

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA**  
**Y MECÁNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE  
BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA**

PRESENTADO POR:

Br. Paul Erwin Mamani Esquivel

Br. Mario Manrique Carbajal

Para optar al título profesional de  
Ingeniero Electricista

ASESOR:

Dr. Edgar Zacarías Alarcón Valdivia

CUSCO – PERU

2023

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: = Estudio de Pre Factibilidad de una central térmica de Biomasa en el Relleno Sanitario de Macuira "

presentado por: Paul Erwin Mamani Escobedo con DNI Nro.: 23989928 presentado por: Mario Manrique Carbajal con DNI Nro.: 42779029 para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Electricista

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de Septiembre de 2024

Firma

Post firma Edson Zlatan Marín Veldiviz

Nro. de DNI 23821021

ORCID del Asesor 0000-0002-9168-7535

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:378505993

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA**

AUTOR

**PAUL & MARIO MAMANI & MANRRIQUE**

RECUENTO DE PALABRAS

**22754 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**121848 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**120 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 5, 2024 11:44 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 5, 2024 11:46 AM GMT-5****● 5% de similitud general**

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

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)



Dr. EDGAR ZACARÍAS ALARCÓN VALDIVIA  
DNI N°: 23874921  
ASESOR

## **DEDICATORIAS**

**De:**

**Mario Manrique Carbajal.**

El presente trabajo de tesis está dedicado a mis señores padres:

) MARIANO MANRIQUE AUCCA.

) LIDIA CARBAJAL DE MANRIQUE.

Que a pesar de las dificultades me apoyaron durante todo el proceso de mi formación profesional. A mis familiares que también estuvieron en las buenas y en las malas a lo largo de mi formación académica y de lo cual hoy doy gracias por no dejar de alentarme en el proceso de mi formación profesional.

**Y**

**Paul Erwin Mamani Esquivel.**

El presente trabajo de tesis se la dedico a mi padre Bernardino Mamani Gutiérrez y a mi madre Vicentina Eleutéria Esquivel Quispe, así mismo está dedicada a mis hermanos Julio Benner, Alexander Max, Bernardino Estanislao y a mis hermanas Cledy Madeleyne, María Magdalena, dedicada a mi hija Papiuzkca Alexandra, a mis sobrinos, sobrinas y a mi sobrina nieta Cataleya. También dedica a mis tíos, primos, familiares de parte de mi padre y madre y a todas las amistades de la familia Mamani Esquivel.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros señores PADRES, por demostrarnos su apoyo moral e incondicional.

A Dios por darnos salud y también por guiar nuestro camino hacia el bien y guiarnos por una senda correcta.

A NUESTRO ASESOR, DR. EDGAR ZACARÍAS ALARCÓN VALDIVIA, por guiarnos siempre dándonos consejos y apoyándonos en todo momento de la elaboración de nuestra tesis.

A LOS PROFESORES DE NUESTRA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, por darnos la formación académica que merecemos y también por el compromiso de formar profesionales a carta cabal.

## RESUMEN

Actualmente en nuestra ciudad del CUSCO se produce más de 432 toneladas de residuos sólidos por día, de la cual no es manejada de forma correcta, la cual es arrojada directamente en el botadero, la cual se ha convertido en un problema para la salud de las personas que se encuentran cerca del botadero. Ante este problema se plantea la tesis titulada, **“ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA”**, esta tesis trata de demostrar que los residuos sólidos pueden ser aprovechables para generar energía limpias y renovables también se podrá logra la mitigación de la contaminación ambiental.

Para nuestro presente estudio se realizó la cuantificación de residuos sólidos que llegan a diario al relleno sanitario de Haquira desde los diferentes distritos de la ciudad del cusco, también se desea que la población tenga un mejor manejo de los residuos sólidos, de ahí es que se podrá seleccionar los residuos sólidos urbanos aprovechables y los no aprovechables para posteriormente poder calcular la energía que podremos obtener de estos mediante el proceso de quemado en una caldera, para así ver si es factible o no la implementación de una central térmica de biomasa también podremos saber el costo de inversión el recupero de dicha inversión de acuerdo a la energía que se generara en la central térmica de biomasa.

**Palabras clave:** Residuos, contaminación, biomasa, energía.

## **SUMMARY**

Currently, in our city of CUSCO, more than 432 tons of solid waste is produced per day, of which it is not managed correctly, which is thrown directly into the dump, which has become a problema for the health of the people near the dump. Faced with this problema, the thesis entitled, "PRE-FEASIBIL STUDY OF A BIOMASS THER POWER PLANT THE HAQUIRA LANDFILL". This thesis tries to demonstrate that solid waste can be usable to generate clean and renewable energy, the mitigation of environmental pollution can also be achieved.

For our present study, the quantification of solid waste that arrives daily at the Haquira landfill from the different districts of the city of cusco was carried out, it is also desired that the population have a bettr management of solid waste, from there it is you will be able to select usable and nom-usable urban solid waste to later be able to calculate the energy that we can obtain from these through the burning process in a boiler, to see if it is feasible or not to implement a biomass themal power plant, we will also be able to know the cost of investment the recovery of said investment according to the energy that will be generated in the biomass termal power plant.

**Keywords:** Waste, pollution, biomass, energy.

## INTRODUCCION

El presente trabajo de tesis ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA tuvo como objetivo principal de realizar un estudio para hacer realizable la instalación de una central térmica de biomasa en el sitio de Haquira donde actualmente se viene realizando la disposición final de los residuos sólidos urbanos que son generados por la población en general que habitan en los diferentes distritos de la provincia de Cusco, para lo cual se obtuvieron datos de las diferentes entidades encargadas del tratamientos de dichos residuos una cantidad aproximada de 400 toneladas en promedio de residuos sólidos urbanos que ingresan a diario al relleno sanitario de Haquira, cantidad con los cuales se determinó la cantidad de energía de biomasa que se podría producir con dichos residuos, así mismo esta cantidad de energía de biomasa nos permitió cuantificar la cantidad de energía eléctrica que produciría una central térmica de biomasa instalada en Haquira, además se pudo precisar el impacto que tendría sobre la contaminación ambiental en la zona, zona aledañas y la misma provincia de Cusco, más aun en contribución al medio ambiente se estaría mitigando parte de los gases de efectos invernaderos que se emanan diariamente hacia nuestro medio ambiente. En consecuencia se realizó el estudio de prefactibilidad de una central termina de biomasa en el relleno sanitario de Haquira empleando una metodología de investigación del tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental y un nivel descriptivo – explicativo, utilizando así la observación y documentación como técnica de recolección de datos de la muestra que se tomó, siendo estos los residuos sólidos urbanos recolectados en un día que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haquira.

# INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>6</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>13</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
1.1 ÁMBITO GEOGRÁFICO .....	13
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.3.1 PROBLEMA GENERAL.....	18
1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	19
1.6 LIMITACIONES.....	20
1.7 VARIABLES.....	20
1.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	20
1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	20

1.7.3 VARIABLE INTERVINIENTE .....	20
1.8 HIPÓTESIS.....	20
1.8.1 HIPÓTESIS GENERAL .....	20
1.8.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>22</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	22
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	22
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	23
2.1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	24
2.2 BASES TEÓRICAS.....	25
2.2.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	25
2.2.2 LA BIOMASA.....	26
2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA BIOMASA .....	27
2.2.4 TIPOS DE BIOMASA.....	27
2.2.5 BENEFICIOS Y VENTAJAS DE LA BIOMASA .....	28
2.2.6 ENERGÍA A PARTIR DE LA BIOMASA .....	32
2.2.7 PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO BIOGÁS DE RELLENOS SANITARIOS .....	34
2.2.8 PRE - FACTIBILIDAD.....	35
2.2.9 CENTRAL TÉRMICA.....	36
2.3 BASES LEGALES.....	53
2.3.1 LEY N° 28611 (Ley General del Ambiente).....	53
2.3.2 GESTIÓN AMBIENTAL.....	53

2.3.3 POBLACIÓN Y AMBIENTE .....	54
2.3.4 EMPRESA Y AMBIENTE.....	55
2.3.5 CALIDAD AMBIENTAL.....	58
2.3.6 TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	61
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>66</b>
<b>METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.....</b>	<b>66</b>
3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
3.1.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	66
3.1.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	67
3.1.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	68
3.1.4 RELLENO SANITARIOS DE HAQUIRA .....	69
3.1.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	70
3.1.6 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE CUSCO.....	70
3.1.7 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE CCORCA .....	70
3.1.8 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE POROY .....	70
3.1.9 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO .....	71
3.1.10 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN.....	71
3.1.11 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SANTIAGO .....	71
3.1.12 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SAYLLA.....	71
3.1.13 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE WANCHAQ .....	72
3.1.14 RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA CUSCO. ....	72
3.2 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	81

<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>84</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.....</b>	<b>84</b>
4.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE LA PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.....	84
4.2 ANÁLISIS SIN EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA..	85
4.2.1 <i>EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS CCACHONA Y CHOCCO DEL DISTRITO DE SANTIAGO, 2010 - 2022.</i> .....	85
4.3 ANÁLISIS DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.....	86
4.4 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	87
4.4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	87
4.4.2 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	92
4.4.3 ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO.....	94
4.4.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO.....	95
4.4.5 CRONOGRAMA GENERAL DE PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA.....	96
4.4.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.....	97
4.4.7 INVERSIÓN. ....	99
4.4.8 ESTIMACIÓN DE INGRESOS.....	100
4.4.9 NEGOCIACIÓN DE UN ACUERDO DE VENTA DE ENERGIA. ....	100

4.4.10	FLUJO DE CAJA.....	101
4.5	ALTERNATIVA DEL ESTUDIO DE PREFACTAFILIDAD DE UNA CENTRAL DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.....	103
4.5.1	CENTRAL DE BIOGÁS POR BIODIGESTORES.....	103
4.6	IMPACTO EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA .....	107
<b>V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>109</b>
<b>VI BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>115</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Residuos sólidos acumulados cada año.....	69
Tabla 2:	Residuos sólidos de la provincia del Cusco.....	72
Tabla 3:	Disposición final de residuos de enero al mes de abril del 2017.....	74
Tabla 4:	Disposición final de residuos de mayo al mes de agosto del 2017.....	75
Tabla 5:	Disposición final de residuos de septiembre a diciembre del 2017.....	76
Tabla 6:	Disposición final de residuos de enero al mes de abril del 2018.....	77
Tabla 7:	Disposición final de residuos de mayo al mes de agosto del 2018.....	78
Tabla 8:	Disposición final de residuos de septiembre a de diciembre del 2018.....	79
Tabla 9:	Disposición final de residuo de enero al mes de abril del 2019.....	80
Tabla 10.	Cantidad diaria de residuos que ingresan a Haquira.....	81

Tabla 11. Cantidad mensual de residuos que ingresan a Haqira.....	82
Tabla 12. Cantidad anual de residuos que ingresan a Haqira.....	82
Tabla 13. Cantidad acumulada por año de residuos en Haqira.....	83
Tabla 14. Cantidad acumulada total de residuos en Haqira.....	83
Tabla 15: Poder Calorífico Inferior de los residuos potencialmente incinerables.....	88
Tabla 16: Datos típicos de humedad de residuos sólidos.....	89
Tabla 17: Generación de residuos sólidos por distritos de la provincia de Cusco....	90
Tabla 18: Cálculo de humedad de los residuos potencialmente incinerables.....	92
Tabla 19: Cálculo del peso seco en la provincia del Cusco.....	93
Tabla 20: PCI (kcal/kg) de los residuos potencialmente incinerables.....	93
Tabla 21: Energía de la biomasa.....	94
Tabla 22: Especificaciones técnicas de la turbina.....	96
Tabla 23: Cronograma general de una central térmica.....	97
Tabla 24: Inversión estimada de la central térmica.....	99
Tabla 25: Venta de energía eléctrica.....	101
Tabla 26: Flujo de caja.....	102
Tabla 27: Rentabilidad del proyecto.....	102

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 ÁMBITO GEOGRÁFICO

El ámbito geográfico donde se realizó el presente trabajo de investigación es la Provincia del Cusco. Cusco una de las trece provincias que conforman el departamento del Cusco. El departamento de Cusco se encuentra ubicado en la zona sur-oriental del país, entre los paralelos 11°12'47" y 15°21'44" de latitud Sur y los meridianos 70°20'42" y 73°58'50" de longitud Oeste, abarcando zonas de Sierra y Selva, con una población de 1 147 188 habitantes, según el censo del año 2017 (INEI-2017).

La provincia del Cusco limita con las provincias de:

- ) Calca y Urubamba por el Norte.
- ) Quispicanchi por el Este.
- ) Paruro por el Sur.
- ) Y Anta por el Oeste.

La provincia del Cusco tiene una extensión de 719 Km<sup>2</sup> y está dividido en 8 distritos las cuales son:

Cusco capital de provincia, Ccorca, Poroy, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago, Saylla y Wanchaq.

La provincia del cusco tiene una población de 426 122 habitantes, según el censo del año 2017 (INEI-2017).

## MAPA POLÍICO DE LAS 13 PROVINCIAS DEL CUSCO



Fuente: Atlas Perú

## 1.2 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La biomasa ha sido la energía más utilizada por nuestros antepasados, siendo así una de las energías más antigua del mundo y una de las primeras en ser de uso común. Al pasar los años y el avance de la tecnología, la energía de biomasa ha sido desplazada por fuentes de energía alternativas. No obstante, en la actualidad, tiempos donde ya se había dejado de usarlo, se está volviendo a la utilización de la biomasa, esto debido a la gran demanda de energía que existe en el mundo, consecuencia del crecimiento de la población y fabricas que necesitan gran insumo de energía, otros motivos principalmente como el cambio climático, la contaminación ambiental, están contribuyendo a retomar también la biomasa como fuente de energía.

El incremento de una producción sostenible y económicamente rentable de energía eléctrica utilizando fuentes renovables o fuentes naturales como materia prima, y desde luego inagotables, se está volviendo en una obligación en los diferentes países desarrollados como también en países en vías de desarrollo. La razón de esta tendencia es que las energías renovables contribuyen a la disminución de los gases de efecto invernadero (GEI), disminuyen la dependencia energética especialmente en los países con bajos porcentajes de fuentes no renovables, permiten la creación de empleo y el desarrollo tecnológico; además del gran potencial energético y la capacidad de regenerarse por medios naturales (André; De Castro, Cerda 2011)

La demanda de energía en el mundo entero seguirá creciendo, motivo por el cual se tiene que seguir haciendo estudios sobre generación de energía, mejor aún si son de fuentes de energías renovables como la biomasa.

En el Perú El 94,4% de los hogares y en el 98,9% del área urbana, contaron con el servicio de electricidad para el año 2017 (INEI-2018).

En el trimestre octubre-noviembre-diciembre de 2017, el 80,1% de los hogares del área rural contaron con energía eléctrica por red pública, incrementándose en 1,1 puntos porcentuales al compararlo con similar trimestre del año 2016; informó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) según el Informe Técnico Condiciones de Vida en el Perú, elaborado con los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares-ENAHO. (INEI-2018).

En el Perú solo existen 9 rellenos sanitarios y dos rellenos de seguridad, esto no es suficiente para el volumen de basura que se genera en el país, como consecuencia directa de la falta de rellenos sanitarios y seguridad, los residuos se colocan en lugares inadecuados. (OEFA - 2014).

La producción de energía eléctrica a nivel nacional registrada al mes de diciembre del 2019, incluyendo los sistemas aislados y SEIN, fue de 4951 GWh, incrementándose en un 2.3% respecto al año 2018. En lo que se refiere a la generación de energía eléctrica con recursos de fuentes renovables no convencionales como son: la energía solar, energía eólica, la energía de biomasa y la energía que se obtiene del bagazo genero 249 GWh en diciembre del año 2019 representando así el 5% de la producción total de energía eléctrica del país (Ministerio de Energía y Minas).

La producción de energía eléctrica a nivel región Cusco registrada al mes de diciembre del 2019, fue de 189 GWh (Ministerio de Energía y Minas).

Hogares con acceso al servicio de energía eléctrica mediante red pública, en la región del Cusco es de 92.1% al año 2019.

En la provincia del Cusco existe un solo relleno sanitario que está ubicado en la comunidad de Haquira del distrito de Santiago, que recibe entre 390 a 400 toneladas diaria de residuos sólidos urbanos.

En el grafico 1 se muestra la cantidad de residuos sólidos urbanos que esta acumulado hasta el mes de Abril del año 2019 en el relleno sanitario de Haquira.

Grafico 1. Cantidad de residuos sólidos urbanos acumulado en Haquira



Fuente: Elaboración propia.

## **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1 PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera la realización de un estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa influye en la utilización de los residuos sólidos urbanos que tiene como disposición final el relleno sanitario de Haquira?

### **1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿De qué manera la determinación de la cantidad de energía calorífica de la biomasa influirá en la producción de energía eléctrica en el relleno sanitario de Haquira con los residuos sólidos urbanos?

¿Qué cantidad de energía eléctrica generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haquira?

¿De qué manera la determinación del impacto ambiental de la central térmica de biomasa influirá en el relleno sanitario de Haquira?

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa que utilice los residuos sólidos urbanos que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haquira.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la cantidad de energía calorífica de la biomasa para producir energía eléctrica en el relleno sanitario de Haqira con los residuos sólidos urbanos.

Determinar la cantidad de energía eléctrica que generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haqira.

Determinar el impacto ambiental de la central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haqira.

#### 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos es estrictamente el propósito presente trabajo de investigación denominado, " **Estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haqira**". Además de que en el país ya existe la energía producida con biomasa, en la Región Cusco aún no tenemos centrales de este tipo de tecnología, motivo por el cual se ve la necesidad de hacer estudios con el afán de aprovechar este recurso energético y aplicarla en beneficio de la población, ya que no solo produciremos energía eléctrica en función a la obtención de gas de los residuos sólidos si no también podremos disminuir los gases de efecto invernadero, así como mitigar la contaminación ambiental en nuestra ciudad, tener aire limpio y mejorar la salud en especial de los pobladores que se encuentran viviendo cerca del botadero de Haqira.

## **1.6 LIMITACIONES**

Las limitaciones fueron en abarcar mucho más allá del ámbito geográfico propuesto en el presente trabajo de investigación donde realizamos el estudio, debido a que existen provincias cercanas a la provincia del Cusco, así como distritos de provincia colindantes y sobre todo la accesibilidad a los datos del relleno sanitario de Haqira.

## **1.7 VARIABLES**

### **1.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Relleno sanitario de Haqira.

### **1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Central Térmica de Biomasa

### **1.7.3 VARIABLE INTERVINIENTE**

Residuos Sólidos Urbanos.

## **1.8 HIPÓTESIS**

### **1.8.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Si se realiza un estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa entonces se utiliza los residuos sólidos urbanos que tiene como disposición final el relleno sanitario de Haqira.

## **1.8.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Con la determinación de la cantidad de energía calorífica de la biomasa entonces se producirá energía eléctrica en el relleno sanitario de Haqira con los residuos sólidos urbanos.

Sera posible determinar la cantidad de energía eléctrica que generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresen a diario en el relleno sanitario de Haqira.

Sera posible determinar el impacto ambiental de la central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haqira.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

“Planta Integral de Valorización de Residuos en Sant Adrià de Besòs”: es una planta creada en el año 1975 para el tratamiento integral de residuos sólidos. Esta planta procesa unas 360,000.00 toneladas de residuos sólidos al año. Cuando comenzó el funcionamiento de esta planta el PCI variaba entre 6 y 7 MJ/KG. Hoy en día debido al crecimiento económico los hábitos de la población cambiaron y también los procesos de gestión de residuos sólidos cambiaron de ahí es que el PCI se llegó a incrementar entre 9 y 10 MJ/kg. Debido a este incremento de PCI se hicieron reajustes en el diseño existente. (Zosen, 2016).

La energía térmica que se genera, se realimenta en una caldera para que se produzca vapor sobrecalentado. Con estas mejoras la planta es capaz de producir 31MW de energía eléctrica. Con esto casi el 90% de la energía eléctrica producida de manda a la red de distribución. Además, el vapor extraído se suministra a una planta adjunta donde este calor se distribuye como calefacción para zonas urbanas o también como refrigerante mediante bombas de absorción. (Zosen, 2016).

## **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

### **En la ciudad de Lima tenemos:**

La Central Térmica de Biomasa Callao que utilizará los recursos provenientes de los residuos sólidos urbanos, tendrá una potencia de 2 MW y producirá 14 500 MWh. (OSINERGMIN, 2017)

Esta central genera energía eléctrica a partir del biogás generado por los residuos sólidos urbanos que llegan a diario al relleno sanitario de Huaycoloro. Esta energía generada se distribuye a través de luz del sur la cual está en el sistema interconectado nacional (SEIN).

La central termo eléctrica de Huyacoloro entro en operación el 12 de noviembre del 2011 (Carta COES/DP- 644-2011), con una potencia efectiva de 2,4 MW; posteriormente, el 29 diciembre del 2011, mediante Carta COES/DP-847-2011.

### **En la ciudad de Puno tenemos:**

Diseño de una central eléctrica de biomasa conectado a la red eléctrica puno, en el cerro de Cancharani - departamento de puno.

Jorge Paul Ortiz Núñez en el año 2017 en su trabajo de tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista titulado diseño de una central eléctrica de biomasa conectado a la red eléctrica puno, en el cerro de Cancharani – Departamento de Puno, cuyo objetivo general fue el diseño a nivel conceptual de una central eléctrica de biomasa conectada a la red, mediante la combustión de biogás procedente de los residuos sólidos urbanos.

### **2.1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Ante la imperiosa necesidad de generar energía eléctrica con materia prima a costos reducidos, se toma en cuenta que los residuos sólidos urbanos también pueden competir como materia prima de otras que se utilizan en el proceso de generación de energía eléctrica.

De los problemas que hay con el manejo de los residuos sólidos urbanos en la ciudad del cusco, es la disposición final de estos ya que es común ver que, aunque haya un sistema apropiado de recolección de residuos sólidos, las personas llevan sus residuos a los ríos, quebradas y espacios públicos en general. (cusco, 2021)

El problema de los residuos sólidos siempre está presente y tiende a agravarse como consecuencia del crecimiento acelerado de la población y la concentración de las áreas urbanas, de los cambios de hábitos de consumo y otros factores que producen contaminación en nuestro medio ambiente con el consecuente deterioro de los recursos naturales. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019).

Ante esta situación, es imprescindible que los municipios afronten la gestión de los residuos sólidos generados en sus localidades, teniendo en cuenta, entre otras consideraciones; el nivel de educación ambiental de la comunidad, capacidad de pago por la prestación por el servicio de limpieza las implicancias que acarrear la mezcla de residuos con su probable mercado, la complementariedad de los servicios de tratamiento y disposición final y el costo inherente a los procesos que conllevan la recolección, transporte, tratamiento y disposición final (MINSA, 2008).

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

#### **2.2.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS**

Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido que al no ser manejadas de una forma adecuada pueden causar riesgos de salud y contaminación ambiental. Dichos residuos provienen de la generación de bienes y de las actividades de consumo de las personas. (INEI, 2019)

#### **2.2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Para efectos de la Ley N° 27314 (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314) los residuos sólidos se clasifican según su procedencia u origen:

- Residuos domiciliarios. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)
- Residuos comerciales. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)
- Residuos de limpieza de espacios públicos. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)
- Residuos de establecimiento de atención a la salud. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)
- Residuos industriales. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)
- Residuos de las actividades de la construcción. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)
- Residuos agropecuarios. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)

- Residuos de instalaciones o actividades especiales. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)

### **2.2.1.3 RESIDUOS DE ORIGEN ANIMAL**

Son desechos orgánicos obtenidos de la actividad ganadera como son el estiércol animal, aguas residuales humanas, etc. los cuales mediante un proceso adecuado se pueden convertir en fuente de energía. (ECODAS, 2002)

### **2.2.1.4 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**

Los residuos agroindustriales son aquellos generados en los establecimientos de procesamiento de productos agrícolas. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314)

## **2.2.2 LA BIOMASA**

La biomasa es un tipo de energía renovable generada a partir de la combustión de materia orgánica, la cual se origina a partir de diferentes procesos que suceden en el día a día. (SANTANDER, s.f.)

La biomasa es una forma de producción de energía más barata, renovable y sostenible debido a su forma de combustión. (CEUPE, s.f.)

La biomasa es la producción de combustible a partir de materias primas orgánicas, más comúnmente astillas y pellets, aunque a menudo se anuncia como el futuro de la producción de energía. (daily, s.f.)

### **2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA BIOMASA**

La biomasa se considera la energía renovable más antigua del mundo desde que la humanidad descubrió el fuego. Este término se refiere al uso de material biológico con el fin de producir energía, sin embargo, no fue hasta los años 70 cuando se empezó a hablar de la biomasa como concepto en materia de desarrollo sostenible frente a otros compuestos de origen fósil. (CEUPE, s.f.)

### **2.2.4 TIPOS DE BIOMASA**

La biomasa se puede clasificar en tres grandes grupos: (endesa, s.f.)

- Biomasa natural. (endesa, s.f.)
- Biomasa residual. (endesa, s.f.)
- Biomasa producida. (endesa, s.f.)

#### **2.2.4.1 BIOMASA NATURAL**

Es aquella biomasa que se genera en la naturaleza sin la necesidad de la intervención del hombre. El inconveniente principal de este tipo de biomasa es la adquisición y transporte de este recurso desde su lugar de origen hasta el lugar de utilización. Este tipo de uso puede causar que la explotación de este tipo de biomasa sea económicamente inviable. (CERTILIA, s.f.)

#### **2.2.4.2 BIOMASA RESIDUAL**

Este tipo de biomasa surge del resultado de cierto tipo de actividades humanas, esta clase de biomasa se subdivide en dos tipos: (SANTANDER, s.f.)

➤ **Biomasa residual seca:**

Este tipo de biomasa se origina en las actividades agrícolas y forestales en las industrias, como son los restos de las podas de frutales, aserrín, cascaras de frutos secos, etc. (SANTANDER, s.f.)

➤ **Biomasa residual húmeda:**

Este tipo de biomasa se genera a partir de vertidos biodegradables ya sean aguas residuales urbanas, residuos ganaderos, basura orgánica la cual se genera en los domicilios o excrementos de los animales en las ganaderías. (SANTANDER, s.f.)

### **2.2.4.3 BIOMASA PRODUCIDA.**

Este tipo de cultivo se produce con la finalidad exclusiva de producir biomasa susceptible de ser transformada. Algunos ejemplos pueden ser los cultivos de cereales, remolacha, chopo, sauce, patata, etc. (CERTILIA, s.f.)

## **2.2.5 BENEFICIOS Y VENTAJAS DE LA BIOMASA**

### **2.2.5.1 BENEFICIOS DE LA BIOMASAS**

Es una fuente de energía renovable y abundante ya que siempre hay madera, residuos sólidos o basura orgánica. A su vez es poco contaminante y reduce la dependencia de los combustibles fósiles, con lo cual se contribuye a reducir los efectos del cambio climático y mejorar la calidad del aire. (SANTANDER, s.f.)

### 2.2.5.2 VENTAJAS DE LA BIOMASA

Las ventajas de uso de la biomasa son:

➤ **Eco sostenible:**

Ecosostenible porque debido al reúso y la conversión de los residuos orgánicos, se puede potenciar la utilidad de los mismos residuos orgánicos. Por lo tanto, es posible aminorar la descomposición perjudicial de la biomasa. (CEUPE, s.f.)

➤ **Atenuar tensiones:**

Con la preocupación del gasto de los combustibles fósiles hay preocupación en el uso de energías convencionales, la biomasa representa una alternativa limpia para sustituir el combustible fósil. (CEUPE, s.f.)

➤ **Recurso de bajo costo y accesible:**

Debido al continuo aumento del consumo energético de las energías tradicionales las fuentes renovables son una opción cómoda y de poca inversión que permite la dosificación de energía eléctrica. (CEUPE, s.f.)

➤ **Suministro energético garantizado:**

El uso de la biomasa es un tipo de energía limpia la cual puede programarse y crearse para que tenga las condiciones de ser potenciada el uso de este recurso renovable. (CEUPE, s.f.)

➤ **No expone la permanencia de los seres vivos:**

Al ser una alternativa que contribuye a aminorar el riesgo de cambio climático ya que esta energía es limpia. (CEUPE, s.f.)

### **2.2.5.3 VENTAJAS ENERGÉTICAS**

- Esta energía es menos contaminante que otras fuentes de energía. (OVACEN, s.f.)
- Es una energía abundante. (OVACEN, s.f.)
- Es un importante sustituto de los combustibles fósiles convencionales. (OVACEN, s.f.)
- También se puede utilizar para la generación de electricidad. (OVACEN, s.f.)
- Es una energía renovable ya que proviene de residuos sólidos urbanos y naturales. (OVACEN, s.f.)

### **2.2.5.4 VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES**

Las ventajas medioambientales son:

- ❖ Es una fuente de energía inagotable, contamina muy poco el medio ambiente y apenas afecta a la capa de ozono y también hay un gran excedente de biomasa. (FOUNDATION, s.f.)
- ❖ Como una energía renovable, reduce el uso de los combustibles fósiles y también reduce la contaminación que estos producen. (FOUNDATION, s.f.)

- ❖ Favorece la limpieza de los montes, también la disminución de gases de efecto invernadero y la limpieza de los botaderos. (FUNDATION, s.f.)
- ❖ Su uso es mucho más barato que otras fuentes de energía convencionales con un aproximado de cuatro veces menos costoso. (FUNDATION, s.f.)

#### **2.2.5.5 VENTAJAS ECONÓMICAS**

Este tipo de energía es muy barata y rentable ya que favorece la reutilización gracias a la economía circular, con lo que damos una segunda vida a toda clase de productos usados. También es inagotable, debido al excedente de biomasa en el planeta y contribuye al mantenimiento de espacios naturales. (ENDESA, <https://www.endesa.com/>, s.f.)

- ❖ Producción de energía eléctrica. (ENDESA, <https://www.endesa.com/>, s.f.)
- ❖ Producción de energía calorífica. (ENDESA, <https://www.endesa.com/>, s.f.)
- ❖ Producción de bioabonos de alta calidad. (ENDESA, <https://www.endesa.com/>, s.f.)
- ❖ Beneficios micro económicos a través de la sustitución de energía y fertilizantes. (ENDESA, <https://www.endesa.com/>, s.f.)
- ❖ Desplazamiento de las energías fósiles ya que el costo es cuatro veces menor que la de petróleo. (ENDESA, <https://www.endesa.com/>, s.f.)

### **2.2.5.6 VENTAJAS SOCIOECONÓMICAS**

Las ventajas socioeconómicas del uso de la biomasa son:

- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles. (UVA.ES, s.f.)
- Favorece el desarrollo del mundo rural y supone una oportunidad para el sector agrícola, abriendo oportunidades de negocios a las agroindustriales y favorece la investigación y el desarrollo tecnológico. (UVA.ES, s.f.)
- Evita la contaminación ambiental. (UVA.ES, s.f.)
- Reduce significativamente las emisiones de dióxido de carbono. (UVA.ES, s.f.)
- El aprovechamiento de algunos tipos de biomasa (principalmente la forestal y los cultivos energéticos) contribuyen a la creación de puestos de trabajo. (UVA.ES, s.f.)

### **2.2.6 ENERGÍA A PARTIR DE LA BIOMASA**

La biomasa puede ser quemada directamente para producir calor, también se puede convertir en un gas llamado biogás o en biocombustibles líquidos como el etanol. (INGEOEXPERT, 2019)

Estos combustibles, a su vez, pueden ser quemados para obtener la denominada energía de la biomasa. (INGEOEXPERT, 2019)

La transformación de la biomasa puede hacerse a través de cuatro procesos básicos mediante los que puede transformarse en calor y electricidad: (RENOVABLES, s.f.)

#### **2.2.6.1 COMBUSTIÓN**

Este proceso es utilizado para la producción de calor industrial o para la generación de energía eléctrica, en el cual se somete a la biomasa a altas temperatura con exceso de oxígeno. (RENOVABLES, s.f.)

#### **2.2.6.2 PIROLISIS**

Es cuando se somete la biomasa a grandes temperaturas (alrededor de 500°C) sin presencia de oxígeno. Este tipo de transformación se utiliza para producir carbón vegetal y también para obtener combustibles líquidos semejantes a los hidrocarburos. (RENOVABLES, s.f.)

#### **2.2.6.3 GASIFICACIÓN**

Es cuando se somete a la biomasa a muy altas temperaturas en presencia de cantidades limitadas de oxígeno, las cuales son necesarias para conseguir así una combustión completa. (RENOVABLES, s.f.)

#### **2.2.6.4 DIGESTIÓN ANAERÓBICA**

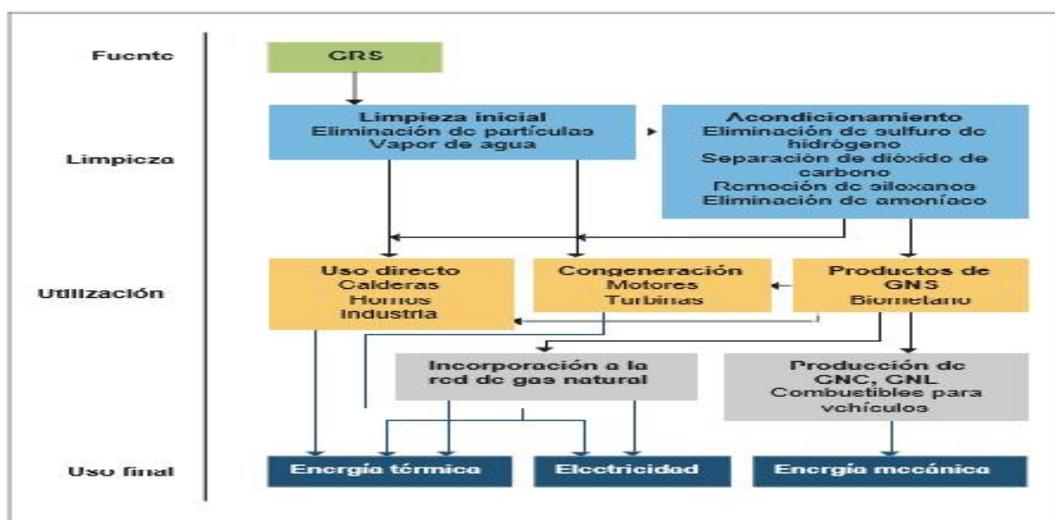
La digestión anaeróbica de residuos sólidos en bajas concentraciones es un proceso biológico en donde se fermentan los residuos orgánicos en concentraciones de sólidos iguales o menores que el 4% al 8%. (UNIANDÉS, s.f.)

## 2.2.7 PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO BIOGÁS DE RELLENOS SANITARIOS

Los biogases de los rellenos sanitarios se producen por la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos urbanos depositados en los rellenos sanitarios. Su generación depende del tiempo transcurrido desde su disposición también de la composición de los RSU (residuos sólidos urbanos) y de variables meteorológicas como la temperatura del ambiente y la humedad. (UAEM.MX, 2022)

El biogás de los rellenos sanitarios puede utilizarse como fuente de energía térmica, para la generación de electricidad o para la producción de combustible de alto poder calorífico (biometano), tal como se ve en la Figura 1. (DESARROLLO, 2017)

Figura 1: Tratamiento y Usos del Biogás, Gas de Residuos Sólidos (GRS)



Fuente: (Dudek et 2010)

La mayoría de los proyectos en operación utilizan motores de combustión interna (reciprocantes), turbinas y micro turbinas. Las cuales pueden ser utilizadas

en los rellenos sanitarios. (INSTITUTO SUPERIOR POLITECNICO JOSE ANTONIO ECHEVARRIA, 2022)

Ciertas tecnologías como motores Stirling o motores de Ciclo Orgánico Rankine y celdas de combustible están aún en una fase de desarrollo y demostración (Goldstein, 2006)

Las aplicaciones de cogeneración están aumentando a nivel global, ya que proveen mayor eficiencia energética pues además de generar electricidad utilizan el calor recuperado; para esta tecnología se utilizan generalmente motores de combustión interna, turbinas de gas, o micro turbinas, mientras que es menos común la generación de electricidad a través de sistemas caldera-turbina de vapor ya que resultan más eficientes en proyectos de producción de electricidad de mayor escala (USEPA, 2006).

Los motores reciprocantes de combustión interna son los más utilizados ya que presentan alta eficiencia en comparación con las turbinas de gas y micro turbinas (LMOP, 2015).

La eficiencia de estos motores varía entre 25 y 35% aunque se pueden alcanzar mayores rendimientos con la aplicación de la cogeneración, cuando se recupera el calor residual que puede ser utilizado para otras aplicaciones. (LMOP, 2015)

### **2.2.8 PRE - FACTIBILIDAD**

Los estudios de pre factibilidad son un análisis de la fase inicial de un posible proyecto. Este análisis lo lleva a cabo un pequeño equipo y están preparados para

dar la información que la empresa necesita para dar luz verde a un proyecto y elegir entre posibles inversiones. (QUESTIONPRO)

Un estudio de pre factibilidad suele ofrecer una visión de la logística de un proyecto, las necesidades de capital, los principales retos y otra información que se considera importante para el proceso de la toma de decisiones. (QUESTIONPRO)

Si el escenario seleccionado se considera factible, se recomienda continuar el estudio de viabilidad para obtener un análisis más profundo del escenario del proyecto seleccionado (questionpro, s.f.).

### **2.2.9 CENTRAL TÉRMICA**

Una central térmica (o termoeléctrica) es una instalación en la que se transforma la energía química de los combustibles fósiles en energía eléctrica. (TODOLUZYGAS)

El esquema de funcionamiento de todas es prácticamente el mismo, independientemente de que utilicen carbón, fuel o gas como combustible. (TODOLUZYGAS)

De forma resumida se puede decir que la producción de energía eléctrica en la central térmica pasa por los siguientes pasos: (TODOLUZYGAS)

1. El combustible (petróleo, gas natural o carbón) se quema en una caldera para obtener calor (energía térmica). (TODOLUZYGAS)

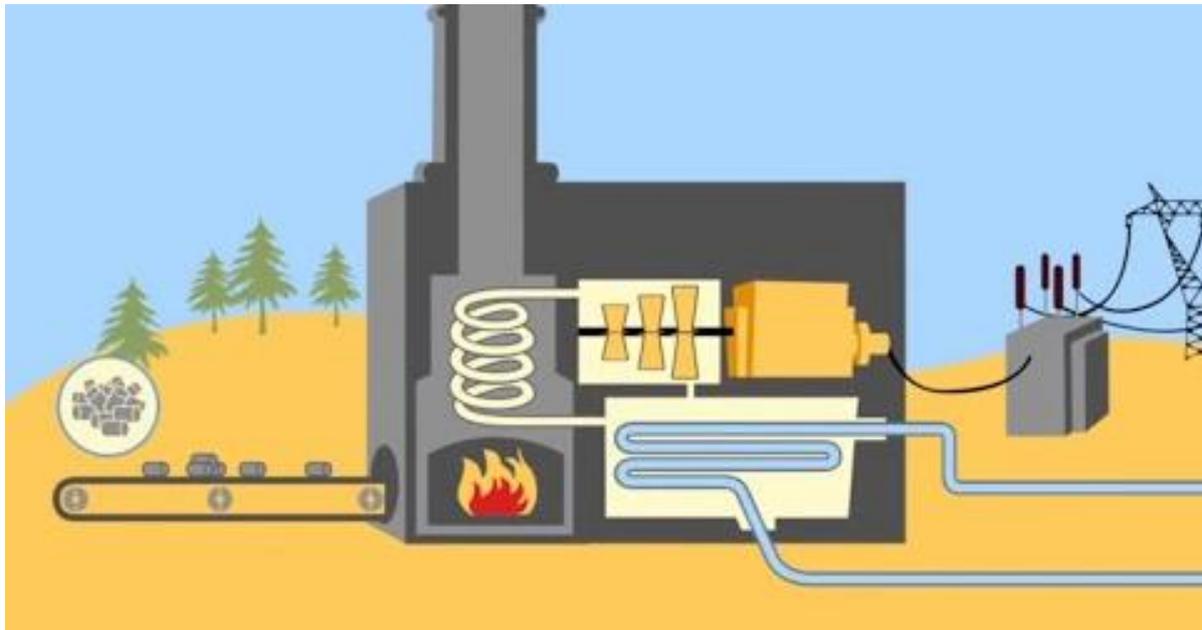
2. A partir de esa energía calorífica, el agua, que sube por la caldera a través de un serpentín, se calienta y se va transformando en vapor de agua a alta presión. (TODOLUZYGAS)
3. El vapor de agua se libera y acciona las palas de la turbina, que convierte esa energía térmica (calor) en energía mecánica de rotación, la cual a su vez hace girar el alternador. (TODOLUZYGAS)
4. El alternador o generador de corriente alterna transforma la energía mecánica de rotación en energía eléctrica, que se vierte en la red. (TODOLUZYGAS)
5. La corriente eléctrica se genera a partir de unos 20 000 voltios y se pasa a los transformadores para elevar la tensión hasta unos 400 000 voltios, para su posterior traslado hasta los puntos de consumo. (TODOLUZYGAS)

Así, la principal característica de una central térmica es que la energía necesaria para mover las turbinas, y, por tanto, poner en marcha el generador de electricidad, se obtiene a partir del vapor a presión liberado al calentar el agua de su sistema (todoluzygaz, 2022).

#### **2.2.9.1 CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA**

Una central eléctrica de biomasa es una instalación industrial diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos, como restos forestales, de la industria forestal y agrícola, cultivos energéticos, entre otros. A continuación se describen los principales elementos y el funcionamiento de una central eléctrica de biomasa, basándonos en la información proporcionada por diversas fuentes.

Figura 2: Esquema de una central de biomasa.



Fuente: Google-internet

### **Principio de funcionamiento**

Una central eléctrica de biomasa aprovecha la energía química contenida en la biomasa para generar electricidad. El proceso implica la transformación de la energía calorífica producida en un foco en energía mecánica rotatoria mediante una turbina y posteriormente en energía eléctrica a través de un generador.

### **Componentes principales**

A.- Combustión de Biomasa: La biomasa se quema con aire para generar calor, el cual se utiliza para calentar agua y producir vapor. Este vapor mueve una turbina conectada a un generador que produce electricidad.

B.- Turbina de Vapor: el vapor generado en la caldera se dirige hacia la turbina de vapor, en la turbina la fuerza de impulso del vapor mueve un conjunto de alabes que están conectadas al eje y producen la fuerza mecánica la cual está conectada al generador eléctrico para producir energía eléctrica.

C.- Generador: Se utiliza normalmente el generador síncrono sin saliencia de dos polos, debido a la alta velocidad de las turbinas de vapor, sin embargo pueden ser opcionales. El generador utiliza la fuerza mecánica producida por la turbina expresada en el par y la velocidad, para luego ser transformada a energía eléctrica y su correspondiente uso externo.

### **Proceso de Transformación**

A.- Gasificación: La biomasa se descompone utilizando calor sin oxígeno, produciendo gases que pueden ser utilizados para generar calor, vapor o electricidad.

B.- Fermentación Metánica: La materia orgánica se descompone anaeróbicamente, creando biogás que puede ser utilizado para generar electricidad.

C.- Ventajas y Sostenibilidad: La biomasa es considerada una fuente de energía renovable, siempre y cuando su obtención se realiza de forma renovable y sostenible. La producción de energía a partir de la biomasa se considera una opción con cada vez más peso en la transición hacia un modelo energético más sostenible.

En resumen, una central eléctrica de biomasa es una instalación industrial que utiliza recursos biológicos, es decir materiales en desecho sólidos no peligrosos, los

cuales ya fueron seleccionados, luego a través de procesos de combustión, generación de vapor y movimiento de turbinas se pueda producir energía eléctrica.

Este enfoque sostenible reduce la acumulación de desechos sólidos, contribuyendo a la diversificación de fuentes de energía renovables y la reducción d emisiones de carbono especialmente en las ciudades.

Figura 3: Esquema de una central de biomasa más detallado.



Fuente: Google-internet

“El vapor de agua así generado (el combustible que se queda procede de la biomasa) mueve la turbina conectada a un generador (alternador), lo que produce la electricidad. Las centrales térmicas convencionales utilizan la energía solar atrapada por la fotosíntesis, acumulada en los tejidos de plantas y animales para producir electricidad. Se trata de compuestos de carbono e hidrogeno, muy reactivos con el oxígeno, que produce gran cantidad de calor al quemarse.

La mayoría de las centrales térmicas queman combustibles fósiles, producto de la descomposición y almacenamiento en las capas geológicas de plantas y animales que vivieron hace millones de años. Estos combustibles como el carbón, petróleo y gas natural tienen un poder calorífico muy variable según el tipo de yacimiento del que son extraídos y la época en que este se formó. Otras centrales térmicas funcionan quemando biomasa viva, es decir, madera leña y residuos agrícolas.

Otras pueden funcionar recuperando la energía contenida en materiales de alto poder calorífico presentes en los residuos urbanos, principalmente plásticos, papel y cartón. También es posible emplear el gas metano que produce la descomposición de la materia orgánica en los vertederos, o incluso de las deyecciones (purines) del ganado.

Sea cual sea el combustible utilizado, todas las centrales térmicas, así como las nucleares, comparten el mismo proceso básico basado en un circuito de vapor. Y coinciden con las centrales “atmosféricas” en producir electricidad mediante el uso de turbinas conectadas a generadores de corriente”. (Tecnolygy-Alexa, 2010)

### **2.2.9.2 EL GENERADOR SÍNCRONO**

Las componentes constructivas del equipo generador síncrono son generalmente el sistema de excitación, el rotor o campo y el estator o armadura. El sistema de excitación es externo y lo constituye un generador de corriente continua y se interconectan con el generador síncrono mediante el conjunto de anillos rasantes y escobillas; por otra parte, también el sistema puede ser un sistema de excitación sin escobillas. (Thaler-Wilcox, 1991)

El rotor es de dos tipos, el primero es de polos sin saliencia o denominado también cilíndrico y el de polos salientes o con saliencia, el esquema se muestra en la siguiente figura. (Thaler-Wilcox, 1991)

Figura 4: Rotor cilíndrico.

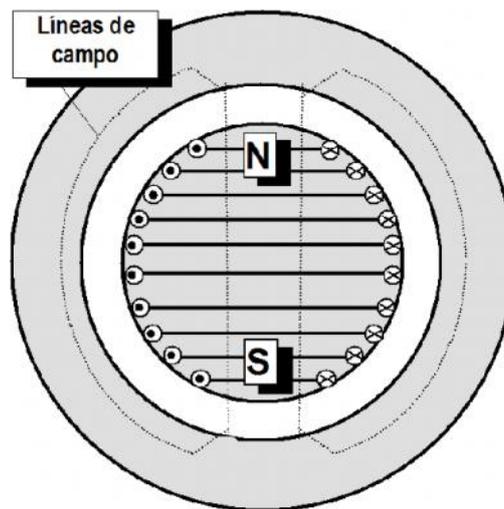
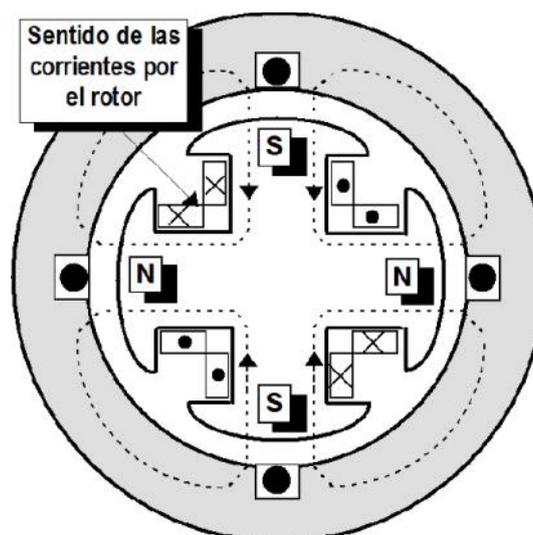


Figura 5: Rotor de polos salientes



Fuente: <http://www.dimie.uniovi.es>

El rotor cilíndrico se utiliza en grupos de generación de “alta velocidad” aquellos que utilizan turbinas de gas o de vapor con velocidades de 3600 rpm y 1800 rpm a 60 Hz; constructivamente respecto a sus dimensiones, la longitud axial (L) es mayor que el diámetro (D), el número de polos es 2 y 4, siendo el primero el más usual que el segundo. (Thaler-Wilcox, 1991)

La distribución del flujo en el entrehierro es más “uniforme” y de forma más próxima a la sinusoidal de tal forma que se reduce la presencia de armónicas en las tensiones y las corrientes. El devanado o conductor esta mejor distribuida en el entorno de la superficie del rotor y los efectos de la viscosidad del aire o ruido audible son menores. (Thaler-Wilcox, 1991)

La alimentación del devanado del rotor o de campo (f) es con señal de corriente continua (DC), en algunos casos es lograda mediante el uso de generadores compuestos de corriente directa o sistemas de rectificación CA a DC (puente de tiristores), denominados excitatrices estáticas. El número de polos (P), la velocidad síncrona ( $W_{sin}$ ) y la frecuencia están expresados por la ecuación siguiente: (Thaler-Wilcox, 1991)

$$W_{sin} = \frac{120 * f}{P}$$

La distribución del flujo en el entrehierro no es precisamente “uniforme” debido a la presencia de los polos, es por esta razón que se consideran las reactancias síncronas  $X_d$  ( eje directo) y  $X_q$  (eje en cuadratura), en este tipo de rotor de polos

salientes existe mayor probabilidad de la presencia de armónicas en las tensiones y las corrientes. (Thaler-Wilcox, 1991)

En general el estator del generador síncrono conocido como también como armadura contiene a los devanados distribuidos trifásicos inducidos y que normalmente están conectados en estrella y con neutro; una formula general que explica la relación entre el flujo (  $\Phi$  ) producido por el campo (f), la velocidad de giro del rotor ( $\omega_r$ ) y las constantes de diseño (K) está indicada por la ecuación mostrada. (Thaler-Wilcox, 1991)

$$e(t) = K * \Phi * N * \omega_r$$

Un diagrama fasorial que incluye los fasores de voltaje, corriente y encadenamiento de flujo facilitan el análisis del comportamiento de una maquina síncrona de estado estable. Con el objeto de relacionar a la fase del encadenamiento del flujo al voltaje que resulta de su variación en el tiempo es necesario establecer convenciones respecto al signo de los voltajes inducidos en un generador. (Thaler-Wilcox, 1991)

La tensión inducida en la bobina y el factor de paso también pueden expresarse mediante las siguientes ecuaciones:

$$E_{bobina} = \frac{2\pi f N_{bobina} K_p \Phi}{\sqrt{2}} = 4.44 f K_p N_{bobina} \Phi$$

$$K_p = \text{sen} p \frac{\pi}{2}$$

Donde:

$K_p$  = Factor de Paso

$N$  = Numero de Espiras

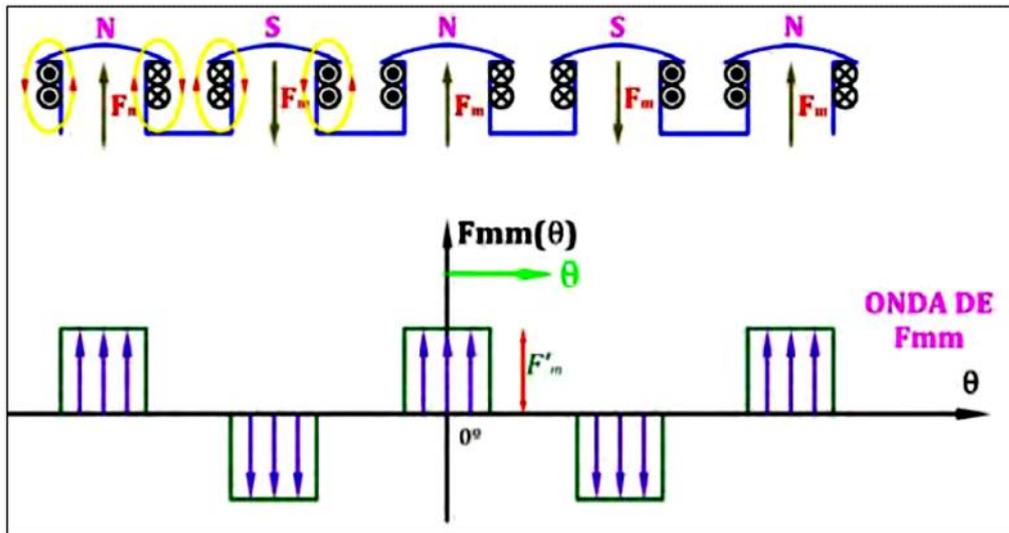
$\emptyset$  = Flujo de Campo

La estructura constructiva del estator tiene un núcleo en el cual están troqueladas un determinado número de ranuras y dientes en la superficie interna, las ranuras contienen a los devanados aislados adecuadamente, mientras que los dientes son los conductores del flujo magnético provenientes del campo (f) y la armadura (a), el núcleo se construye de material magnético laminado el cual también es aislado para reducir las pérdidas por corrientes parasitas. (Thaler-Wilcox, 1991)

Las componentes del estator d la maquina síncrona, se aprecia la doble capa y el paso fraccionario, en la parte externa del núcleo están los canales de ventilación y luego la carcasa de sujeción que viene a ser el soporte de las tapas las mismas que contiene a los rodamiento encargados de mantener un entrehierro simétrico entre el núcleo del rotor y el núcleo del estator. (Thaler-Wilcox, 1991)

Debido a la presencia de las reluctancias en el rotor por la presencia de los polos de material magnético y la zona de interpolos, se presentan dos reactancias síncronas uno denominado en el eje directo ( $X_d$ ) y en el otro en el eje en cuadratura ( $X_q$ ). La figura muestra la zona de interpolos y su relación grafica con la fuerza magnetomotriz. (Thaler-Wilcox, 1991)

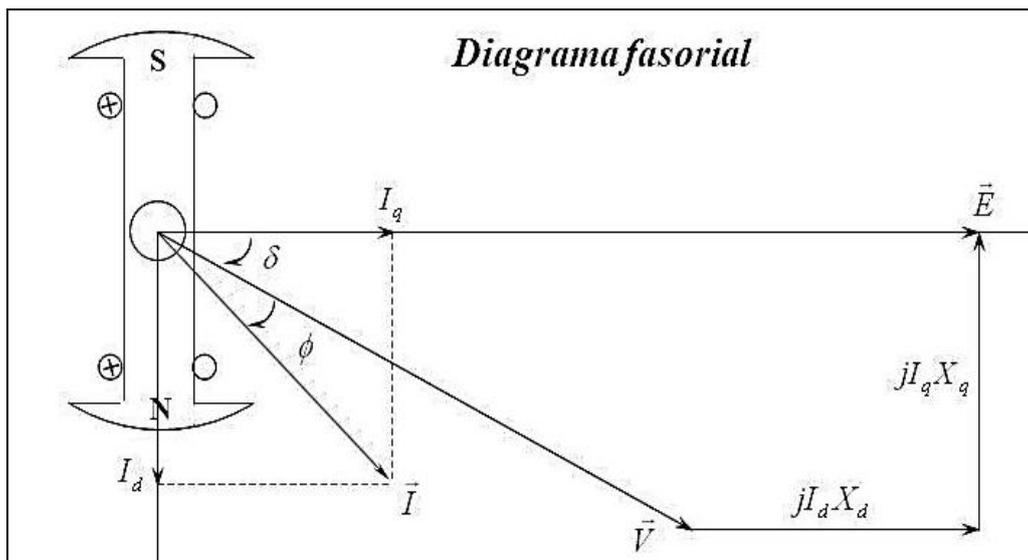
Figura 6: Grafica de los polos salientes linealizados



Fuente: implementación y análisis de la curva de compatibilidad, Raúl Castillo Haro.

Por otra parte, el diagrama fasorial despreciando el valor de la resistencia de armadura ( $R_a$ ) es mostrado en la siguiente figura.

Figura 7: Diagrama fasorial del generador síncrono con rotor de polos salientes.



Fuente: Gómez Palacio, Durango. Modelado del generador síncrono.

Las ecuaciones de potencia activa (P) luego de un proceso de remplazo y degradación para este caso son:

$$P = \frac{VE}{X_d} \text{sen}\delta + \frac{V^2}{2} \left( \frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \text{sen}(2\delta)$$

Luego el Par en el eje será:

$$T_r = \frac{P}{W_r} = \frac{VE}{X_d W_r} \text{sen}\delta + \frac{V^2}{2 W_r} \left( \frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \text{sen}(2\delta)$$

Si se desea realizar una equivalencia con el rotor liso o cilíndrico se considera una reluctancia luego se cumple que:

$$X_d = X_q = X_s$$

La potencia Reactiva Q de una maquina síncrona de polos salientes será:

$$Q = \frac{VE}{X_d} \text{cos}\delta + \frac{V^2}{2} \left( \frac{X_d - X_q}{X_d X_q} \right) \text{cos}(2\delta) - \frac{V^2}{2} \left( \frac{1}{X_d} + \frac{1}{X_q} \right)$$

El término  $\frac{VE}{X_d} \text{cos}\delta$  es la potencia reactiva total generada internamente en la

máquina, el termino  $\frac{V^2}{2} \left( \frac{X_d - X_q}{X_d X_q} \right) \text{cos}(2\delta)$  es la potencia reactiva que la maquina

consume en el eje transversal (eje q) para su funcionamiento. Luego la diferencia entre el primer término y los términos restantes es la potencia reactiva que la maquina síncrona suministra al exterior. (Thaler-Wilcox, 1991)

### **2.2.9.3 EL REGULADOR DE VELOCIDAD**

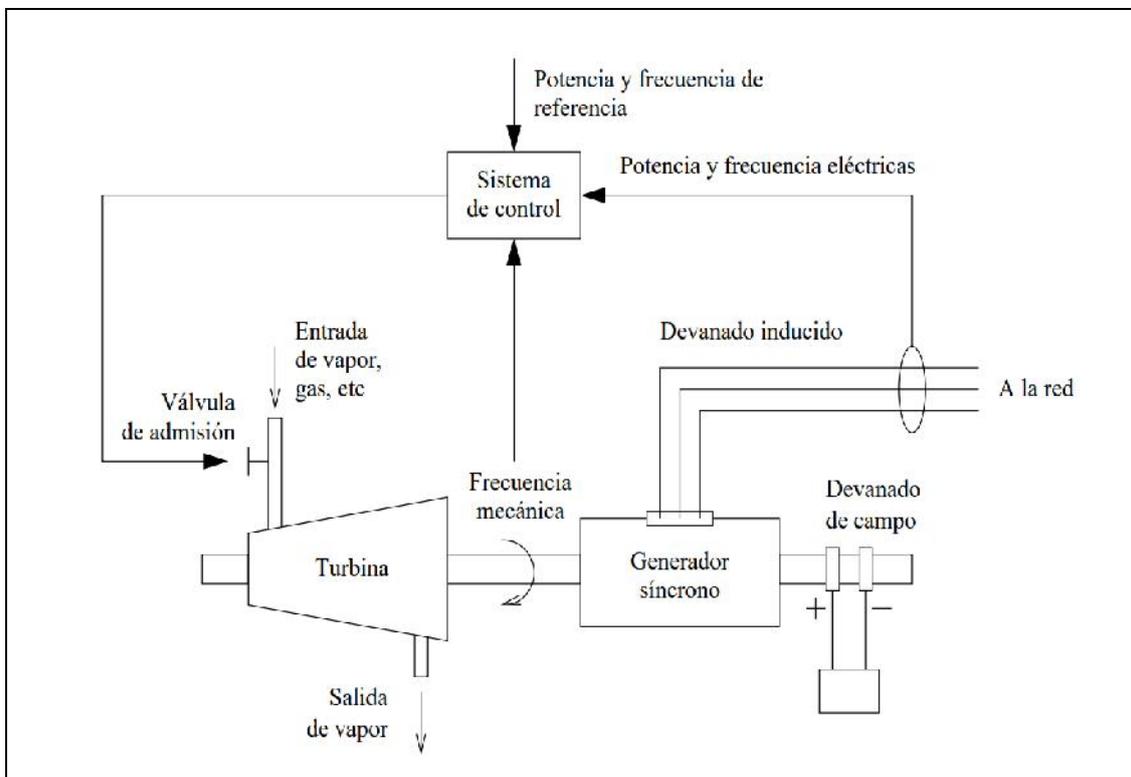
En el sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) se tiene permanentes cambios en la demanda de energía, este hecho implica constantes cambios en la variable mecánica del generador, especialmente en el par y la velocidad, consiguientemente el generador cuenta con los mecanismos de regulación que puedan adaptar en todo momento la generación al consumo o la demanda. En esas condiciones la variación de la velocidad de giro de un grupo generador ante los cambios en el consumo proporciona una referencia para efectuar la regulación. Cuando el consumo aumenta la velocidad baja, mientras que si disminuye la velocidad aumenta, esto va a proporcionar un buen mecanismo de control. Al control de velocidad realizado en cada grupo generador se le denomina regulación primaria de velocidad. (Thaler-Wilcox, 1991)

Existe una secuencia lógica de dependencia entre las variables de generación, la velocidad de la turbina es la misma que la del generador considerado que ambos comparten el mismo eje, luego la velocidad determina la frecuencia del generador y la carga. (Thaler-Wilcox, 1991)

Cuando la carga en el sistema se incrementa, el generador tiende a frenarse por consiguiente solicitara mayor par a la turbina para equilibrar el balance de energía, en esas condiciones es necesario conocer los pares intervinientes como es el par electromagnético, las pérdidas mecánicas, las pérdidas por fricción viscosa

principalmente. La figura muestra las diferentes etapas que intervienen en la regulación de velocidad, el sistema de control que realiza el censado de la frecuencia de la red que también está validado por la velocidad en el eje de tal forma que cualquier variación implica un inmediato funcionamiento del sistema de admisión que controla el ingreso del insumo en el caso de referencia el agua en forma de energía cinética. (Thaler-Wilcox, 1991)

Figura 8: Esquema de control de velocidad del grupo de generación.



Fuente: Regulación de frecuencia y potencia (Pablo Ledesma)

La válvula de admisión de la turbina en este caso de las turbinas a vapor, permite regular el flujo del vapor y por consiguiente la potencia mecánica entregada al generador síncrono. Como es posible apreciar en la figura precedente existe dos consignas o variables que considera el sistema de control de velocidad: la velocidad

y la frecuencia; otra consigna o variable considerada es la potencia solicitada por el sistema y como ya se indicó estas actúan en el control de la válvula de admisión a la turbina o en los alabes directrices de la turbina. (Thaler-Wilcox, 1991)

Con la finalidad de cumplir con los objetivos del control de velocidad–frecuencia también denominada el control de frecuencia-potencia, este control se clasifica en tres niveles denominados: Primario, Secundario y Terciario. Estos niveles básicamente consideran el tiempo de respuesta e involucran un conjunto de variables del grupo de generación y del sistema eléctrico. (Thaler-Wilcox, 1991)

El control Primario se considera el más rápido, actúa entre 2 y 20 segundos, su respuesta incide localmente en cada generador síncrono específicamente en la velocidad de giro, la respuesta de control está limitada por la propia inercia de los generadores. (Thaler-Wilcox, 1991)

El control Secundario actúa entre 20 segundos y 2 minutos, la respuesta de control se realiza atendiendo a la frecuencia y al intercambio de potencia en el sistema.

El control Terciario opera en un tiempo superior a los 10 minutos, actúa en el ámbito de un sistema eléctrico extenso, buscando una distribución de demanda óptimo asegurando suficientemente reservas de energía. (Thaler-Wilcox, 1991)

#### **2.2.9.4 REGULADOR DE TENSIÓN**

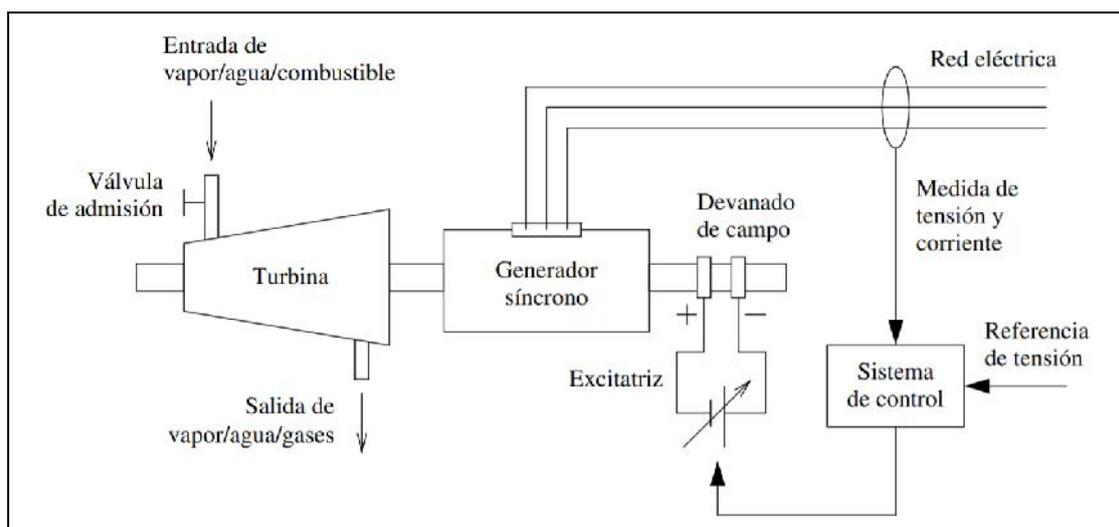
Desde el punto de vista normativo las tensiones generales están normalizados con rangos aceptables, por otra parte, desde el punto de vista operativo valores de tensión menores o mayores causan diversos problemas en la transmisión y

distribución, así como en el funcionamiento de los equipos industriales o domésticos pueden estar expuestos a años. (Thaler-Wilcox, 1991)

La tensión inducida ( $E$ ) en la armadura del alternador entre otras variables depende directamente del flujo ( $\phi$ ) y que a su vez depende de la corriente de CD que circula en los devanados del campo ( $I_f$ ), que es la corriente que ingresa a través de los anillos rozantes y la escobilla desde el generador de CD denominada excitatriz. (Thaler-Wilcox, 1991)

En consecuencia, la tensión en los bornes del alternador ( $E$ ) depende de la corriente ( $I_f$ ) y el regulador de tensión utilizara esta relación para regular los niveles de tensión en la armadura. La figura muestra el esquema del sistema de regulación descrito. (Thaler-Wilcox, 1991)

Figura 9: Esquema del regulador de tensión.



Fuente: Regulación de frecuencia y potencia (Pablo Ledesma).

La excitatriz se encarga de la creación del campo magnético giratorio mediante la aplicación de una corriente continua en el devanado de campo o devanado del rotor de polos salientes del alternador. (Thaler-Wilcox, 1991)

El funcionamiento del sistema de control automático de tensión de la PCH realiza el censado de la tensión en la salida o en los bornes del alternador y lo compara con la tensión de referencia. En esas condiciones si la tensión es demasiado baja, la excitatriz se encarga de incrementar la corriente en el devanado de campo (rotor de polos salientes) para que la maquina genere más potencia reactiva y la tensión en el punto de censado se incremente. (Thaler-Wilcox, 1991)

Si por el contrario, la tensión es demasiado alta, el sistema reduce la corriente que entrega la excitatriz al devanado de campo del rotor en consecuencia la maquina genera menos potencia reactiva y la tensión en la salida del alternador disminuye. (Thaler-Wilcox, 1991)

Existe distintas técnicas para excitar el rotor de un generador síncrono: la corriente continua puede generarse mediante un generador de corriente directa y luego transmite al rotor mediante un sistema de escobilla y anillos rozante, o puede generarse desde un dispositivo enclavado en el mismo rotor utilizado para la rectificación puentes de semiconductores y para el arranque se aprovecha la densidad de flujo remanente del alternador, caso contrario se hace uso del banco de baterías para el arranque y un sistema de rectificación por la misma red en circuito cerrado. (Thaler-Wilcox, 1991)

## **2.3 BASES LEGALES**

### **2.3.1 LEY N° 28611 (Ley General del Ambiente).**

Artículo I.- Del derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida. Y el deber de contribuir a una gestión efectiva ambiental y de proteger el medio ambiente. También el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible de nuestro país. (ARTICULO I, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005).

Artículo III.- Del derecho a la participación en la gestión ambiental.

Toda persona tiene derecho a participar responsablemente de los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El estado concierta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental. (ARTICULO III, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **2.3.2 GESTIÓN AMBIENTAL**

**En el artículo 13 dice que:**

Este artículo menciona que la gestión ambiental es en forma continua regido por un conjunto de principios estructurados, a administrar los intereses de la vida y del desarrollo integral de la población. (ARTICULO 13, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, gestión ambiental, 2005)

### **En el artículo 25 dice que:**

Acerca de los estudios de impacto ambiental (EIA) los cuales son instrumentos de gestión para la actividad propuesta que ve los efectos directos o indirectos previstos en un medio ambiente físico y social a corto, mediano y largo plazo. También deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a bajos niveles de tolerancia e incluir un informe con un breve resumen del estudio. (ARTICULO 25, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, política nacional del ambiente, 2005)

### **El artículo 36.2 dice que:**

Conforme a un marco normativo y tributario del estado las entidades públicas a nivel nacional en el ejercicio de su función incorporaran instrumentos de carácter económico y tributario a fin de incentivar el cumplimiento de la política nacional ambiental. (ARTICULO 36.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, gestión ambiental, 2005)

### **2.3.3 POBLACIÓN Y AMBIENTE**

La prevención de los riesgos y daños de la salud de las personas es prioritaria en la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas dentro de nuestro territorio nacional y también contribuir con la gestión de nuestro ambiente y minimizar los riesgos de salud de nuestras personas. (ARTICULO 66.1, de la salud ambiental, LEY N° 28611, 2005)

Los planes para el acondicionamiento territorial de los municipios prevean según sea el caso la disponibilidad de fuentes de abastecimiento de agua potable,

así como la localización de zonas para la infraestructura sanitaria también de ver las áreas de amortiguamiento para reducir impactos negativos sobre la salud de las personas, protección frente a desastres naturales y la prevención de riesgos. (ARTICULO 68.1,de los planes de desarrollo, LEY N° 28611, 2005)

#### **2.3.4 EMPRESA Y AMBIENTE**

##### **Artículo 73.- Del ámbito**

De acuerdo a este capítulo las disposiciones son de carácter necesario para los proyectos de inversión, investigación y de toda actividad que genere impactos negativos en nuestro ambiente. (ARTICULO 73.1,del ambito, LEY N° 28611, 2005)

El término “titular de operaciones” empleado en los siguientes artículos de este capítulo incluye a todas las personas ya sean naturales o jurídicas (ARTICULO 73.2,del ambito, LEY N° 28611, 2005)

##### **Artículo 74.- De la responsabilidad general**

Toda persona es responsable de todos los daños que este genere y haya in cambio negativo en nuestro medioambiente, salud y recursos naturales que se dañen a consecuencia de sus actividades. Esta responsabilidad incluye los daños y riesgos ambientales que este genere por acción u omisión. ( LEY GENERAL DEL AMBIENTE, ley N° 28611,2005)

##### **Artículo 75.- Del manejo integral y prevencion en la fuente**

Tenemos dos sub articulos dentro del tema de manejo integral y prevencion en la fuente los cuales son:

En este artículo nos mencionan que los titulares de operaciones debe adoptar prioritariamente medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos, así mismo como las demás medidas de conservación y protección ambiental que corresponda en cada una de las etapas de sus operaciones, bajo el concepto de la vida de los bienes que produzca o los servicios que provea de conformidad con los principios establecidos en el título preliminar de la presente ley y de las demás normas legales vigente. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

En este artículo nos dice que los estudios para los proyectos de inversión a nivel de pre factibilidad y definitivo, a cargo de entidades públicas o privadas, cuya ejecución puede tener impacto en el ambiente deben considerar los costos necesarios para preservar el ambiente de la localidad en donde se ejecutara el proyecto y de aquella que pudieran ser afectadas por este. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 76.- de los sistemas de gestión ambiental y mejora continua.**

En este artículo nos dicen que el estado incentivo a los operadores a tener un correcto sistema de trabajo el cual no afecte de manera significativa al medio ambiente e impulsar de manera continua la mejora de sus niveles de cuidado ambiental. ( LEY GENERAL DEL AMBIENTE, ley N° 28611, 2005)

#### **Artículo 77.- de la promoción de la producción limpia**

Las autoridades tanto nacionales, regionales y locales a través de normativas promueven y difunden la producción limpia en el desarrollo de los proyectos y actividades en general. Con el objetivo de mejorar la eficiencia del uso de los

recursos y reducir los riesgos sobre las personas y el ambiente, para poder lograr un desarrollo sostenible. (ARTICULO 77.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

Las medidas de una producción limpia incluyen el control de los inventarios para así tener un cuidado minucioso de los materiales con los que se realizan las obras. La revisión, mantenimiento de equipos y la tecnología aplicada, métodos y prácticas de producción o reestructuración de los bienes y servicios que uno brinda. (ARTICULO 77.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 79.- de la promoción de normas voluntarias**

La coordinación del estado con los gremios y empresario es para la elaboración de normas voluntarias para tener un mejor desempeño ambiental sin perjuicio del cumplimiento de las normas vigentes. (ARTICULO 79, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 80.- De las normas técnicas nacionales, de calidad y ecoetiquetado**

El estado promueve la estandarización de normas para los procesos de producción, mejorando la calidad ambiental y la prevención adecuada de los riesgos y daños ambientales, así como las prácticas del etiquetado, que salvaguarden a los consumidores. (ARTICULO 80, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 82.- Del consumo responsable**

En este artículo hablamos del consumo racional y sostenible de forma tal que se tiene una mejora del aprovechamiento de nuestros recursos naturales. También menciona que la producción, prestación de servicios y la venta de estos en

condiciones ambientales adecuadas. (ARTICULO 82.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 95.- Bonos de descontaminación**

En este artículo nos menciona que se puede promover la diversidad biológica, la cual está siendo promovida por las autoridades a través de una comisión designada para dar bonos de descontaminación u otros mecanismos alternativos a fin de que esto pueda ser accesible y puedan acceder a los fondos del protocolo de Kioto. De ahí mediante un decreto supremo se crea una comisión nacional. (ARTICULO 95, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **2.3.5 CALIDAD AMBIENTAL**

#### **Artículo 113.- De la calidad ambiental**

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes. (ARTICULO 113.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

Son objetivo de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental.  
(ARTICULO 113.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

- a. preservar, conservar, mejorar y restaurar , según donde corresponda la calidad del agua,aire y conservar los tipos de suelos identificando los factores de riesgo que la afecten. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

- b. prevenir ,restringir y evitar según sea el caso, a todas las actividades que generen efectos negativos en el medio ambiente y en particular cuando ponen en riesgo la salud de las personas. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- c. recuperar la zonas que hayan sido degradadas o deterioradas por la contaminación ambiental. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- d. prevenir , mitigar los riesgos y daños ambientales procedentes del consumo de bienes, especies de flor y fauna. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- e. identificar los factores de riesgo a la calidad ambiental y a sus componentes. ( LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- f. promover el desarrollo de la investigación científica y otros medios para el mejoramiento de la calidad ambiental. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 117.- Del control de emisiones**

El control de las emisiones se realiza a través de los LMP y demás instrumentos de gestión establecidos por las autoridades competentes. (ARTICULO 117.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

La infracción de los LMP es sancionada de acuerdo con las normas correspondientes a cada autoridad sectorial competente. (ARTICULO 117.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **Artículo 118.- de la protección de la calidad de aire**

Todas las autoridades según sea sus atribuciones adoptan medidas para la prevención y control ambiental y epidemiológico a fin de asegurar y recuperar la calidad del aire, según sea el caso. Debiendo aplicarse planes de contingencias para la prevención o mitigación de los riesgos y daños sobre la salud y el ambiente. (ARTICULO 118, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **Artículo 119.- Del manejo de los residuos solidos**

En el artículo nos indica que el manejo, gestión de residuos sólidos distintos son responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final bajo condiciones seguras de control para su manejo. (ARTICULO 119.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **Artículo 122.- Del tratamiento de los residuos liquidos**

Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales. (ARTICULO 122.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

El sector vivienda, construcción y saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos en coordinación con las entidades competentes. (ARTICULO 122.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente

autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia. (ARTICULO 122.3, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **2.3.6 TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

#### **Artículo 123.- De la investigación ambiental, científica y tecnológica**

La investigación científica y tecnológica está orientada, en forma prioritaria, a proteger la salud ambiental, optimizar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y a prevenir el deterioro ambiental, tomando en cuenta el manejo de los fenómenos y factores que ponen en riesgo el ambiente; el aprovechamiento de la biodiversidad, la realización y actualización de los inventarios de recursos naturales, la producción limpia y la determinación de los indicadores de calidad ambiental. (ARTICULO 123, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

#### **Artículo 124.- Del fomento de la investigación ambiental científica y tecnológica**

Corresponde al estado y a las universidades públicas y privadas en cumplimiento de sus respectivas funciones y roles, promover: (ARTICULO 124.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

- a. la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

- b. la investigación y sistematización de las tecnologías tradicionales. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005).
- c. La generacion de tecnologias ambientales. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005).
- d. La formacion de capacidades humanas ambientales en la ciudadania. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005).
- e. El interes y desarrollo por la investigacion sobre temas ambientales en la niñez y juventud. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- f. La transferencia de tecnologias limpias.(LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- g. La diversificacion y competitividad de la actividad pesquera, agrarias, forestal y otras actividades economicas prioritarias. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

El estado a través de los organismos competentes de ciencia y tecnología, otorga preferencia a la aplicación de recursos orientados a la formación de profesionales y técnicos para la realización de estudios científicos y tecnológicos en materia ambiental y el desarrolla de tecnologías limpias, principalmente bajo el principio de prevención de contaminación. (ARTICULO 124.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

## **Artículo 127.- De la política Nacional de Educación**

### **Ambiental**

La educación ambiental se convierte en un proceso educativo integral, que se da para todo individuo y que se busca generar en este los conocimientos adecuados y necesarios para el desarrollo de sus actividades en forma adecuada con miras a contribuir el desarrollo sostenible del país. (ARTICULO 127.1, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

El ministerio de educación y la autoridad ambiental nacional coordinan con las diferentes entidades del estado en materia ambiental y la sociedad para la formulación de la política nacional de educación ambiental, cuyo cumplimiento es obligatorio para los procesos de educación y comunicación desarrollados por las entidades y que tiene como lineamientos orientadores: (ARTICULO 127.2, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

- a. El desarrollo de una cultura ambiental constituida sobre una comprensión integrada del ambiente en sus múltiples y complejas relaciones, incluyendo lo político, social, cultural, económico, científico y tecnológico. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- b. La transversalidad de la educación ambiental, considerando su integración en todas las expresiones y situaciones de la vida diaria. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- c. Estimulo de conciencia crítica sobre la problemática ambiental. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

- d. Incentivo a la participación ciudadana a todo nivel en la preservación y uso sostenible de los recursos naturales y el ambiente. ( LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- e. Complementariedad de los diversos pisos ecológicos y regiones naturales en la construcción de una sociedad ambientalmente equilibrada. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- f. Fomento y estímulo a la ciencia y tecnología en el tema ambiental. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)
- g. Presentar anualmente un informe sobre las acciones y resultados de los programas de educación ambiental. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

**Artículo 128.- De la difusión de la ley en el sistema educativo**

El estado a través del sector educación en coordinación con otros sectores, difunde la presente ley en el sistema educativo, expresado en actividades que están orientadas a la conservación y uso racional del ambiente y de los recursos naturales. (ARTICULO 128, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

**Artículo 129.- De los medios de comunicación**

En este artículo tenemos que los medios de comunicación social del estado y los medios de comunicación privados en aplicación a los principios de la presente ley, fomentan y apoyan en la difusión del cuidado del medio ambiente en nuestra sociedad. (ARTICULO 129, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

### **Artículo 150.- Del régimen de incentivos**

En este artículo nos menciona que se toma en cuenta los procesos y medidas que por iniciativa propia del titular se fomente en la mejora de prevenir la contaminación ambiental y de la degradación de los recursos naturales, mas allá exigido por la norma aplicable o la autoridad competente y que este responda al objetivo, este objetivo es la protección del medio ambiente. (ARTICULO 150, LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005)

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA

#### 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

**Tipo de investigación:** Investigación Aplicada

La investigación Aplicada es la generación o ampliación de conocimientos con vistas a utilizarlos en el desarrollo de productos o procesos nuevos o para suscitar mejoras importantes de productos o procesos existentes (NTP-732.001, 2009)

Está dirigida a determinar, a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías) por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica (LEY-N°-30806-CONCYTEC, 2018).

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada porque utilizamos los conocimientos existentes sobre la tecnología de generación eléctrica en todos sus aspectos como la de una central térmica de biomasa que es la alternativa de solución que se propone en el relleno sanitario de Haquira.

**Diseño de Investigación:** Diseño experimental

**Diseño** plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento (Hernandez-Sampieri, 2014).

**Experimento** situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes(causa) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efecto) (Hernandez-Sampieri, 2014).

El presente trabajo es de diseño experimental porque se está basando a la búsqueda de las causas de diferentes factores que los residuos sólidos urbanos generan efectos al ser depositados en el relleno sanitario de Haquira, lo que nos va a permitir trabajar con diferentes posibilidades de control para luego analizar los resultados.

### **3.1.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

**Enfoque de la investigación:** Cuantitativo

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación (Hernandez-Sampieri, 2014).

El presente trabajo de investigación es de enfoque Cuantitativo porque utilizamos la recolección y analizamos datos de la variable independiente.

**Nivel de investigación:** Descriptivo – Explicativo.

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar como son y cómo se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernandez-Sampieri, 2014).

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos del establecimiento de la relación entre conceptos; es decir, esta dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernandez-Sampieri, 2014).

El presente trabajo de tesis tiene un nivel de investigación Descriptivo – Explicativo debido a que describimos y respondemos los fenómenos que ocurren y se manifiestan en el ámbito del medio ambiente y las consecuencias que estas ocasionan actualmente en el relleno sanitario de Haquira.

### **3.1.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

**Población:** Conjunto de todos los casos que concuerden con determinadas especificaciones (Hernandez-Sampieri, 2014).

La población para el presente trabajo serán los residuos que genera a diario la provincia del Cusco.

**Muestra:** Subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de esta (Hernandez-Sampieri, 2014).

La muestra para el presente trabajo serán los residuos que son recolectados en un día en los todos distritos de la provincia de Cusco que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haquira.

### 3.1.4 RELLENO SANITARIOS DE HAQUIRA

El relleno sanitario de Haqira es el lugar donde se hace la disposición final de los residuos sólidos de toda la provincia del Cusco, desde que se cerró el botadero de San Antonio ubicado en el distrito de San Sebastián, donde antes se hacía la disposición final de los residuos sólidos.

Según la (Gerencia de Medio Ambiente, 2019) de la municipalidad provincial del Cusco actualmente el relleno sanitario de Haqira, viene acumulando los residuos sólidos que generan los ocho distritos del Cusco, así se tiene los registros correspondientes de las cantidades que a diario ingresan.

Según los reportes de la (Gerencia de Medio Ambiente, 2019) de la municipalidad provincial del Cusco, al mes de abril del año 2019 el relleno sanitario de Haqira tiene acumulado 1 781 822.35 toneladas de residuos sólidos.

La tabla 1 muestra datos de los residuos sólidos aculados cada año en el relleno sanitario de Haqira, hasta abril del año 2019.

Tabla 1. Residuos sólidos acumulados cada año.

AÑO	TONELADAS	ACUMULADO
2009	0	528 665.54
2010	130 000.00	658 665.54
2011	130 000.00	788 665.54
2012	135 000.00	923 665.54
2013	139 937.35	1 063 602.89
2014	140 000.00	1 203 602.89
2015	135 000.00	1 338 602.89
2016	135 000.00	1 473 602.89
2017	129 147.50	1 602 750.39
2018	134 732.00	1 737 482.39
ABRIL - 2019	44 339.96	1 781 822.35

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Observación y documentación:** La técnica para la recolección del presente trabajo será la documentación existente de la recolección de los residuos sólidos urbanos de los ocho distritos de la provincia del Cusco. Así tenemos los datos correspondientes de los residuos sólidos que se generan, recolectan, registran y son enviadas al relleno sanitario de Haqira.

### **3.1.6 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE CUSCO**

El distrito de Cusco genera alrededor de 115.51 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 3581 toneladas al mes y 47164.50 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza, de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### **3.1.7 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE CCORCA**

El distrito de Ccorca genera alrededor de 0.51 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 16 toneladas al mes y 170 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza, de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### **3.1.8 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE POROY**

El distrito de Poroy genera alrededor de 4.35 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 135 toneladas al mes y 1600 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados, limpieza de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### **3.1.9 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO**

El distrito de San Jerónimo genera alrededor de 37.74 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 1170 toneladas al mes y 12 778 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza, de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### **3.1.10 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN**

El distrito de San Sebastián genera alrededor de 59.03 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 1830 toneladas al mes y 21 310 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza, de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### **3.1.11 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SANTIAGO**

El distrito de Santiago genera alrededor de 70.19 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 2176 toneladas al mes y 21270 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza, de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### **3.1.12 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SAYLLA**

El distrito de Saylla genera alrededor de 1.67 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 52 toneladas al mes y 426 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### 3.1.13 RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE WANCHAQ

El distrito de Wánchaq genera alrededor de 89.70 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 2781 toneladas al mes y 31278.50 toneladas por año. Estos residuos sólidos son los hogares domésticos, centros comerciales, mercados limpieza de calles, entre otros. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

### 3.1.14 RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA CUSCO.

La provincia del Cusco genera un total de 378.87 toneladas al día de residuos sólidos, alcanzando aproximadamente 11 745 toneladas al mes y 134 732 toneladas por año. Siendo el distrito de Cusco el que mayor genera residuos sólidos y el distrito de Ccorca, el que menor genera. (Gerencia de Medio Ambiente, 2019)

En la siguiente tabla 2 tenemos los datos de los residuos sólidos que se generaron en los ocho distritos de la provincia del Cusco a enero del 2019.

Tabla 2: Residuos sólidos de la provincia del Cusco

DISTRITO	TONELADAS/DIA	TONELADAS/MES	TONELADAS/AÑO
CUSCO	115.51	3 581.00	47 164.50
CCORCCA	0.51	16.00	170.00
POROY	4.35	135.00	1 600.00
SAN JERÓNIMO	37.74	1 170.00	12 778.00
SAN SEBASTIÁN	59.03	1 830.00	21 310.00
SANTIAGO	70.19	2 176.00	21 270.00
SAYLLA	1.67	52.00	426.00
WANCHAQ	89.70	2 781.00	31 278.00
TOTAL	378.87	11 745.00	134 732.00

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes tablas empezando desde la tabla 3 hasta la tabla 9 tenemos los datos de los residuos sólidos urbanos que ingresaron cada mes al relleno sanitario de Haqira, de los ocho distritos de la provincia del Cusco desde el mes de enero del año 2017 al mes de abril del año 2019. Esta tabla nos permite observar la cantidad de residuos sólidos urbanos que tuvieron como disposición final el relleno sanitario de Haqira mes por mes y con sus porcentajes respectivos por distritos que nos permite discriminar que distritos son los mayores generadores de residuos sólidos, así entonces tenemos al distrito de Cusco en primer lugar con más del 35.38% del total de residuos que aportan al relleno sanitario de Haqira, seguidamente está el distrito de Wanchaq con más del 23.37%, Santiago con un 17.10%, San Sebastián con un 15.68% y San Jerónimo con un 7.85%, por lo cual se tiene que son los distritos que mayoritariamente aportan con los residuos sólidos urbanos con más del 99% del total, por ende se puede observar clara mente que son los distritos que hacen uso del relleno sanitario de Haqira casi al 100%.

## DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS AÑO 2017

La tabla 3 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de enero hasta abril del año 2017 de los distritos de la provincia del Cusco

Tabla 3: Disposición final de residuos de enero al mes de abril del 2017

MUNICIPALIDAD	UNIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	TOTAL	%
WANCHAQ	T.M.	2461.00	2346.50	2513.50	2542.00	9863.00	23.37
SANTIAGO	T.M.	1939.00	1620.00	1880.00	1778.00	7217.00	17.10
SAN SEBASTIAN	T.M.	1730.00	1578.00	1738.00	1572.00	6618.00	15.68
SAN JERONIMO	T.M.	898.00	770.00	888.00	756.00	3312.00	7.85
SAYLLA	T.M.	34.00	32.00	36.00	36.00	138.00	0.33
CCORCA	T.M.	8.00	12.00	8.00	8.00	36.00	0.09
MIN. CULTURA	T.M.	52.00	8.00	8.00	24.00	92.00	0.22
BELLAS ARTES	T.M.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CUSCO	T.M.	3886.00	3494.00	3890.00	3661.00	14931.00	35.38
T.M. POR MES	T.M.	11008.00	9860.50	10961.50	10377.00	42207.00	100.00
T.M. POR DIA	T.M.	355.10	352.16	353.60	345.90		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

La tabla 4 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de mayo hasta agosto del año 2017 de los distritos de la provincia del Cusco.

Tabla 4: Disposición final de residuos de mayo al mes de agosto del 2017

MUNICIPALIDAD	UNIDAD	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOTAL	%
WANCHAQ	T.M.	2610.00	2499.50	2383.00	2504.00	9996.50	23.09
SANTIAGO	T.M.	1904.00	1898.00	1678.00	1920.00	7400.00	17.09
SAN SEBASTIAN	T.M.	1710.00	1640.00	1574.00	1608.00	6532.00	15.09
SAN JERONIMO	T.M.	1006.00	914.00	862.00	936.00	3718.00	8.59
SAYLLA	T.M.	36.00	36.00	34.00	38.00	144.00	0.33
CCORCA	T.M.	12.00	8.00	16.00	20.00	56.00	0.13
MIN. CULTURA	T.M.	8.00	12.00	12.00	12.00	44.00	0.10
BELLAS ARTES	T.M.	0.00	16.00	4.00	0.00	20.00	0.05
CUSCO	T.M.	3658.00	3826.00	3902.00	4000.00	15386.00	35.54
T.M. POR MES	T.M.	10944.00	10849.50	10465.00	11038.00	43296.50	100.00
T.M. POR DIA	T.M.	353.03	361.65	337.58	356.06		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

La tabla 5 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de septiembre hasta diciembre del año 2017 de los distritos de la provincia del Cusco.

Tabla 5: Disposición final de residuos de septiembre a diciembre del 2017

MUNICIPALIDAD	UNIDAD	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL	%
WANCHAQ	T.M.	2504.00	2470.00	2383.00	2643.00	10000.00	22.91
SANTIAGO	T.M.	1794.00	1778.00	1784.00	1854.00	7210.00	16.52
SAN SEBASTIAN	T.M.	1424.00	1420.00	1490.00	1596.00	5930.00	13.59
SAN JERONIMO	T.M.	904.00	970.00	954.00	934.00	3762.00	8.62
SAYLLA	T.M.	34.00	32.00	36.00	34.00	136.00	0.31
CCORCA	T.M.	20.00	11.00	16.00	20.00	67.00	0.15
MIN. CULTURA	T.M.	19.00	16.00	8.00	12.00	55.00	0.13
BELLAS ARTES	T.M.	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.01
CUSCO	T.M.	4062.00	4094.00	4008.00	4316.00	16480.00	37.76
T.M. POR MES	T.M.	10765.00	10791.00	10679.00	11409.00	43644.00	100.00
T.M. POR DIA	T.M.	358.83	348.10	355.97	368.03		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

## DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS AÑO 2018

La tabla 6 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de enero hasta abril del año 2018 de los distritos de la provincia del Cusco.

Tabla 6: Disposición final de residuos de enero al mes de abril del 2018

MUNICIPALIDAD	UNIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	TOTAL	%
WANCHAQ	T.M.	2542.00	2435.00	2660.50	2627.50	10265.00	23.14
SANTIAGO	T.M.	1778.00	1618.00	1850.00	1626.00	6872.00	15.49
SAN SEBASTIAN	T.M.	1572.00	1604.00	1828.00	1714.00	6718.00	15.14
SAN JERONIMO	T.M.	756.00	1006.00	1098.00	1046.00	3906.00	8.80
SAYLLA	T.M.	36.00	36.00	38.00	36.00	146.00	0.33
CCORCA	T.M.	8.00	12.00	20.00	14.00	54.00	0.12
MIN. CULTURA	T.M.	24.00	20.00	0.00	4.00	48.00	0.11
POROY	T.M.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BELLAS ARTES	T.M.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CUSCO	T.M.	3661.00	4398.00	4398.00	3896.00	16353.00	36.86
T.M. POR MES	T.M.	10377.00	11129.00	11892.50	10963.50	44362.00	100.00
T.M. POR DIA	T.M.	334.74	397.46	383.63	365.45		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

La tabla 7 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de mayo hasta agosto del año 2018 de los distritos de la provincia del Cusco.

Tabla 7: Disposición final de residuos de mayo al mes de agosto del 2018

MUNICIPALIDAD	UNIDAD	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOTAL	%
WANCHAQ	T.M.	2548.00	2545.00	2695.50	2705.00	10493.50	22.14
SANTIAGO	T.M.	1818.00	1716.00	1794.00	1818.00	7146.00	15.08
SAN SEBASTIAN	T.M.	1834.00	1714.00	1882.00	1784.00	7214.00	15.22
SAN JERONIMO	T.M.	1144.00	1094.00	1136.00	1166.00	4540.00	9.58
SAYLLA	T.M.	40.00	32.00	36.00	40.00	148.00	0.31
CCORCA	T.M.	12.00	16.00	12.00	16.00	56.00	0.12
MIN. CULTURA	T.M.	4.00	24.00	16.00	10.00	54.00	0.11
POROY	T.M.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BELLAS ARTES	T.M.	0.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.02
CUSCO	T.M.	4230.00	4376.00	4564.00	4562.00	17732.00	37.41
T.M. POR MES	T.M.	11630.00	11517.00	12145.50	12101.00	47393.50	100.00
T.M. POR DIA	T.M.	375.16	383.90	391.79	390.35		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

La tabla 8 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de septiembre hasta diciembre del año 2018 de los distritos de la provincia del Cusco

Tabla 8: Disposición final de residuos de septiembre a de diciembre del 2018

D	MUNICIPALIDA	UNIDAD	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL	%
	WANCHAQ	T.M.	2472.50	2688.50	2622.50	2736.50	10520.00	22.58
	SANTIAGO	T.M.	1776.00	1884.00	1788.00	1804.00	7252.00	15.57
	SAN SEBASTIAN	T.M.	1814.00	1930.00	1752.00	1782.00	7278.00	15.62
	SAN JERONIMO	T.M.	1056.00	1066.00	1062.00	1148.00	4332.00	9.30
	SAYLLA	T.M.	32.00	32.00	32.00	36.00	132.00	0.28
	CCORCA	T.M.	12.00	16.00	12.00	20.00	60.00	0.13
	MIN. CULTURA	T.M.	8.00	8.00	30.00	4.00	50.00	0.11
	POROY	T.M.	0.00	0.00	50.00	115.00	165.00	0.35
	BELLAS ARTES	T.M.	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00
	CUSCO	T.M.	4332.00	4125.00	3976.00	4362.00	16795.00	36.05
	T.M. POR MES	T.M.	11502.50	11749.50	11324.50	12009.50	46586.00	100.00
	T.M. POR DIA	T.M.	383.42	379.02	377.48	387.40		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

## DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS AÑO 2019

La tabla 9 muestra la cantidad en toneladas métricas de la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Haqira en los meses de enero hasta abril del año 2019 de los distritos de la provincia del Cusco.

Tabla 9: Disposición final de residuo de enero al mes de abril del 2019

MUNICIPALIDAD	UNIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	TOTAL	%
WANCHAQ	T.M.	2781.00	2572.50	2574.18	1882.50	9810.18	22.12
SANTIAGO	T.M.	2176.00	1624.00	2162.98	2360.69	8323.67	18.77
SAN SEBASTIAN	T.M.	1830.00	1434.00	1805.18	2116.65	7185.83	16.21
SAN JERONIMO	T.M.	1170.00	940.00	1062.16	1405.12	4577.28	10.32
SAYLLA	T.M.	52.00	36.00	48.78	93.87	230.65	0.52
CCORCA	T.M.	16.00	12.00	14.78	5.63	48.41	0.11
MIN. CULTURA	T.M.	4.00	4.00	4.00	1.95	13.95	0.03
POROY	T.M.	135.00	125.00	128.96	121.82	510.78	1.15
BELLAS ARTES	T.M.	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00
CUSCO	T.M.	3581.00	3128.32	3526.05	3401.84	13637.21	30.76
T.M. POR MES	T.M.	11745.00	9875.82	11329.07	11390.07	44339.96	100.00
T.M. POR DIA	T.M.	378.87	352.71	365.45	379.67		

Fuente: Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial del Cusco

### 3.2 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

En el presente trabajo se tomará datos de los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario de Haqira, como la cantidad de toneladas diaria, cantidad de toneladas mensuales, cantidad de toneladas al anuales y la cantidad total acumulada hasta ingresaron hasta el mes de abril del año 2019.

La cantidad diaria de residuos que genera la provincia del Cusco es más de 400 toneladas al día aproximadamente de donde llegan a recolectarse unas 390 toneladas diarias.

**Registro de datos del día de los residuos:** La cantidad diaria de residuos que ingresan al relleno sanitario de Haqira por distritos de la provincia del Cusco se muestra la siguiente tabla 10.

Tabla 10. Cantidad diaria de residuos que ingresan a Haqira

DISTRITO	TONELADAS/DIA
CUSCO	115.51
CCORCCA	0.51
POROY	4.35
SAN JERÓNIMO	37.74
SAN SEBASTIÁN	59.03
SANTIAGO	70.19
SAYLLA	1.67
WANCHAQ	89.70
TOTAL	378.87

Fuente: Elaboración propia.

**Registro de datos del mes de los residuos:** La cantidad al mes de residuos que ingresan al relleno sanitario de Haqira por distritos de la provincia del Cusco se muestra la siguiente tabla 11.

Tabla 11. Cantidad mensual de residuos que ingresan a Haqira

DISTRITO	TONELADAS/MES
CUSCO	3 581.00
CCORCCA	16.00
POROY	135.00
SAN JERÓNIMO	1 170.00
SAN SEBASTIÁN	1 830.00
SANTIAGO	2 176.00
SAYLLA	52.00
WANCHAQ	2 781.00
TOTAL	11 745.00

Fuente: Elaboración propia.

**Registro de datos del año de los residuos:** La cantidad al año de residuos que ingresan al relleno sanitario de Haqira por distritos de la provincia del Cusco se muestra la siguiente tabla 12.

Tabla 12. Cantidad anual de residuos que ingresan a Haqira

DISTRITO	TONELADAS/AÑO
CUSCO	47 164.50
CCORCCA	170.00
POROY	1 600.00
SAN JERÓNIMO	12 778.00
SAN SEBASTIÁN	21 310.00
SANTIAGO	21 270.00
SAYLLA	426.00
WANCHAQ	31 278.00
TOTAL	134 732.00

Fuente: Elaboración propia.

**Registro de datos del acumulado por año de los residuos:** La cantidad de residuos que se fue acumulando año tras año en el relleno sanitario de Haqira se muestra la siguiente tabla 13.

Tabla 13. Cantidad acumulada por año de residuos en Haquira

AÑO	TONELADAS	ACUMULADO
2013	139 937.35	1 063 602.89
2014	140 000.00	1 203 602.89
2015	135 000.00	1 338 602.89
2016	135 000.00	1 473 602.89
2017	129 147.50	1 602 750.39
2018	134 732.00	1 737 482.39
ABRIL - 2019	44 339.96	1 781 822.35

Fuente: Elaboración propia.

**Registro de datos del acumulado total de los residuos:** La cantidad total acumulada de residuos al mes de abril del año 2019 que ingresaron al relleno sanitario de Haquira se muestra en la siguiente tabla 14.

Tabla 14. Cantidad acumulada total de residuos en Haquira

AÑO	ACUMULADO
2012	1 063 602.89
2013	1 203 602.89
2014	1 338 602.89
2016	1 473 602.89
2017	1 602 750.39
2018	1 737 482.39
ABRIL - 2019	1 781 822.35

Fuente: Elaboración propia.

En el presente trabajo tomara la cantidad de 423 toneladas al día de residuos, siendo así 12 690 toneladas al mes aproximadamente y una cantidad de 152 280 toneladas al año de residuo sólidos que se tomara como fuente de energía para efecto de los cálculos respectivos. A su vez tomaremos como datos la cantidad de residuos sólidos acumulados que es de 1 781 822.35 de toneladas de residuos sólidos que se tiene almacenado en el relleno sanitario de Haquira.

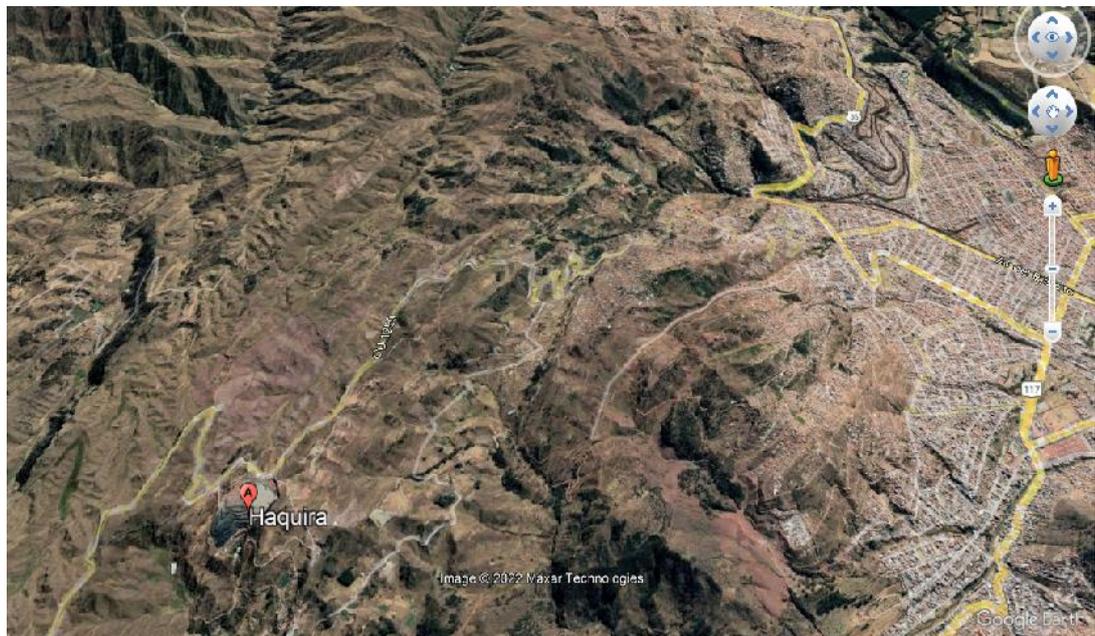
## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA

#### 4.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE LA PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.

Haqira, está ubicado a 7.5 km del tramo carretero de Cusco – Ccorca, al Sur Oeste de la ciudad del cusco, comprendida en la comunidad de Haqira grande en el distrito de Santiago, Provincia y Departamento del Cusco. (Vasquez, 2011)

Imagen N° 1: Ubicación del relleno sanitario de Haqira.



Fuente: Google Earth 2021

## **4.2 ANÁLISIS SIN EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.**

En la region del cusco, La mayor cantidad de generacion de residuos solidos viene de la ciudad del cusco y supone mas del 60% del total de produccion, cuya caracterizacion se compone principalmente de materia organica, ademas de los componentes de plasticos, papel, carton, vidrio, metales, textil, madera y otros. (Cabrera, 2008)

De esta forma el vertido de los residuos sólidos es de forma incontrolada lo cual ocasiona serios problemas en el impacto ambiental, puesto que contaminan el agua, suelo, afectan la salud de los pobladores y provocan el deterioro del ecosistema natural, poniendo en grave peligro el aprovechamiento de los atributos turísticos de la región. (Cabrera, 2008)

### **4.2.1 EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS CCACHONA Y CHOCCO DEL DISTRITO DE SANTIAGO, 2010 - 2022.**

El relleno sanitario de Haquira, se encuentra ubicado a unos pocos kilómetros de la ciudad del Cusco, además ya tiene más de 18 años en pleno funcionamiento y al 2018, recibe un aproximado de 400 toneladas de residuos sólidos por día y ya almacena más de 2 millones de toneladas de dichos residuos de la provincia del Cusco. (Bach. Yanua Paola Zuñiga Huaman / Bach. DAnika Alessandra Urquizo Paredes, 2021)

A pesar de su gran capacidad para almacenar residuos sólidos, se ha identificado que ya ha excedido su capacidad máxima de almacenamiento.

Generando contaminación que afecta directamente a las comunidades aledañas. (Bach. Yanua Paola Zuñiga Huaman / Bach. DAnika Alessandra Urquizo Paredes, 2021).

Los resultados principales sugieren que el relleno sanitario de Haquira tiene un impacto negativo en la salud de las comunidades campesinas Ccachona y Chocco. (Bach. Yanua Paola Zuñiga Huaman / Bach. DAnika Alessandra Urquizo Paredes, 2021).

#### **4.3 ANÁLISIS DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.**

Para realizar el estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa se verifica los componentes que contamos en el lugar del estudio ya que este tipo de instalación es industrial la cual está diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos. Estos recursos son utilizados como combustible para la generación de energía. (blogspot.com, 2010).

##### **Producción de energía eléctrica.**

La electricidad se puede producir por combustión o gasificación y se pueden obtener potencias de hasta 50MW. (blogspot.com, 2010)

El relleno sanitario de Haquira recibe aproximadamente unas 423.94 t/día de residuos sólidos de los cuales el 73.41% es de residuos sólidos aprovechables (orgánicos e inorgánicos), el 18.86% son residuos sólidos no aprovechables y el 7.74% es de residuos sólidos peligrosos. (cabanillas, 2019).

## **4.4 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

La energía eléctrica producida a partir de biomasa puede comercializarse como “energía verde”, ya que no aporta al impacto ambiental debido a que no hay presencia de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). (OSINERGMIN, 2017)

### **4.4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

#### **4.4.1.1 DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

La determinación de potencial energético de los residuos sólidos urbanos se efectuó primero evaluando el poder calorífico inferior (PCI) y el peso seco de la biomasa (PSB) que ingresa a diario al relleno sanitario de Haquira, con lo que se determinó su energía en forma de calor (kJ).

La siguiente ecuación nos permite calcular la energía de la biomasa.

$$\text{Energía de la biomas} = \text{PCI} \times \text{PSB} \dots\dots\dots \text{EQ1.}$$

Donde:

PCI: Poder calorífico inferior (kJ/Kg)

PSB = Peso seco de la Biomasa (Kg)

#### **4.4.1.2 EVALUACIÓN DEL PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI)**

El poder calorífico inferior se define como la cantidad de calor que puede entregar un cuerpo. Se puede medir utilizando una bomba de calor o bomba calorimétrica, sin embargo el poder calorífico de los residuos sólidos es conocido debido a que ya ha sido calculado en otros estudios, de acuerdo a Rodríguez (s. f.), el PCI de los residuos sólidos está determinado por la siguiente tabla: (Tineo Huancas, ESTUDIO

DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

Tabla 15: Poder Calorífico Inferior de los residuos potencialmente incinerables.

TIPO DE RESIDUO	PCI (GJ/t)	PCI (kcal/kg)	PCI (tep/t)
Papel y cartón	19,00	4550	0,46
Plásticos	32,71	7834	0,78
Materia Orgánica	5,50	1317	0,13
Textil	18,47	4422	0,44

Fuente: (Rodríguez, s.f.)

#### 4.4.1.3 CÁLCULO DEL PESO SECO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA

Para poder calcular el peso seco, se deberá determinar la humedad de los residuos sólidos que llegan al relleno sanitario de Haquira.

##### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Para calcular la humedad promedio total de los residuos sólidos se procedió a utilizar los valores típicos de contenido de humedad de los residuos. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

Luego podemos determinar el contenido de humedad de los residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario de Haquira de la siguiente manera.

$$M = (w - d / w) 100 \dots\dots\dots \text{EQ2(wordpress, s.f.)}$$

Donde:

M = Contenido de humedad (%). (wordpress, s.f.)

w = peso inicial de la muestra (kg). (wordpress, s.f.)

d = Peso de la muestra después de secarse a 105°C (kg). (wordpress, s.f.)

Tabla 16: Datos típicos de humedad de residuos sólidos.

Tipos de Residuos	Contenido de Humedad (% en peso)	
	Rango	Valor Típico
<b>Domesticos:</b>		
Residuos de comida (mezclados)	50 - 80	70
Papel	4 - 10	6
Carton	4 - 8	5
Plasticos	1 - 4	2
Textiles	6 - 15	10
Goma	1 - 4	2
Cuero	8 - 12	10
Residuos de jardin	30 - 80	60
Madera	15 - 40	20
Vidrio	1 - 4	2
Latas de hojalata	2 - 4	3
Aluminio	2 - 4	2
Otros metales	2 - 4	3
Suciedad	6 - 12	8
Cenizas	6 - 12	6
Basura	5 - 20	15

Fuente: (wordpress, s.f.)

## GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

La generación de residuos sólidos urbanos es de 423.94 toneladas por día; esta cantidad es el acumulado de la generación de residuos sólidos de los diferentes distritos de la ciudad del cusco.

Tabla 17: Generación de residuos sólidos por distritos de la provincia de Cusco

N°	Distritos	Generación Domiciliaria (Ton./día)	Generación no Domiciliaria (Ton./día)	Total Generado (Ton./día)
1	Cusco	55.3	62.51	117.81
2	Ccorca	0.21	0.02	0.23
3	Poroy	3.76	0.4	4.16
4	San Jerónimo	28.59	38.82	67.41
5	San Sebastián	78.67	6.32	84.99
6	Santiago	51.16	45.57	96.73
7	Saylla	2.16	1	3.16
8	Wanchaq	23.07	26.38	49.45
	Total	242.92	181.02	423.94

Fuente: Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos Municipales de la provincia del Cusco – PIGARS 2020-2025

## CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DEL CUSCO.

Según la OEFA la clasificación de los residuos es:

- 1. Según su origen;** indica la procedencia, la generación puede provenir de los domicilios, establecimientos comerciales, limpieza de espacios públicos, establecimientos de salud, plantas de tratamiento, aeropuertos, entre otras. (yaned , Tintaya Arque, & Pantoja Chata, 2018)
- 2. Según su naturaleza.** Son aquellos residuos orgánicos e inorgánicos; de los cuales el primero se caracteriza porque su descomposición es de forma natural con un adecuado tratamiento, el segundo se refiere a los residuos de origen mineral y los producidos por las industrias los cuales son de difícil degradación. (yaned , Tintaya Arque, & Pantoja Chata, 2018)

### 3. Según su gestión.

**3.1 Residuos de gestión no municipal:** Son aquellos residuos que no están comprendidos dentro del ámbito de la gestión municipal. (yaned , Tintaya Arqque, & Pantoja Chata, 2018)

**3.2 Residuos de gestión municipal:** Son aquellos residuos procedentes de los domicilios, de los cuales la municipalidad se encarga de gestionar. (yaned , Tintaya Arqque, & Pantoja Chata, 2018)

**3.3 Residuos sólidos domiciliarios:** Son aquellos residuos que se generan a partir de las actividades domésticas y estos están compuestos por; restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, latas, cartón, etc. (yaned , Tintaya Arqque, & Pantoja Chata, 2018)

**3.4 Residuos sólidos comerciales:** Son aquellos residuos que se originan en centros comerciales, mercados, centros de abasto de alimentos, restaurantes, bancos, etc. (yaned , Tintaya Arqque, & Pantoja Chata, 2018)

**3.5 Residuos sólidos de limpieza de espacios públicos:** Son aquellos residuos que son generados por la limpieza de áreas verdes, veredas, plazas u otras áreas públicas. (yaned , Tintaya Arqque, & Pantoja Chata, 2018).

## 4.4.2 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD.

Tabla 18: Cálculo de la humedad de los residuos potencialmente incinerables

CALCULO DE LA HUMEDAD				
ITEM	Tipo de residuo	Peso inicial (%)	Humedad teorica (%)	Peso seco (%)
1	Materia organica	50.65	70	15.20
2	Carton	3.14	5	2.98
3	Papel	4.71	6	4.43
4	Latas	1.48	3	1.44
5	Aluminio	0.36	2	0.35
6	Otros	1.77	2	1.73
7	Telas	2.28	10	2.05
8	vidrio	3.03	2	2.97
9	Pañales	5.61	6	5.27
10	Papel higienico	3.86	6	3.63
11	Toallas higienicas	0.26	6	0.24
12	Tierra, arena, otros	9.91	8	9.12
13	Cuero, ceniza,porcelana	6.5	6	6.11
14	Productos farmaceuticos	0.29	2	0.28
15	pilas y baterias	0.08	3	0.08
16	PET	1.94	2	1.90
17	PVC	0.37	2	0.36
18	PEAD	1.34	2	1.31
19	PEBD	0.97	2	0.95
20	PP	0.94	2	0.92
21	PS	0.39	2	0.38
22	fluorescente y focos	0.13	2	0.13

Fuente: Elaboracion propia

El peso inicial se trabaja en porcentaje, entonces el peso seco también se calcula en porcentaje así entonces despejando la ecuación 2 tendremos que:

$$d = ((100-M) / 100) \times w.$$

Donde:

d: peso seco.

M: contenido de humedad teórica.

W: peso inicial.

Entonces tendremos que para un 100% de peso inicial, tendremos un 61.84% de peso seco y la húmedas es del 38.16% para la ciudad del cusco.

### **CÁLCULO DEL PESO SECO.**

De 423.94 toneladas de residuos que se originan en un día en el año 2020 en la provincia del cusco, 311.21 toneladas corresponden al peso inicial de los residuos sólidos potencialmente incinerables y 253.32 toneladas (253324.94 kg) corresponde al peso seco de estos residuos.

Tabla 19: Calculo del peso seco en la provincia del cusco

Calculo del peso seco				
Tipo de residuos	Peso inicial (t)	Contenido de peso seco teórico (%)	Peso seco (t)	peso seco (kg)
residuos solidos	311.21	81.40	253.32494	253324.94

Fuente: Elaboración propia

### **DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI) DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la tabla 15, el Poder Calorífico Inferior (PCI) (kcal/kg) de los residuos sólidos que se incineraran está determinado de la siguiente manera:

Tabla 20: PCI (kcal/Kg) de los residuos potencialmente incinerables

TIPO DE RESIDUO	PCI (kcal/kg)
Papel y cartón	4550
Plásticos	7834
Materia Orgánica	1317
Textil	4422

Fuente: elaboración propia

## CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA BIOMASA

Para este proceso utilizamos la ecuación 1 de la cual obtendremos que:

Tabla 21: Energía de la biomasa

Tipo de Residuos	PCI promedio (Kcal/kg)	Peso seco (kg)	Energía (kcal/kg)	Energía (kJ)
Residuos sólidos Urbanos	4534.6	253324.94	1148727273	4806274910

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que 1 kcal = 4,184 kJ, la energía total de la biomasa en forma de calor es 4806274910 kJ.

### 4.4.3 ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO

#### POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL

De acuerdo al cuadro anterior, la energía calorífica generada por la combustión de la biomasa es aproximadamente 4806274910 kJ.

$$\text{Energía de la biomasa} = 4806274910 \text{ kJ} \times (1\text{MJ} / 1000\text{kJ})$$

$$\text{Energía de la biomasa} = 4806274.91 \text{ MJ} \times (0,2778\text{kWh} / 1\text{MJ})$$

$$\text{Energía de la biomasa} = 1335183.17 \text{ kWh} \times (1\text{MWh} / 1000\text{kWh})$$

$$\text{Energía de la biomasa} = 1335.18317 \text{ MWh}$$

Para el caso de las centrales térmicas de biomasa, la eficiencia del proceso varía de 30% a 40%, del cual para este estudio se considerará un 30% de su eficiencia total, además se considera una disponibilidad de la central del 90%. Teniendo en cuenta estos datos, se procede a calcular la energía eléctrica que se podría generar en un día. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

$$\text{Energía eléctrica} = 1335.18317 \text{ MWh} \times 0.30 \times 0.9$$

$$\text{Energía eléctrica} = 360.5 \text{ MWh}$$

El resultado que tenemos de esta operación es 360.5 MWh al día de energía eléctrica.

## **POTENCIA INSTALADA DE LA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA**

$$\text{Potencia instalada} = \text{Energía eléctrica} / \text{tiempo}$$

$$\text{Potencia instalada} = 360.5 \text{ MWh} / 24\text{h}$$

$$\text{Potencia instalada} = 15.02 \text{ MW}$$

### **4.4.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO**

#### **4.4.4.1 CALDERA.**

Para este tipo de central térmica de biomasa se considerará el modelo HYBEX fabricada por METSO POWER, es de configuración de lecho fluidizado y consume aproximadamente 1000 toneladas diarias de biomasa. (Cid Coffre, 2016)

La cual está diseñada para producir entre 210 y 250 t/h de vapor según el poder calorífico. El vapor que se genera será de uso exclusivo para la generación de energía eléctrica mediante turbinas de vapor. La caldera de poder más el turbogenerador ocupa una superficie estimada de 6000m<sup>2</sup>. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

#### 4.4.4.2 TURBINA DE VAPOR.

Se tiene dos turbinas de vapor de 20MW cada una. Para este caso se considerará el modelo SST-150 de siemens. (Cid Coffre, 2016)

Tabla 22: Especificaciones técnicas de la turbina

característica	valor
potencia	20 MW
Velocidad de giro	13 300 rpm
Presión de entrada	103 bar
Temperatura de entrada	505 °C
Extracción controlada	16 bar
dimensiones	12m x 4m x 5m

Fuente: (Cid, 2016)

Esta turbina está diseñada para activar un generador síncrono a 1500 rpm o 1800 rpm y representa la ventaja de ser un modelo de fácil transporte. (Cid Coffre, 2016)

#### 4.4.4.3 COMPRESOR DE AIRE.

El compresor de aire permite inyectar aire con la velocidad necesaria a la cámara de combustión. Además, permite la refrigeración de la turbina de vapor. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

#### 4.4.5 CRONOGRAMA GENERAL DE PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA.

En base a los planes de trabajos de centrales térmicas convencionales similares, se puede estimar un periodo total de dos años desde la elaboración de

estudios del Estudio de Impacto Ambiental hasta la puesta en marcha comercial de la central térmica. (Cid Coffre, 2016)

Tabla 23: Cronograma general de una 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
1. EIA																								
2. Licitacion de obras																								
3. Construccion																								
3.1. Ingenieria de detalle																								
3.2. Suministro de equipos																								
3.3. Construccion y montaje																								
3.4. Pruebas y puesta en marcha																								
3.5. Operación comercial																								

Fuente: (Cid, 2016).

#### 4.4.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.

La viabilidad económica de este estudio es netamente de carácter económico para evaluar el funcionamiento de una central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haquira.

Desde un punto de vista económico, la utilización de los residuos puede generar un ahorro monetario a la sociedad y también el extender la vida útil de los rellenos sanitarios y por ende postergar costos a futuro de reemplazo de la disposición final de los residuos sólidos. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

Un buen manejo de residuos optimiza la utilización de los recursos naturales, especialmente los no renovables y puede contribuir para la recuperación de áreas degradadas, como por ejemplo, la minería, mediante la implantación de rellenos sanitarios bien construidos que queden integrados al paisaje natural. (Cid Coffre, 2016)

(Cid Coffre, 2016) Alega que para un manejo adecuado de los residuos sólidos debe considerarse los siguientes aspectos:

- Las características físicas y el volumen de basura existente a ser manejado. (Cid Coffre, 2016)
- Características urbanas como el uso del suelo, tendencias, proyección de la población, del volumen y de las características de la basura considerados en un plazo futuro de 8 a 10 años, también la disponibilidad de terrenos apropiados para instalaciones de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, aspectos culturales y de comportamiento local en relación al manejo de la basura. (Cid Coffre, 2016)
- Planificación apropiada que refleje la vida útil de los equipos mecánicos y del sistema de disposición final de residuos sólidos urbanos. De las características operacionales del sistema actual de manejo de residuos sólidos urbanos, su efectividad y conveniencia. (Cid Coffre, 2016)
- Organización institucional, arreglos financieros y fuentes de ingresos. (Cid Coffre, 2016)
- Actividades industriales presentes y futuras. (Cid Coffre, 2016)
- Estado actual de las calles y avenidas, planes de mejoramiento y extensión de las mismas. (Cid Coffre, 2016)

- Recursos hídricos que deben ser protegidos de la posible contaminación originada por los sitios de disposición de residuos. (Cid Coffre, 2016)
- Mercado potencial para materiales de rehuso o reciclables. (Cid Coffre, 2016)

#### 4.4.7 INVERSIÓN.

Se considerará equipos y sistemas estándares para centrales térmicas de generación eléctrica, en lo posible se usarán diseños modulares pre armados en fábrica. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

En la siguiente tabla se muestran los valores de inversión por potencia instalada. Estos indicadores son válidos para comparar entre proyectos de tratamiento de residuos y pierde sentido compararlo con proyectos de generación con combustibles convencionales debido a que el poder calorífico de los residuos sólidos es menor. (Cid Coffre, 2016).

Tabla 24: Inversión estimada de la central térmica

Ítem	Valor total ( Soles)
1 Caldera HYBEX 210 ton/h	30,510,000.00
1 Turbogenerador de 20MVA	27,120,000.00
Obras de construcción	29,493,000.00
Personal (50 personas)	2,457,750.00
Adquisición del terreno	8,277,498.60
Montaje y pruebas	7,458,000.00
Sistema de pretratamiento de los residuos	6,780,000.00
Ingeniería	2,071,290.00
Subestación	21,203,094.00
Sistema contra incendios	339,000.00
Iluminación y ventilación	118,650.00
Suma preliminar	135,828,282.60
Imprevistos (10%)	13,582,828.26
Inversión total	149,411,110.86

Fuente: (Cid Coffre, 2016)

#### **4.4.8 ESTIMACIÓN DE INGRESOS.**

El principal ingreso de este tipo de central está en la venta de la energía eléctrica que se va a generar.

De acuerdo a la supervisión de contratos en el sector eléctrico organizado por el Organismo Supervisor de lo Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) realizado en febrero del 2019. (Osinergmin, 2022)

La venta de energía de centrales térmicas de biomasa varía de 77 dólares a 110 dólares por MWh. Para proceder con el cálculo de la venta de energía, se tomará un valor de 85 US\$/MWh, con una inflación de 0.033 por año. En el anexo 2, 3 y 4 se muestran las fichas técnicas de las centrales de biomasa según Osinergmin. (Osinergmin, 2022)

#### **4.4.9 NEGOCIACIÓN DE UN ACUERDO DE VENTA DE ENERGIA.**

La utilización de las energías renovables y el uso racional de la energía, constituyen estrategias básicas para cualquier país que busca el desarrollo sostenible. (Cid Coffre, 2016)

La economía relativa, incluyendo los impactos económicos, así como las recientes discusiones sobre política y economía energética, sumada al impacto negativo del consumo de combustibles fósiles y el rápido incremento de su precio han conducido a una creciente demanda en la utilización de energía renovable. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

La gestión es obtener un acuerdo de venta de energía en los términos económicos que sea capaz de producir una alternativa viable que la comunidad pueda soportar mediante una combinación de ingresos. (Cid Coffre, 2016)

Tabla 25: Venta de energía eléctrica

Año	Precio de venta de energía eléctrica(S/MWh)	Producción estimada de energía eléctrica anual (MWh)	Precio total de venta de energía eléctrica anual (S/.)
0			
1	311.10	131,582.50	S/ 40,935,315.75
2	321.37	131,582.50	S/ 42,286,181.17
3	331.97	131,582.50	S/ 43,681,625.15
4	342.93	131,582.50	S/ 45,123,118.78
5	354.24	131,582.50	S/ 46,612,181.70
6	365.93	131,582.50	S/ 48,150,383.69
7	378.01	131,582.50	S/ 49,739,346.36
8	390.48	131,582.50	S/ 51,380,744.79
9	403.37	131,582.50	S/ 53,076,309.36
10	416.68	131,582.50	S/ 54,827,827.57
11	430.43	131,582.50	S/ 56,637,145.88
12	444.63	131,582.50	S/ 58,506,171.70
13	459.31	131,582.50	S/ 60,436,875.36
14	474.47	131,582.50	S/ 62,431,292.25
15	490.12	131,582.50	S/ 64,491,524.89
16	506.30	131,582.50	S/ 66,619,745.22
17	523.00	131,582.50	S/ 68,818,196.81
18	540.26	131,582.50	S/ 71,089,197.30
19	558.09	131,582.50	S/ 73,435,140.81
20	576.51	131,582.50	S/ 75,858,500.46

Fuente: (OSINERGMIN, 2017)

#### 4.4.10 FLUJO DE CAJA

Para la realización del flujo de caja se considerará un horizonte de evaluación de 20 años. A partir de esto, la siguiente tabla presenta los principales indicadores de evaluación de inversiones del proyecto. (Tineo Huancas, ESTUDIO DE

FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO, 2019)

Tabla 26: Flujo de caja

Año	Egresos		Ingresos	Flujo de caja
	Inversión (S/.)	Mantenimiento (S/.)	Venta total de energía eléctrica (S/.)	
0	194,411,110.86			-194,411,110.86
1	0	5,976,444.43	S/ 40,935,315.75	S/ 34,958,871.32
2	0	5,976,444.43	S/ 42,286,181.17	S/ 36,309,736.74
3	0	5,976,444.43	S/ 43,681,625.15	S/ 37,705,180.72
4	0	5,976,444.43	S/ 45,123,118.78	S/ 39,146,674.35
5	0	5,976,444.43	S/ 46,612,181.70	S/ 40,635,737.27
6	0	5,976,444.43	S/ 48,150,383.69	S/ 42,173,939.26
7	0	5,976,444.43	S/ 49,739,346.36	S/ 43,762,901.93
8	0	5,976,444.43	S/ 51,380,744.79	S/ 45,404,300.36
9	0	5,976,444.43	S/ 53,076,309.36	S/ 47,099,864.93
10	0	5,976,444.43	S/ 54,827,827.57	S/ 48,851,383.14
11	0	5,976,444.43	S/ 56,637,145.88	S/ 50,660,701.45
12	0	5,976,444.43	S/ 58,506,171.70	S/ 52,529,727.27
13	0	5,976,444.43	S/ 60,436,875.36	S/ 54,460,430.93
14	0	5,976,444.43	S/ 62,431,292.25	S/ 56,454,847.82
15	0	5,976,444.43	S/ 64,491,524.89	S/ 58,515,080.46
16	0	5,976,444.43	S/ 66,619,745.22	S/ 60,643,300.79
17	0	5,976,444.43	S/ 68,818,196.81	S/ 62,841,752.38
18	0	5,976,444.43	S/ 71,089,197.30	S/ 65,112,752.87
19	0	5,976,444.43	S/ 73,435,140.81	S/ 67,458,696.38
20	0	5,976,444.43	S/ 75,858,500.46	S/ 69,882,056.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Rentabilidad del proyecto

<b>VAN</b>	236,832,360.54
<b>TIR</b>	27%
<b>PAYBACK</b>	4 años

Fuente: Elaboración propia

## **4.5 ALTERNATIVA DEL ESTUDIO DE PREFACTABILIDAD DE UNA CENTRAL DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA.**

### **4.5.1 CENTRAL DE BIOGÁS POR BIODIGESTORES**

Según (BioEnergy, s.f.) un biodigestor es un recurso que se obtiene a partir de los residuos sólidos orgánicos, su principal elemento es el metano que puede llegar a representar el 75% de todo el gas resultante. (BioEnergy, s.f.)

La base para su extracción es la digestión anaeróbica de la materia orgánica. Para lograrlo, se establece un proceso que está formado por diversas fases: (BioEnergy, s.f.)

La acidogénesis elimina las trazas de oxígeno existentes y representa la conversión de las moléculas solubles en compuestos que aprovechan agentes como el hidrógeno. (BioEnergy, s.f.)

La acetogénesis es la fase de la digestión en la que los compuestos no metabolizados por las bacterias se convierten en otros más simples, como el hidrógeno, para su aprovechamiento. (BioEnergy, s.f.)

La metanogénesis culmina el proceso de digestión anaeróbica de la energía por biogás y produce metano. (BioEnergy, s.f.)

Un biodigestor de biogás es un elemento fundamental para conseguir que todo este proceso que nos permite disfrutar de esta energía natural. (BioEnergy, s.f.)

## **CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS:**

La lista de factores que distinguen el biogás y los biodigestores de otras energías incluye: (BioEnergy, s.f.)

- Su poca capacidad contaminante, que lo convierte en efectivo sustituto de los derivados del petróleo. (BioEnergy, s.f.)
- Puede generar electricidad. (BioEnergy, s.f.)
- Si purificamos el biogas a un biometano sustitutivo del gas natural y neutro en carbono. (BioEnergy, s.f.)
- El biogas y los biodigestores son una fuente de ingresos para los agricultores, que pueden sacar beneficio de los residuos que genere su actividad. (BioEnergy, s.f.)
- Es un elemento clave en la generacion de fertilizantes. (BioEnergy, s.f.)
- Es una manera efectiva de optimizar el uso de los vertederos. (BioEnergy, s.f.)
- Permite revertir los residuos en energia limpia. (BioEnergy, s.f.)

## **TIPOS DE BIODIGESTORES**

Conocer sus tipos nos permite entender cuál es el más adecuado para cada caso. (BioEnergy, s.f.)

## **1. Biodigestores de flujo de pistón.**

Este tipo de biodigestores cuenta con una cámara de digestión alargada. Por lo tanto, los residuos se degradan más lentamente, a medida que pasan por el dispositivo se dividen en: (BioEnergy, s.f.)

**Modelo horizontal**, en cuyos extremos están las cámaras de carga y descarga, su diseño evita que mezcle la carga inicial con el efluente, en consecuencia, es muy útil para los residuos que necesitan un tratamiento prolongado con los restos del sacrificio de animales. (BioEnergy, s.f.)

## **2. Biodigestores de mezcla completa**

Este tipo de biodigestores se caracteriza porque necesita que se le añada carga periódicamente, que se mezcla con el contenido ya existente. Esto hace que parte del material salga en el efluente sin haberse degradado completamente. (BioEnergy, s.f.)

El modelo chino es una estructura cerrada de cemento armado o ladrillos que pueden llegar a tener unos 15 años de vida útil también cuenta con cámaras de carga y descarga. (BioEnergy, s.f.)

Su principal ventaja del modelo indio es que no necesita un gasómetro, ya que el gas se mantiene a una presión relativamente constante en el interior. (BioEnergy, s.f.)

### **3. Biodigestores discontinuos**

Se trata de contenedores cerrados en los que el proceso de biodegradación de los residuos no finaliza hasta que no se ha producido todo el biogás posible. (BioEnergy, s.f.)

Una de sus ventajas es que pueden contener una gran carga de materiales requiriendo poca agua. Por lo tanto, se aplican especialmente en residuos muy sólidos, como los del ganado vacuno con lecho de paja. (BioEnergy, s.f.)

Hay que tener en cuenta que, para optimizar la producción de biogás, es necesario contar con diversos reactores que se pongan en funcionamiento de manera intercalada a lo largo del tiempo de trabajo. (BioEnergy, s.f.)

### **1. VENTAJAS DEL USO DE BIODIGESTORES**

Un biodigestor de gas metano resulta una herramienta muy útil a la hora de reducir la contaminación en el tratamiento de aguas residuales. También consigue aumentar la fertilidad del suelo y mejorar su estructura, gracias al abono orgánico que produce, de alta calidad y fácilmente integrable en el sistema de producción, por lo tanto, las plantas tienen una mayor productividad. (BioEnergy, s.f.)

También no podemos olvidar que un biodigestor de gas metano da lugar a energía no contaminante, durante su producción y con su uso. En esto, se diferencia por completo de los combustibles fósiles que usamos tradicionalmente. (BioEnergy, s.f.)

Como consecuencia de todo esto, una de las mayores ventajas del biogás y los biodigestores es que esta energía ayuda a mantener el equilibrio ambiental de los entornos en que se produce. (BioEnergy, s.f.)

Sus diferentes usos hacen que se pueda optimizar su rendimiento fácilmente, reduciendo a la vez el uso de las energías tradicionales, mucho más costosas y siendo uno de los combustibles del futuro. (BioEnergy, s.f.)

#### **4.6 IMPACTO EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA**

El aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía ofrece un amplio rango de beneficios ambientales: puede contribuir a mitigar el cambio climático y el efecto invernadero, reducir la lluvia ácida, prevenir la erosión de los suelos y la contaminación de las fuentes de agua, reducir la presión provocada por la basura urbana, enriquecer el hábitat de la vida silvestre y ayudar a mantener la salud humana y estabilidad de los ecosistemas. (RINCONEDUCATIVO, s.f.)

El impacto es definitivamente favorable sobre la contaminación ambiental que se produce en el relleno sanitario de Haquira porque disminuimos dicha contaminación ambiental y mitigamos los gases de efecto invernadero que se producen y a diario.

En lo que se refiere al Impacto Ambiental de las centrales de térmicas de Biomasa: “Contaminan relativamente poco, también emiten CO<sub>2</sub> a la atmósfera, como las centrales térmicas convencionales. Las instalaciones de generación de energía a partir de la combustión de leña y residuos forestales, en la medida en que sean sometidas a un correcto esquema de mantenimiento y adecuadamente conducidas y reguladas durante su funcionamiento, no presentan perjuicio por ser un impacto ambiental negativo en su entorno. El principal impacto ambiental potencial de estos aprovechamientos se da cuando no existe una correcta planificación en la provisión

del combustible, en lo que hace a su procedencia y cantidad, induciendo de esa manera a la eventual depredación del recurso. Este factor desaparece en los casos en que se dispone como combustible de los residuos de explotación y/o industrialización de madera o bien se utiliza leña comercial. Las restantes fuentes de impacto ambiental están constituidas por las emisiones a través de residuo o vibraciones.

En el primer aspecto, los combustibles biomásicos no presentan mayor nivel potencial de contaminación que otros combustibles, sobre todo si se mantiene un adecuado control de la combustión y se utilizan medios aptos para el control de las emisiones. En los casos de cogeneración no existe impacto adicional por la producción de energía eléctrica, ya que el vapor debe ser producido para alimentar el proceso principal. El segundo aspecto, en particular para los motores de vapor verticales rápidos, la influencia no es diferente de la de los grupos motogeneradores diésel". ( technology-alex, 2010).

## **V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES:**

En este trabajo tesis se realizó el estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa que utilice los residuos sólidos urbanos que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haqira.

En el presente trabajo tesis se determinó la cantidad 4 806 274.91 Mj de energía calorífica por la combustión de la biomasa para producir energía eléctrica en el relleno sanitario de Haqira con los residuos sólidos urbanos.

En el presente trabajo de tesis se determinó la cantidad 360.5 Mwh de energía eléctrica que generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haqira.

En el presente trabajo de tesis se determinó el impacto ambiental favorable que tendrá la implementación de una central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haqira sobre la contaminación que actualmente produce.

### **RECOMENDACIONES:**

Se recomienda realizar el estudio definitivo de una central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haqira.

También se recomienda educar a la población en general mediante programas de capacitación para el correcto manejo de los residuos sólidos urbanos para facilitar su tratamiento en el relleno sanitario.

## VI BIBLIOGRAFIA

Ley General de Residuos Sólidos N° 27314. (s.f.). Ley General de Residuos Sólidos.

Ley General del Ambiente N° 28611. (octubre de 2005). Ley general del ambiente.

LEY-N°-30806-CONCYTEC. (2018). *LEY N° 30806*. LIMA: DIARIO EL PERUANO.

MINAM. (s.f.). <http://www.minam.gob.pe>. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe>:  
<http://www.minam.gob.pe>

NTP-732.001. (2009). *Norma Técnica Peruana 732.001*. Lima: DIARIO EL PERUANO.

OSINERGMIN. (2017). *LA INDUSTRIA DE LA ENERGIA RENOVABLE EN EL PERU*. LIMA. Obtenido de <https://www.osinergmin.gob.pe>:  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anos.pdf)

Osinergmin. (2022). *FICHAS TECNICAS PROYECTOS DE GENERACION Y TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA EN OPERACION*. [INFORME, DIVISION DE SUPERVICION DE ELECTRICIDAD, OSINERGMIN].

Bach. Yanua Paola Zuñiga Huaman / Bach. DAnika Alessandra Urquizo Paredes. (2021). *EL BOTADERO DE HAQUIRA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS CCACHONA Y CHOCCO DEL DISTRITO DE SANTIAGO, 2007-2019*. CUSCO.

BioEnergy, N. P. (s.f.). <http://www.bioenergyperu.com/es/>. Obtenido de <http://www.bioenergyperu.com/es/>: <http://www.bioenergyperu.com/es/blogspot.com>.

(2010). <http://juaneltoro.blogspot.com>. Obtenido de <http://juaneltoro.blogspot.com>:  
<http://juaneltoro.blogspot.com/2010/02/centrales-termicas-de-biomasa.html>.

Cabrera, A. S. (2008). *TURISMO Y MEDIO AMBIENTE, LOS RESIDUOS SOLIDOS Y SUS EFECTOS EN LA REGION CUSCO*.

CERTILIA. (s.f.). <https://www.certicalia.com/>. Obtenido de <https://www.certicalia.com/>:  
<https://www.certicalia.com/blog/tipos-de-biomasa#:~:text=Biomasa%20natural, hasta%20el%20lugar%20de%20utilizaci%C3%B3n>.

CEUPE. (s.f.). <https://www.ceupe.mx/>. Obtenido de <https://www.ceupe.mx/>:  
<https://www.ceupe.mx/blog/que-es-la-biomasa.html#:~:text=La%20biomasa%20supone%20una%20forma, en%20la%20prevenci%C3%B3n%20de%20incendios>.

Cid Coffre, A. T. (2016). *ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE PLANTA TERMICA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA A PARTIR DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES PARA SANTIAGO DE CHILE*. [Tesis, UNIVERSIDAD DE CHILE].

Cusco, m. p. (24 de enero de 2021). <https://cusco.gob.pe>. Obtenido de <https://cusco.gob.pe>: <https://cusco.gob.pe/noticias/plan-de-manejo-de-residuos-solidos-permitira-repotenciar-planta-de-reciclaje-compostaje-y-adquisicion-de-compactadoras-para-mejorar-la-recoleccion-y-tratamiento-de-la-basura-en-la-ciudad/daily>, a. (s.f.). <https://www.archdaily.pe/>. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/>: <https://www.archdaily.pe/pe/933382/que-es-la-energia-de-biomasa>.

DESARROLLO, B. I. (2017). *GENERACION DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE BIOGAS CAPTURADO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS*. WASHINGTON DC.

ECODAS. (2002). <https://www.ecodas.com/>. Obtenido de <https://www.ecodas.com/>: <https://www.ecodas.com/es/tratamiento-de-residuos-de-animales/>

ENDESA. (s.f.). <https://www.endesa.com/>. Obtenido de <https://www.endesa.com/>: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/energia-biomasa>.

FUNDATION, A. (s.f.). <https://www.fundacionaquae.org/>. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/>: [https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-biomasa/amp/Gerencia de Medio Ambiente](https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-biomasa/amp/Gerencia%20de%20Medio%20Ambiente). (Abril de 2019). Municipalidad Provincial de Cusco.

Hernandez-Sampieri. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Interamericana Editores S.A.

INEI. (2019). *RESIDUOS SOLIDOS CAP 5*. LIMA: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA.

INGEOEXPERT. (2019). <https://ingeoexpert.com/>. Obtenido de <https://ingeoexpert.com/>: <https://ingeoexpert.com/2019/02/01/que-es-la-biomasa-y-para-que-se-utiliza/>

OVACEN. (s.f.). <https://ovacen.com/>. Obtenido de <https://ovacen.com/>: <https://ovacen.com/energias-renovables/biomasa/>

QUESTIONPRO. (s.f.). <https://www.questionpro.com>. Obtenido de <https://www.questionpro.com>: <https://www.questionpro.com/blog/es/estudio-de-prefactibilidad/>

RENOVABLES, G. V. (s.f.). <http://www.grupovisiona.com/>. Obtenido de <http://www.grupovisiona.com/>: <http://www.grupovisiona.com/es/biomasa/transformacion-biomasa-en-energia>

REPUBLICA, C. D. (s.f.). <https://www.minam.gob.pe/>. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/>: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

SANTANDER. (s.f.). <https://www.becas-santander.com/>. Obtenido de <https://www.becas-santander.com/>: <https://www.becas-santander.com/es/blog/biomasa.html>

Sonntag, R. E., & Borgnakke, C. (2000). *Introducción a la Termodinámica para Ingeniería*. Ann Arbor, Michigan: Limusa Wiley.

Tineo Huancas, J. D. (2019). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TERMICA QUE APROVECHE LA BIOMASA RESIDUAL DE CHICLAYO*. [TESIS. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO LAMBAYEQUE].

TODOLUZyGAS. (s.f.). <https://www.todoluzygaz.es>. Obtenido de <https://www.todoluzygaz.es>: <https://www.todoluzygaz.es/gas/diccionario/c/central-termica>

UAEM.MX. (2022). <http://riaa.uaem.mx>. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx>:  
<http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2848/SAPDRN01.pdf?sequence=1>

UNIANDES. (s.f.). [WWW.UNIANDES.EDU.COM](http://WWW.UNIANDES.EDU.COM). Obtenido de  
[WWW.UNIANDES.EDU.COM](http://WWW.UNIANDES.EDU.COM):  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10251/u245573.pdf>

UVA.ES. (s.f.). <http://sostenible.palencia.uva.es>. Obtenido de  
<http://sostenible.palencia.uva.es>:  
<http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

Vasquez, E. A. (2011). *EL BOTADERO DE HAQUIRA*. CUSCO.

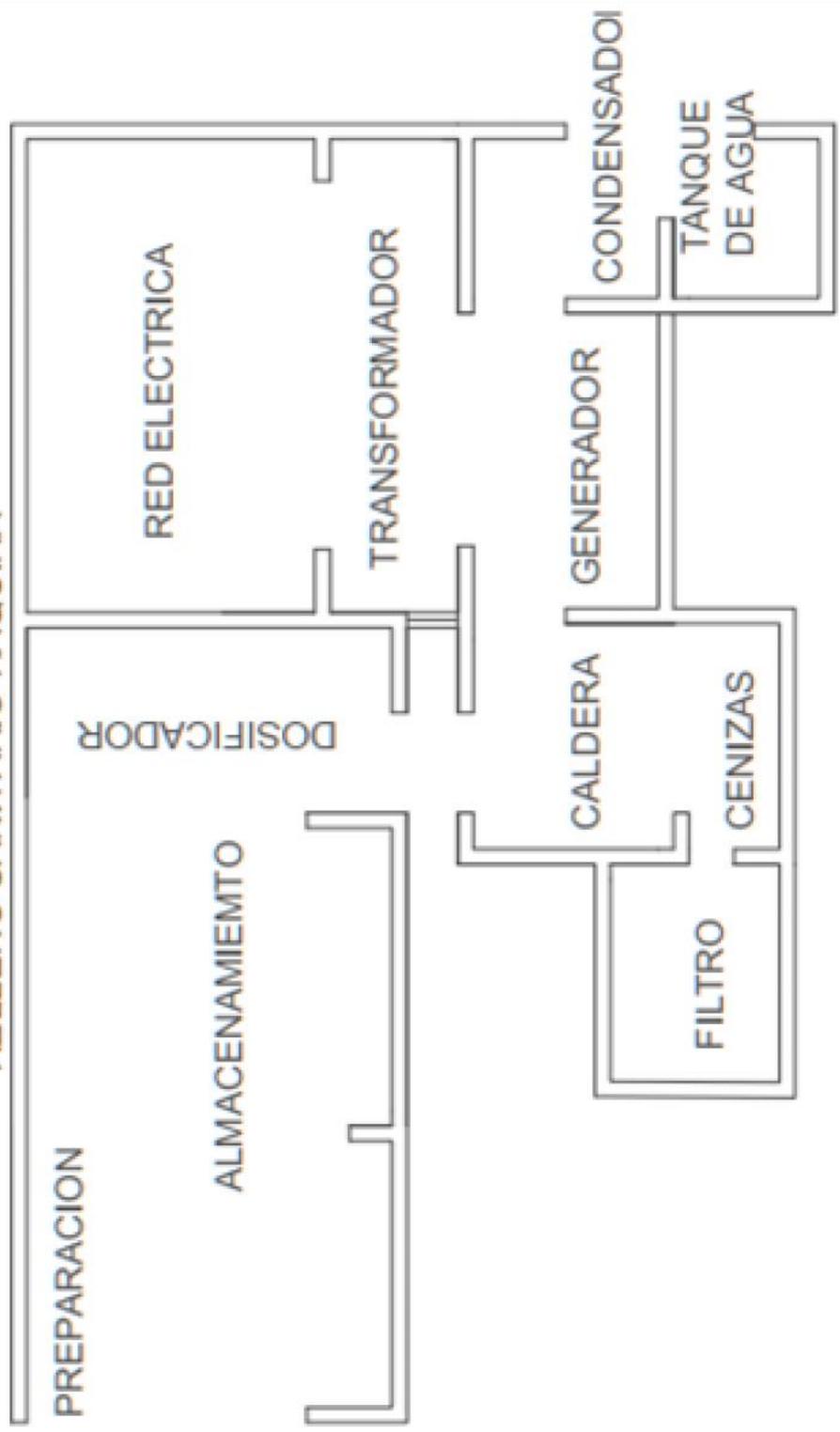
## **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIAS

### “ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA EN EL RELLENO SANITARIO DE HAQUIRA”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general.	Variables:	Metodología de la investigación	Conclusiones
<p>¿De qué manera la realización de un estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa influye en la utilización de los residuos sólidos urbanos que tiene como disposición final el relleno sanitario de Haquira?</p>	<p>Realizar un estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa que utilice los residuos sólidos urbanos que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haquira.</p>	<p>Si se realiza un estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa entonces se utilizara los residuos sólidos urbanos que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haquira.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Relleno sanitario de Haquira.</p>	<p>Tipo y Diseño de Investigación:</p> <p>Tipo de investigación: El presente trabajo de Investigación es del tipo Aplicada.</p> <p>Diseño de investigación: El presente trabajo de Tesis es de Diseño Experimental.</p>	<p>En este trabajo tesis se realizó el estudio de pre factibilidad de una central térmica de biomasa que utilice los residuos sólidos urbanos que tienen como disposición final el relleno sanitario de Haquira.</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿De qué manera la determinación de la cantidad de energía calorífica de la biomasa influirá en la producción energía eléctrica en el relleno sanitario de Haquira con los residuos sólidos urbanos?</p> <p>¿Qué cantidad de energía eléctrica generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haquira?</p> <p>¿De qué manera la determinación del impacto ambiental de la central térmica de biomasa influirá en el relleno sanitario de Haquira?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar la cantidad de energía calorífica de la biomasa para producir energía eléctrica en el relleno sanitario de Haquira con los residuos sólidos urbanos.</p> <p>Determinar la cantidad de energía eléctrica que generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haquira</p> <p>Determinar el impacto ambiental de la central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haquira.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>Con la determinación de la cantidad de energía calorífica de la biomasa entonces se producirá energía eléctrica en el relleno sanitario de Haquira con los residuos sólidos urbanos.</p> <p>Sera posible determinar la cantidad de energía eléctrica que generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haquira</p> <p>Sera posible determinar el impacto ambiental de la central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haquira.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Central Térmica de Biomasa.</p> <p>Variable interviniente:</p> <p>Residuos sólidos urbanos.</p>	<p>Método de Investigación:</p> <p>Enfoque de la Investigación: El presente trabajo de investigación es de Enfoque Cuantitativo.</p> <p>Nivel de Investigación: El presente trabajo de Tesis tiene un nivel Descriptivo – Explicativo.</p> <p>Población y Muestra:</p> <p>Población La población para el presente trabajo serán los residuos que genera a diario la Provincia del Cusco.</p> <p>Muestra La muestra serán los residuos que son recolectados en un día en todos los distritos de la provincia del Cusco</p>	<p>En el presente trabajo tesis se determinó la cantidad 4 806 274.91 Mj de energía calorífica por la combustión de la biomasa para producir energía eléctrica en el relleno sanitario de Haquira con los residuos sólidos urbanos.</p> <p>En el presente trabajo de tesis se determinó la cantidad 360.5 Mwh de energía eléctrica que generara la central térmica de biomasa con los residuos sólidos urbanos que ingresan a diario en el relleno sanitario de Haquira.</p> <p>En el presente trabajo de tesis se determinó el impacto ambiental favorable que tendrá la implementación de una central térmica de biomasa en el relleno sanitario de Haquira sobre la contaminación que actualmente produce.</p>

PLANO DE UBICACION Y DISTRIBUCION DE LA  
CENTRAL TERMICA DE BIOMASA EN EL  
RELLENO SANITARIO HAQUIIRA





### CENTRAL DE BIOMASA SAN JACINTO (21,71 MW)

<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>		AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S.A.A.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Central de Cogeneración de electricidad y vapor, cuenta con una turbina de vapor en ciclo ranking simple en dos calderas bagaceras de vapor.			
<b>UBICACIÓN</b>			
Departamento	Áncash		
Provincia	Santa		
Distrito	Nayapeña		
Altitud	144 metros		
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>			
Potencia Instalada	21,71 MW		
Tipo de Central	Cogeneración		
Nº de Unidades de Generación	1		
Fuente de Energía	Bagazo de caña		
<b>DATOS DE TURBINAS</b>			
<b>T1</b>			
Potencia Nominal	21,71 MW		
Velocidad Angular	-		
Marca	TGM (Modelo RT-40)		
Año de Fabricación	2012		
<b>DATOS DEL GENERADOR</b>			
<b>G1</b>			
Potencia Nominal	27,13 MVA		
Tensión de Generación	13,8 KV		
Factor de Potencia	0,8		
Marca	WEG (Modelo SPW 1120)		
Año de Fabricación	2012		
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>			
<b>T1</b>		<b>T2</b>	
Potencia Nominal	30 MVA	Potencia Nominal	30 MVA
Relación de Transformación	13,8/4,16 KV	Relación de Transformación	13,8/4,16 KV
Marca	EPLI SAC	Marca	EPLI SAC
Año de Fabricación	2013	Año de Fabricación	2013
<b>DATOS DE CONTRATO</b>			
<b>CONDICIONES</b>		<b>FECHAS</b>	
Tipo de Contrato	Concedido Definitiva PER	Inicio de Obras Civiles	10.02.2017 (x)
Firma de Contrato	23.06.2017	POC	13.04.2019 (x)
Número de Contrato	505-2017		
Puesta en Operación Comercial	30.06.2017		



Vista panorámica de la planta industrial



Bagozo triturado para uso de combustible



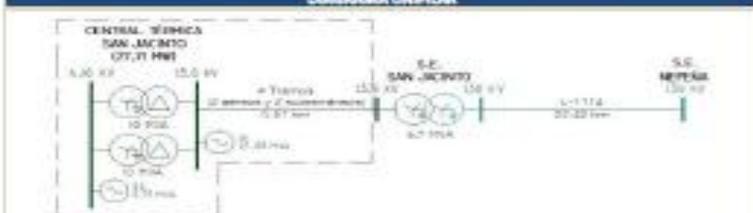
Equipo Turbogenerador



Sala de Tableros de Control y Mando

- INFORMACIÓN RELEVANTE**
- Mediante oficio Nº 912-2017-MDM/SGE del 13.06.2017 el MINEM envía a la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. la Resolución Ministerial Nº 256-2017-MEM/DM, en la cual otorga la Concesión Definitiva de Generación de Recursos Energéticos Renovables.
  - Mediante R.D. Nº 250-2016-PRODUCE/DVM/PE-0/DIGGAM de fecha 16.06.2016 la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria del Ministerio de la Producción, otorga a Agro Industrias San Jacinto S.A.A. la aprobación del Informe Técnico Sustentatorio para el proyecto de implementación del nuevo turbo generador de 21,71 MW.
  - El 06.01.2017, mediante carta COES/DYDP-010-2017, se otorgó la conformidad al Estudio de Pre Operatividad para la conexión al SEIN de la Central de Cogeneración San Jacinto de 21,7MW.
  - El proyecto comprendió la instalación de una Central de Cogeneración de electricidad y vapor, cuenta con una turbina de vapor en ciclo ranking simple en dos calderas bagaceras de vapor.
  - El objetivo es abastecer de energía al área fabril de Agro Industrias San Jacinto S.A.A. y los excedentes al Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN).
  - La conexión al SEIN se realizó en 13,8 KV a la Subestación San Jacinto (propiedad de Hidrandina S.A.).
  - Las obras civiles fueron iniciadas el 10 de febrero 2017, concluidas y entregadas en marzo del 2017.
  - Las obras electromecánicas fueron concluidas en junio 2017. Las Pruebas se realizaron del 05 al 28 de junio del 2017. La puesta en servicio se realizó el 28.06.2017, la cual viene funcionando con resultados satisfactorios siendo su producción actual de 4 a 5 MW.
  - Con carta COES/DYDP-354-2019 del 11.04.2019, el COES aprobó la operación comercial a la Central Térmica San Jacinto con una potencia efectiva de 7,46 MW a partir de la 00:00 horas del 13.04.2019.
  - El monto de inversión aproximado fue de 9 MMUSD, según lo indicado por la concesionaria.

**DIAGRAMA UNIFILAR**



## CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE BIOMASA HUAYACOLORO II (2,4 MW)

**EMPRESA CONCESIONARIA:** EMPRESA CONCESIONARIA ENERGÍA LIMPIA S.A.C.

**DESCRIPCIÓN:** El proyecto comprendió la implementación de la nueva Central Térmica Biomasa Huayacoloro II, la cual utiliza el biogás generado en el relleno sanitario de Huayacoloro.

**UBICACIÓN:**

Departamento	Callao
Provincia	Huachipaí
Distrito	San Antonio
Altitud	60 msnm

**DATOS DE LA CENTRAL:**

Potencia Instalada	2,4 MW
Tipo de Central	Termoeléctrica de Biomasa
N° de Unidades de Generación	2
Fuente de Energía	Biogás

**DATOS DEL MOTOR:**

	Motor 1	Motor 2
Potencia Nominal	1,2 MW	1,2 MW
Velocidad Angular	1500 rpm	1500 rpm
Marca	Caterpillar (Modelo CG170-12)	Caterpillar (Modelo CG170-12)
Año de Fabricación	2016	2016

**DATOS DEL GENERADOR:**

	G1	G2
Potencia Nominal	1,2 MW	1,2 MW
Tensión de Generación	0,48 kV	0,48 kV
Factor de Potencia	0,8	0,8
Marca	Caterpillar (MG/M81 450L B4)	Caterpillar (MG/M81 450L B4)
Año de Fabricación	2016	2016

**DATOS DEL TRANSFORMADOR:**

	T1	T2
Potencia Nominal	1,5 MVA	1,5 MVA
Relación de Transformación	0,48/22,9 kV	0,48/22,9 kV
Marca	Delcrosa	Delcrosa
Año de Fabricación	2016	2016

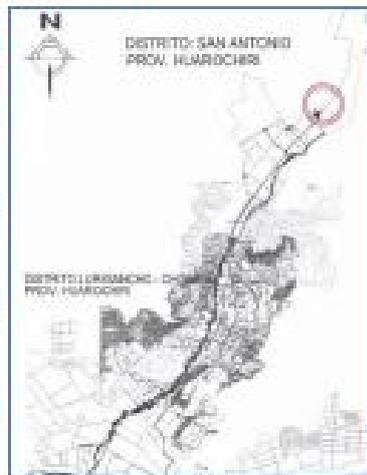
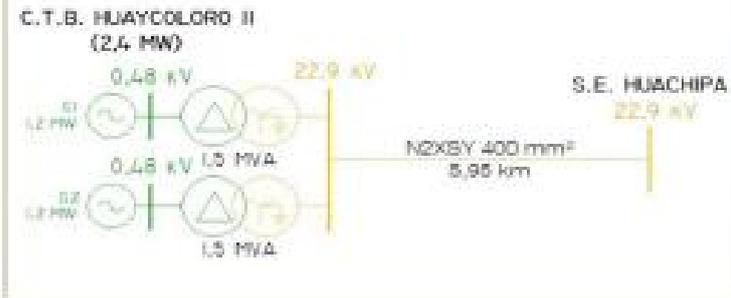
**DATOS DE CONTRATO:**

	FECHAS	HECHOS	FECHAS
Tipo de Contrato	Suministro FER (4ta Subasta)	Cierre Financiero	22.12.2016 (d)
Firma de Contrato	17.05.2016	Llegada de Equipos	15.12.2017 (d)
Energía Ofertada	14,50 GWh/año	Inicio de Obras	06.05.2017 (d)
Precio de la Energía Ofertada	77,00 US\$/MWh	Inicio de Montaje	06.07.2017 (d)
Puesta en Operación Comercial	11.11.2017	POC	29.08.2018 (d)

**INFORMACIÓN RELEVANTE**

- La Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación eléctrica en la futura Central de Biomasa Huayacoloro II de 2,4 MW, fue otorgada mediante R.D. N° 025-2016-09-CRDC-09DM del 28.03.2016.
- El proyecto cuenta con el CIRA y el Instrumento Ambiental.
- El 19.01.2018, el COES aprobó el Estudio de Operatividad del proyecto.
- El 05.06.2018, el COES autorizó la concesión para las pruebas de puesta en servicio de la central.
- La Concesionaria cumplió con las pruebas de puesta en servicio. Se verificó mediante supervisión, que la central generó 2,4 MW (100% de su potencia).
- Mediante carta COES/Dy/D9-707-2018 del 27.08.2018, el COES aprobó la Puesta en Operación Comercial (POC) de la C.T.B. Huayacoloro II, con una potencia efectiva de 2,4 MW, a partir de las 00:00 horas del 29.08.2018.
- El monto de inversión aproximado fue de 2,5 MM US\$, según lo indicado por la Concesionaria.

**DIAGRAMA UNILIN:**



Unidades de Generación C.T.B. Huayacoloro II



Unidades de Generación y Transformación



Ampliación de la Estación de Compensación