos de hasta solo 5 años, para esta investigación se tomó en cuenta un periodo de tiempo de 20 años. Esto generará que haya una cobertura de la demanda futura y de esta manera, evitar cambios bruscos en el sistema, además, dicha proyección va a la par con la generación de residuos sólidos urbanos por persona en un día (0.47 kg) y la cantidad de biogás obtenida (61.79 m³/h).
- El ciclo Brayton abierto es un ciclo termodinámico creado para trabajar como base de funcionamiento de una turbina que se alimenta mediante gas. Las ecuaciones que muestra la metodología científica de este ciclo termodinámico permitieron calcular valores como el trabajo que genera el compresor (644.77 kW), el trabajo de la turbina (2 361.04 kW) y la eficiencia térmica del ciclo (38%) y, asumir valores como la temperatura en la entrada de la turbina (1 400°C).
- La proyección de 20 años que dio como resultado una cantidad de biogás de 61.79 m³/h permitió escoger materiales comerciales en el mercado, y el trabajo neto hallado (1.52 MW) nos hizo seleccionar un sistema existente compuesto por una turbina capaz de entregar hasta 20MW.
- El estudio financiero arrojó resultados positivos, debido a que es un sistema de generación de electricidad que por lo general el periodo de retorno no suele tener números en verde, sin embargo, obtuvimos un TIR del 27% y una inversión capaz de recuperarse al 4to año de

funcionamiento.

4.2. Recomendaciones

- Buscar convenios con empresas, industrias o grandes consumidores a fin de establecer una fuente de residuos sólidos constante y fija, además de un posible ingreso ofreciendo el servicio de recojo y tratamiento mediante la inversión de un equipo logístico y de transporte.
- Mediante los posibles ingresos de la aplicación de una central de biomasa pueden invertirse en la compra de cultivos energéticos para mejorar la producción mediante residuos sólidos de mayor poder calorífico previa combinación de residuos agroindustriales.
- Enfocarse a establecer contacto con empresas agroindustriales existentes en la región para mejorar el potencial calorífico de los residuos sólidos utilizados.
- Mediante el estudio y caracterización constante de los residuos sólidos que ingresen pueden establecerse mejores parámetros de generación a fin de calcular correctamente el potencial energético a generar y establecer un precedente bibliográfico para futuros proyectos similares.
- Ante la incertidumbre de poder realizar el proyecto en la localización actual, se puede reevaluar una relocalización, buscando un lugar más conveniente estratégicamente – más cerca de fuentes importantes de residuos sólidos o empresas u socios proveedores de residuos caracterizados

REFERENCIAS

- 1] Banco Mundial, «Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos,» 20 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>.
- 2] MINAN, 2017.
- 3] OEFA, Fiscalización ambiental en residuos sólidos municipal provinciales., 2016.
- 4] RPP, «Chiclayo, La ciudad donde el tratamiento de la basura fracasó por la corrupción,» 24 02 2019. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/chiclayo-la-ciudad-donde-el-tratamiento-de-la-basura-fracaso-por-la-corrupcion-noticia-1182592>.
- 5] A. Mendiola, C. Aguirre, O. Aguilar, S. Castillo, G. Giglio y W. Maldonado, Proyectos de generación eléctrica en el Perú ¿Centrales hidroeléctricas o centrales térmicas?, 2012.
- 6] C. Soto Adrados, Estudio y optimizació sobre los costes de operación de una Central de energía Térmica, 2014.
- 7] J. P. Ortiz Núñez, Diseño de una Central Eléctrica de Biomasa Conectada a la Red Eléctrica Puno, en el Cerro de Cancharani, 2017, p. 98.
- 8] Z. Guo, C. Sun y D. Grebner, Utilization of Forest Derived Biomass for Energy Production in the U.S.A, 2007.
- 9] A. Cuellar, Plant Power: The Cost of Using Biomass for Power Generation and Potential for Decreased Greenhause Gas Emissions, 2009.
- 10] Ingenieros Asesores.
- 11] Renovetec, Plantas de Biomasa, 2014.
- 12] N. Torre Torre, Evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV) de una planta de incineración de residuos sólidos Urbanos (RSU), 2012.

- J. Carrasco García, Combustión directa de la biomasa, 2007.
- 13]
- A. T. Cid Coffré, ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE PLANTA
14] TÉRMICA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA SANTIAGO DE CHILE, 2016.
- T. Fernández Palacios, E. Klimczyk, M. Nasralla y F. Roveri, Estudio de
15] factibilidad: generación de energía eléctrica a partir de la incineración controlada de
RSU, 2014.
- B. Lalanne, UTILIZACIÓN DE BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE
16] ENERGÍA ELÉCTRICA, 2010.
- Ambientum, «¿Qué son los residuos sólidos?,» 2019.
- 17]
- Q. E.-. Ep,
18] «<https://emgirs.gob.ec/pruebaweb/index.php/operaciones/estaciones-de-transferencia/caracterizacion-de-residuos-solidos-urbanos>,» 2020. [En línea].
- J. M. VILLA, de *MANUAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS*
19] *SOLIDOS ORGANICOS E INORGANICOS*, p. 12.
- G. Garcia, «the FOOD TECH,» [En línea]. Available:
20] <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/desarrollan-materias-primas-a-partir-de-residuos-organicos/>.
- «San Borja Ambiental,» [En línea]. Available:
21] <https://sanborjaambiental.com/residuos-inorganicos/>.
- Minam, «Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales en
22] el Perú, Gestión 2019,» Lima, Perú, 2020.
- INEI, «INEI,» 2023. [En línea]. Available:
23] https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf.
- MINAM, «MINAM,» Abril 2018. [En línea]. Available:
24] http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/wp-content/uploads/sites/136/2018/04/5.-Excel-de-C%C3%A1lculos_ROM.xlsx.

I. N. d. E. e. Informatica, «Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal
25] de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes,» *INEI*, 2018.

Redagrícola, «Redagrícola,» Marzo 2017. [En línea]. Available:
26] <https://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/>.

Laplace, «Laplace,» 2020. [En línea]. Available:
27] http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Brayton#:~:text=con%20r%20%3D%20pB%20%2F%20V,esta%20eficiencia%20es%20del%2044.8%25..

Y. A. Cengel y M. A. Boles, *Termodinámica Séptima edición*, México:
28] McGraw-Hill , 2012.

Senamhi, «Senamhi,» 2020. [En línea]. Available:
29] <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>.

SIEMENS, Turbinas de vapor industriales.
30]

APPA, Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2018.
31]

MEM, Marco Normativo Ambiental.
32]

MPC, Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia
33] de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Chiclayo, 2012.

H. M. Pala Reyes, Estudio del potencial energético a partir de los residuos
34] sólidos en algunos distritos del cono norte de Lima Metropolitana, 2006.

H. Rodríguez Galbarro, Poderes Caloríficos de los principales residuos.
35]

Tersa, 2016.
36]

Petramás.
37]

D. J. Zegarra Reátegui, Petramás SAC, 2020.
38]

- ENERGIZA, 2018.
- 39]
- H. R. Galbarro, Ingemecánica.
- 40]
- M. Pelegrina Ortiz, Diseño de una Central Termoeléctrica de Biomasa, 2016.
- 41]
- INEI, «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» 2020. [En línea].
- 42] Available:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf.
- Y. A. Cengel y M. A. Boles, Termodinámica Séptima edición, México:
- 43] McGraw-Hill , 2012.
- INEI, «Instituto Nacioanl de Estadística e Informática,» 2020. [En línea].
- 44] Available:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf.
- Ministerio de Energía y Minas, «Estadística Eléctrica por Regiones,» Lima,
- 45] Perú, 2019.

ANEXOS

Anexo 1

Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú



CÓDIGO DE ETICA DEL CIP

**APROBADO EN LA III SESIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS
DEPARTAMENTALES DEL PERÍODO 1998 - 1999
EN LA CIUDAD DE TAGNA 22, 23 Y 24 ABRIL 1999**

Anexo 2

Código de Ética de Investigación de la USS



www.uss.edu.pe

CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA USS

VERSIÓN 03

**RATIFICADO POR ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN
RECTORAL N° 0851-2017/USS**

CHICLAYO - PERÚ

Versión: 03	Código: VRI-CE	F. Implementación:	Página 1 de 29
Elaborado por: Dirección de Investigación	Revisado por: Planificación y Desarrollo Institucional - Asesoría Legal	Ratificado con Resolución Rectoral N° 0851- 2017/USS	

Anexo 3

Ley General del Ambiente – LEY N° 28611

En ella se pretende establecer un concepto único de los "residuos sólidos", y una clasificación uniforme de los mismos, para facilitar el tratamiento legal de los distintos aspectos involucrados en la gestión de los residuos sólidos. En ella se trata de regular de alguna manera todo el ciclo de vida de los residuos. Sin embargo, existen algunos vacíos importantes que introducen distorsiones para la puesta en operación de un sistema integrado de gestión.

De todas formas, es fundamental resaltar esta ley, ya que regula todo el manejo de los desechos en el país. Los cuales no brindan temas importantes y fundamentales respecto a la gestión de residuos sólidos como, por ejemplo:

El artículo 3 de esta ley, nos habla de la finalidad de la gestión de los residuos sólidos en el país, es decir, su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos.

El artículo 4 de la ley, nos presenta lineamientos de política, que tienen los puntos que vale la pena resaltar tales como:

- Desarrollar acciones de educación y capacitación para una gestión de los residuos sólidos eficiente, eficaz y sostenible.
- Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad.
- Establecer un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y el ambiente, sin perjuicio de las medidas técnicamente necesarias para el mejor manejo de los residuos sólidos peligrosos.
- Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.
- Promover el manejo selectivo de los residuos sólidos y admitir su manejo conjunto, cuando no se generen riesgos sanitarios o ambientales significativos.
- Promover la iniciativa y participación de la población, la sociedad civil

organizada, y el sector privado en el manejo de los residuos sólidos.

- Fomentar la formalización de las personas o entidades que intervienen en el manejo de los residuos sólidos.

Anexo 4

Central de Biomasa La Gringa V (3.2 MW)



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.USS / kWh
Barra de Conexión	Subestación Huachipa 22.9 kV/60 kV (LDS)



Ubicación



Pozos de extracción de gas



Planta de captura de biogás



Sistema de compresión y limpieza de Biogás



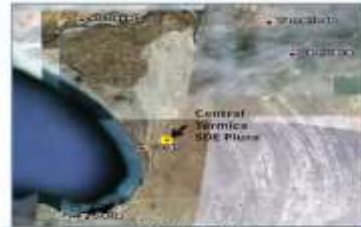
Estación de quemado de gas

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 Eléctrica	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



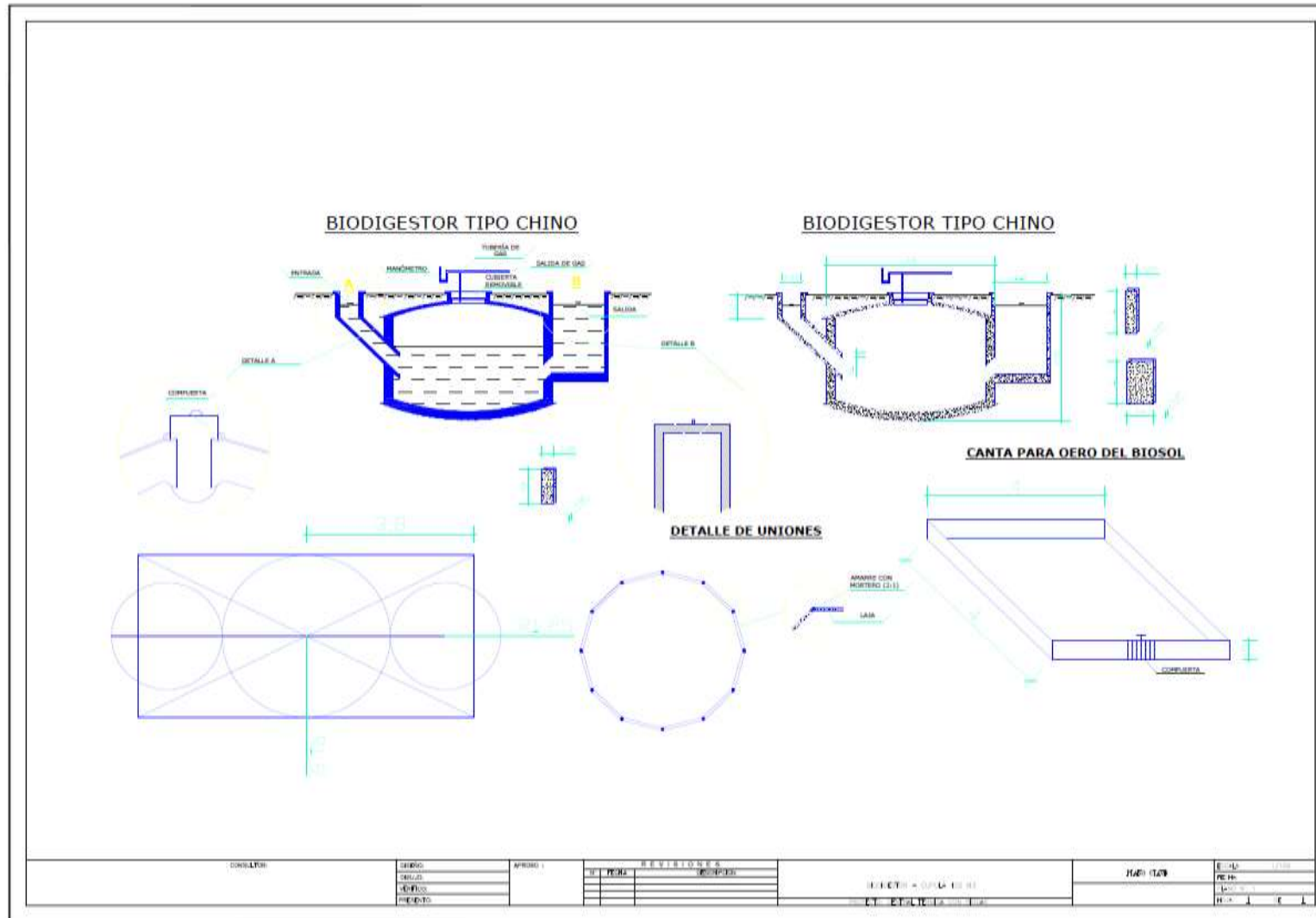
S.E. de Tablazo (Equipos del Patio de Llaves)

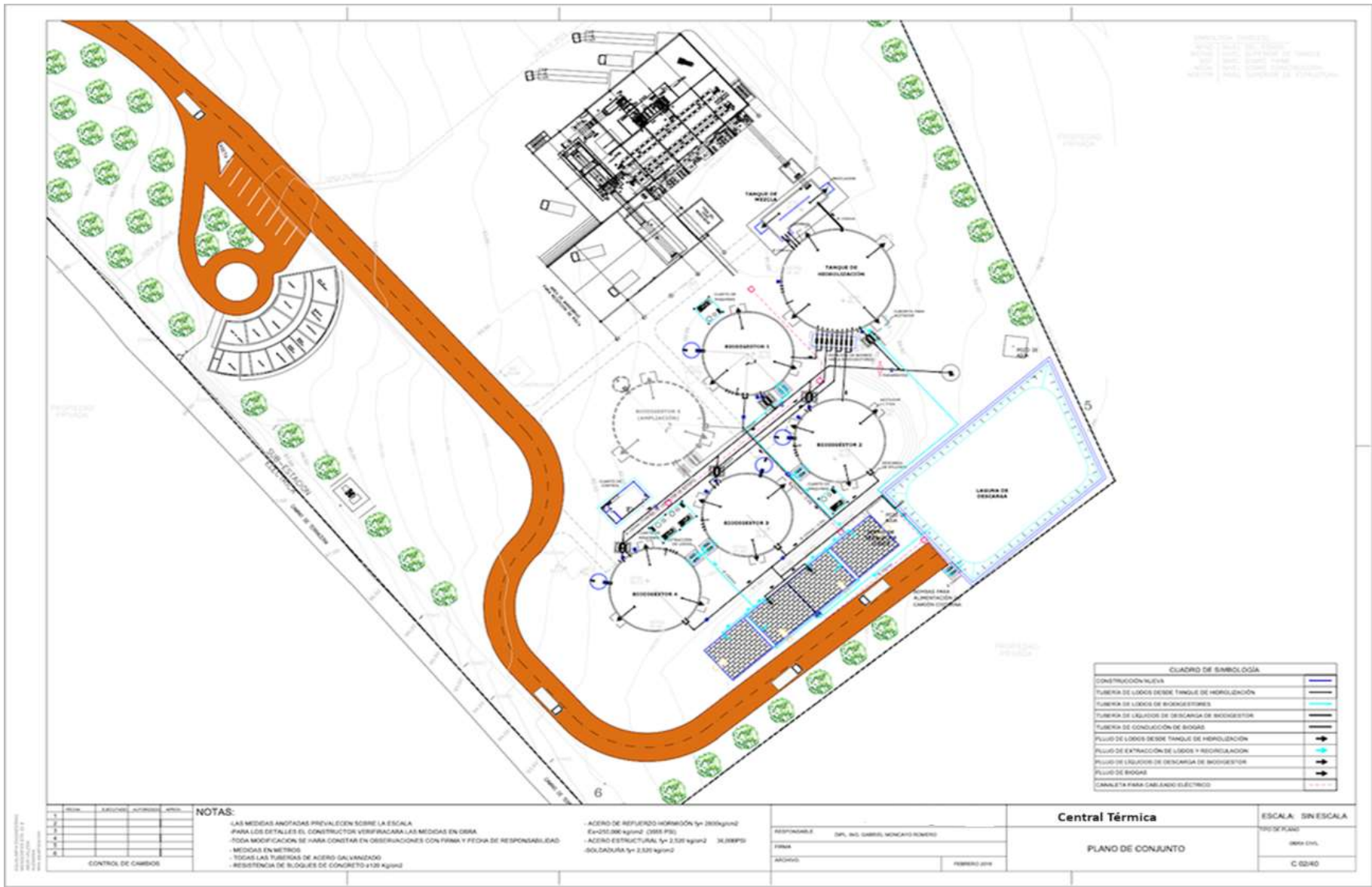
- **INFORMACIÓN RELEVANTE**
- La Central Termoeléctrica está ubicada en la zona de El Tablazo de Colón, para la cual se han adquirido 20 000 m² en zona eriaza a 320 metros del km 45 de la carretera Paíta – Sullana.
- El gas que sirve de combustible es transportado básicamente desde la estación PN-25 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 "X", 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



Anexo 5: Plano biodigestor





1. SERVICIO DE PROYECTO
 2. SERVICIO DE DISEÑO
 3. SERVICIO DE EJECUCIÓN
 4. SERVICIO DE MONITOREO
 5. SERVICIO DE MANTENIMIENTO
 6. SERVICIO DE REPARACIÓN

CUADRO DE SIMBOLOGÍA	
CONSTRUCCIÓN NUEVA	—
TUBERIA DE Lodos DESDE TANQUE DE HIBOLIZACION	—
TUBERIA DE Lodos DE BIODIGESTORES	—
TUBERIA DE LIQUIDOS DE DESCARGA DE BIODIGESTOR	—
TUBERIA DE CONDUCCION DE BODAS	—
PLUIS DE Lodos DESDE TANQUE DE HIBOLIZACION	→
PLUIS DE EXTRACCION DE Lodos Y RECICLACION	→
PLUIS DE LIQUIDOS DE DESCARGA DE BIODIGESTOR	→
PLUIS DE BODAS	→
ALAMBRE PARA ALIMENTACION CABLEADO TELEFONICO	—
CABLETA PARA CABLEADO ELECTRICO	—

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1			
2			
3			
4			
5			
6			

NOTAS:
 - LAS MEDIDAS ANOTADAS PREVALECON SOBRE LA ESCALA
 - PARA LOS DETALLES EL CONSTRUCTOR VERIFICARA LAS MEDIDAS EN OBRA
 - TODA MODIFICACION DEBIA CONSTAR EN OBSERVACIONES CON FIRMA Y FECHA DE RESPONSABILIDAD
 - MEDIDAS EN METROS
 - TODAS LAS TUBERIAS DE ACERO GALVANIZADO
 - RESISTENCIA DE BLOQUES DE CONCRETO #120 kg/cm²

- ACERO DE REFUERZO HORMIGÓN #n 2800 kg/cm²
 E=201.000 kg/cm² (3958 PSI)
 - ACERO ESTRUCTURAL #n 2.520 kg/cm² 36.000 PSI
 - BOLA D'ACERA #n 2.520 kg/cm²

RESPONSABLE: DPL. ING. DARRYL MONCAYO ROMERO
 FIRMA: _____
 FECHA: FEBRERO 2016

Central Térmica
PLANO DE CONJUNTO

ESCALA: SIN ESCALA
 TIPO: PLANOS
 DISEÑADO POR: _____
 C. 02/10



Anexo 6: Ficha de caracterización de residuos sólidos urbanos.

Nombre completo del responsable							
Zona							
Tipo de residuo solido urbano	Dia 1 () Kg	Dia 2 ()Kg	Dia 3 () Kg	Dia 4 ()Kg	Dia 5 () Kg	Dia 6 ()Kg	Dia 7 () Kg
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)							
Papel (blanco, periodico, otros similares)							
Carton (cartulina, tapas de cuadernos, otros similares)							
Vidrio							
Plastico (PET, PEAD, PEBD, PP, PS, PVC)							
Metales (Acero, Fierro, otros similares)							
Residuos no aprovechables							

Fuente: (Propia)

NOMBRE DEL TRABAJO

**SERRATO ROQUE IRVI YOEL _ TURNITIN
docx.docx**

AUTOR

IRVI YOEL SERRATO ROQUE

RECUENTO DE PALABRAS

13453 Words

RECUENTO DE CARACTERES

70843 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

92 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.6MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 26, 2024 12:34 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 26, 2024 12:35 AM GMT-5**● 24% de similitud general**

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

- 23% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 2% 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 CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **DISEÑO DE UNA CENTRAL TÉRMICA QUE UTILIZA LA BIOMASA RESIDUAL DE LA LOCALIDAD DE CHICLAYO**, elaborado por el (los) Bachiller(es):

SERRATO ROQUE IRVI YOEL

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **24%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 26 de setiembre de 2024

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433