

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A BASE DE BIOGÁS PRODUCIDO POR LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Gian Franco Gil Lozano**

**Código 20130553**

**Octavio Rafael Valera Ramirez**

**Código 20131373**

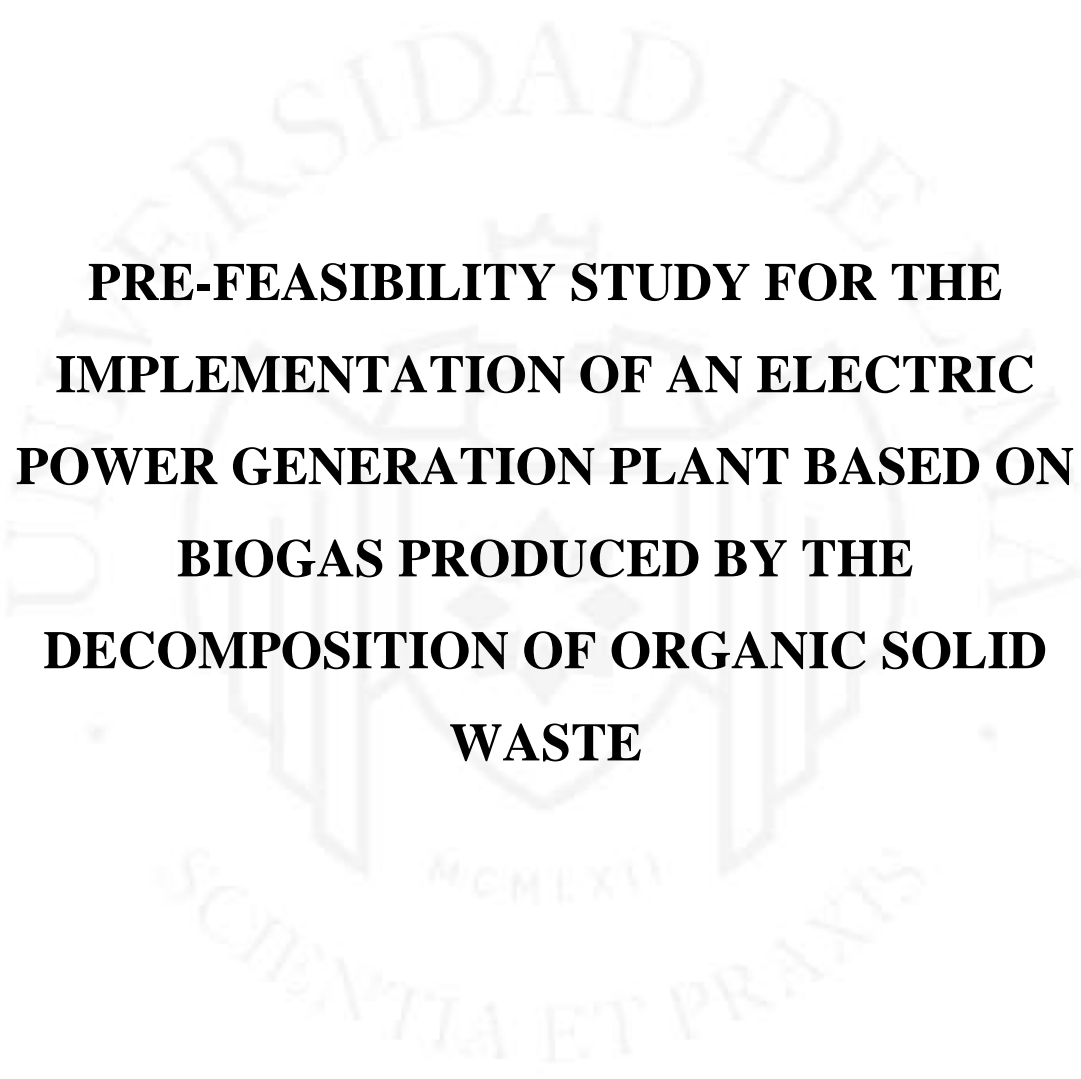
**Asesor**

George Felix Power Porto

Lima – Perú

Octubre de 2022





**PRE-FEASIBILITY STUDY FOR THE  
IMPLEMENTATION OF AN ELECTRIC  
POWER GENERATION PLANT BASED ON  
BIOGAS PRODUCED BY THE  
DECOMPOSITION OF ORGANIC SOLID  
WASTE**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XV</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática.....	1
1.2 Objetivos de la investigación.....	1
1.3 Alcance de la investigación.....	2
1.3.1 Unidad de análisis.....	2
1.3.2 Población .....	2
1.3.3 Espacio.....	2
1.3.4 Tiempo.....	2
1.4 Justificación del tema.....	3
1.4.1 Técnica.....	3
1.4.2 Económica .....	3
1.4.3 Social .....	3
1.5 Hipótesis de trabajo .....	4
1.6 Marco referencial .....	4
1.7 Marco conceptual .....	5
<b>CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Aspectos generales del estudio de mercado.....	8
2.1.1 Definición del giro de negocio del servicio.....	8
2.1.2 Principales beneficios del servicio .....	8
2.1.3 Macrolocalización del servicio .....	9
2.1.4 Análisis del entorno .....	9
2.1.5 Modelo de negocios.....	11
2.1.6 Determinación de la metodología que se empleará en la investigación de mercado .....	13
2.2 Análisis de la demanda.....	13
2.2.1 Data Histórica del consumidor y sus patrones de consumo .....	13
2.2.2 Demanda potencial .....	15

2.3	Análisis de la oferta .....	16
2.3.1	Análisis de la competencia .....	16
2.3.2	Beneficios ofertados por los competidores directos .....	17
2.3.3	Análisis competitivo y comparativo .....	18
2.4	Determinación de la demanda para el proyecto .....	20
2.4.1	Segmentación del mercado .....	20
2.4.2	Selección de mercado meta .....	20
2.4.3	Determinación de la participación del mercado para el proyecto.....	20
2.5	Definición de la estrategia de comercialización .....	21
2.5.1	Políticas de plaza .....	21
2.5.2	Publicidad y promoción .....	21
2.5.3	Análisis de precios .....	21
	<b>CAPÍTULO III: LOCALIZACIÓN DE PLANTA .....</b>	<b>23</b>
3.1	Identificación y análisis detallado de los factores de microlocalización .....	23
3.2	Identificación y descripción de las alternativas de microlocalización .....	24
3.3	Evaluación y selección de localización .....	26
	<b>CAPÍTULO VI: DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO .....</b>	<b>28</b>
4.1	Relación tamaño- mercado.....	28
4.2	Relación tamaño-recursos .....	28
4.3	Relación tamaño-tecnología .....	29
4.4	Relación tamaño-inversión.....	29
4.5	Relación-punto de equilibrio .....	30
4.6	Selección de la dimensión del servicio .....	31
	<b>CAPÍTULO V: INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>32</b>
5.1	Proceso para la realización del servicio .....	32
5.1.1	Descripción del proceso del servicio .....	32
5.1.2	Diagrama de flujo del servicio.....	36
5.2	Descripción del tipo de tecnología a usarse en el servicio .....	37
5.2.1	Naturaleza de la tecnología requerida .....	37
5.3	Capacidad instalada .....	42

5.3.1	Identificación y descripción de los factores que intervienen en brindar el servicio .....	42
5.3.2	Determinación del factor limitante de la capacidad .....	42
5.3.3	Determinación del número de recursos del factor limitante.....	42
5.3.4	Determinación del número de recursos de los demás factores .....	42
5.3.5	Cálculo de la capacidad de atención.....	43
5.4	Resguardo de la calidad.....	43
5.4.1	Calidad del proceso y del servicio .....	43
5.4.2	Niveles de satisfacción del cliente.....	43
5.4.3	Medidas de resguardo de la calidad.....	43
5.5	Impacto ambiental .....	44
5.6	Seguridad y salud ocupacional.....	49
5.7	Sistemas de Mantenimiento.....	53
5.8	Programa de operaciones del servicio .....	53
5.8.1	Consideraciones sobre la vida útil del proyecto .....	53
5.8.2	Programa de operaciones durante la vida útil del proyecto.....	55
5.9	Requerimiento de materiales, personal y servicio .....	55
5.9.1	Materiales para el servicio .....	55
5.9.2	Determinación del requerimiento de personal de atención al cliente .....	56
5.9.3	Servicios terceros.....	56
5.9.4	Otros: energía eléctrica, agua, transportes, etc. ....	56
5.10	Soporte físico del servicio.....	57
5.10.1	Factor edificio.....	57
5.10.2	El ambiente del servicio .....	58
5.11	Disposición de la instalación del servicio .....	58
5.11.1	Disposición general .....	58
5.11.2	Disposición final de detalle .....	59
5.12	Cronograma de implementación del proyecto .....	60
	<b>CAPÍTULO VI: ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN .....</b>	<b>61</b>
6.1	Formación de la organización empresarial. ....	61
6.2	Requerimientos de personal directivo, administrativo y de servicios; y funciones generales de los principales puestos de trabajo. ....	61

6.3	Esquema de la estructura organizacional .....	62
<b>CAPÍTULO VII: PRESUPUESTOS Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO ..</b>		<b>64</b>
7.1	Inversiones .....	64
7.1.1	Estimación de inversiones de largo plazo (tangibles e intangibles) .....	64
7.1.2	Estimación de las inversiones de corto plazo (capital de trabajo) .....	66
7.2	Costos de las operaciones del servicio .....	67
7.2.1	Costos de materiales del servicio.....	67
7.2.2	Costo de los servicios (energía eléctrica, agua, transporte, etc) .....	68
7.2.3	Costo del personal .....	68
7.3	Presupuesto de ingresos y egresos .....	70
7.3.1	Presupuesto de ingreso por ventas .....	70
7.3.2	Presupuesto de costos del servicio.....	71
7.3.3	Presupuesto operativo de gastos generales .....	72
7.4	Presupuestos financieros.....	74
7.4.1	Presupuesto de servicio de deuda .....	74
7.4.2	Presupuesto de Estados de resultados .....	75
7.4.3	Presupuesto de estado de situación financiera.....	75
7.5	Flujo de fondos netos .....	77
7.5.1	Flujo de fondos económicos .....	77
7.5.2	Flujo de fondos financieros .....	77
7.6	Evaluación Económica y financiera.....	78
7.6.1	Evaluación económica: VAN, TIR, B/C, PR .....	78
7.6.2	Evaluación financiera: VAN, TIR, B/C, PR.....	79
7.6.3	Análisis de los resultados económicos y financieros del proyecto.....	79
7.6.4	Análisis de sensibilidad del proyecto .....	80
<b>CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO.....</b>		<b>82</b>
8.1	Indicadores sociales .....	82
8.2	Interpretación de indicadores sociales .....	82
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>85</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>90</b>





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipo de unidad de análisis .....	2
Tabla 1.2 Comparación de condiciones .....	5
Tabla 1.3 Porcentaje de componentes.....	6
Tabla 1.4 Tipo de combustible .....	7
Tabla 2.1 Centrales de biomasa en el Perú .....	17
Tabla 2.2 Enfrentamiento entre oportunidades y amenazas .....	19
Tabla 2.3 Factores determinantes de éxito.....	19
Tabla 2.4 Segmentación de la producción de energías renovables del mercado eléctrico peruano.....	20
Tabla 2.5 Demanda atendida del proyecto.....	21
Tabla 2.6 Potencia instalada y energía generada del proyecto .....	21
Tabla 2.7 Tendencia de precios .....	22
Tabla 3.1 Matriz de enfrentamiento.....	27
Tabla 3.2 Matriz de evaluación.....	27
Tabla 4.1 Proyección de generación de residuos sólidos.....	29
Tabla 4.2 Inversión por proyecto de biogás.....	30
Tabla 4.3 Punto de equilibrio.....	31
Tabla 4.4 Tamaño de planta de mayor relevancia .....	31
Tabla 5.1 Características del biogás en el motor de combustión.....	34
Tabla 5.2 Promedio de energía eléctrica a base de biogás al 60% de metano.....	37
Tabla 5.3 Matriz de equipos de protección personal .....	50
Tabla 5.4 Matriz de IPERC.....	52
Tabla 5.5 Programa de operaciones .....	55
Tabla 5.6 Generación de residuos sólidos (ton/año).....	57
Tabla 5.7 Diagrama de Gantt.....	60
Tabla 7.1 Inversión Total.....	64
Tabla 7.2 Costo de activos fijos tangibles .....	64
Tabla 7.3 Costo de activos fijos intangibles .....	65
Tabla 7.4 Capital de trabajo .....	66
Tabla 7.5 Presupuesto de Residuos Orgánicos .....	67

Tabla 7.6 Presupuesto de bolsas .....	67
Tabla 7.7 Presupuesto de agua.....	67
Tabla 7.8 Presupuesto del coagulante.....	68
Tabla 7.9 Costo de servicios .....	68
Tabla 7.10 Costo de personal de planta .....	69
Tabla 7.11 Costo de Operarios .....	69
Tabla 7.12 Costo de personal de soporte de planta.....	70
Tabla 7.13 Presupuesto de ingresos por ventas .....	70
Tabla 7.14 Costo CIF.....	71
Tabla 7.15 Presupuesto del costo del servicio .....	71
Tabla 7.16 Presupuesto de gastos administrativos.....	72
Tabla 7.17 Gastos de depreciación y amortización .....	73
Tabla 7.18 Estructura de financiamiento .....	74
Tabla 7.19 Cronograma de amortizaciones y pago de intereses en soles.....	74
Tabla 7.20 Estados de resultados en soles .....	75
Tabla 7.21 Estado de situación financiera en soles (apertura).....	76
Tabla 7.22 Estado de situación financiera en soles (cierre).....	76
Tabla 7.23 Flujo de fondos económicos en soles .....	77
Tabla 7.24 Flujo de fondos financieros en soles.....	77
Tabla 7.25 Indicadores económicos.....	78
Tabla 7.26 Indicadores Financieros .....	79
Tabla 7.27 Ratios de liquidez .....	79
Tabla 7.28 Ratios de solvencia .....	79
Tabla 7.29 Ratios de rentabilidad .....	80
Tabla 8.1 Cálculo del Valor agregado .....	82
Tabla 8.2 Densidad de capital.....	83
Tabla 8.3 Intensidad de capital .....	83
Tabla 8.4 Relación Producto – capital .....	83
Tabla 8.5 Productividad de la mano de obra .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema del proceso de generación de biogás .....	10
Figura 2.2 Potencia Efectiva en MW .....	14
Figura 2.3 Consumo promedio nacional por persona en kWh .....	15
Figura 2.4 Distribución de la producción de recursos energéticos renovables 2018 (%) .....	16
Figura 2.5 Comparación de los usos del biogás.....	17
Figura 3.1 Subestación eléctrica Santa Rosa .....	25
Figura 3.2 Subestación eléctrica Chavarria .....	25
Figura 3.3 Subestación eléctrica Ventanilla .....	26
Figura 4.1 Energía Subastada .....	28
Figura 4.2 Gráfica polinómica de la energía generada por cada inversión.....	30
Figura 5.1 Diagrama de Operaciones del Proceso.....	35
Figura 5.2 Diagrama de balance de materia .....	36
Figura 5.3 Proceso de Producción .....	40
Figura 5.4 Matriz de Leopold .....	47
Figura 5.5 Cadena de suministro .....	55
Figura 5.6 Ubicación de Planta.....	58
Figura 5.7 Plano general .....	59
Figura 6.1 Organigrama.....	63
Figura 7.1 Fórmulas COK .....	78
Figura 7.2 Análisis de sensibilidad del VAN Económico .....	80
Figura 7.3 Análisis de sensibilidad del VAN Financiero .....	81

# ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Simulación .....	93
---------------------------	----



## RESUMEN

El presente proyecto abarca el desarrollo de una planta de generación eléctrica a base de biogás producido por la descomposición de residuos orgánicos ubicada en Lima Metropolitana.

Este proyecto es atractivo debido a que el estado promueve constantemente el desarrollo de los Recursos Energéticos Renovables (RER) mediante una legislación a favor. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas (OSINERGMIN) viene realizando subastas de licitaciones energéticas, las cuales tienen un periodo de duración de 20 años.

Para obtener la viabilidad del presente proyecto es necesario realizar varios estudios, los cuales están compuestos por capítulos.

En el capítulo 1, se explica los aspectos generales de la investigación. Además, la problemática, los objetivos específicos y generales.

En el capítulo 2, se explica los aspectos del estudio de mercado, cabe mencionar que nuestro único cliente es el estado peruano.

En el capítulo 3, se analizó la localización más adecuada para nuestra planta

En el capítulo 4, se realizó el análisis de la selección del tamaño de la planta, en el cual influyeron diversos factores tales como la tecnología, la inversión, el mercado y la cantidad de desechos orgánicos necesarios para generar energía eléctrica.

En el capítulo 5, se realizó la descripción de la ingeniería del proyecto, en el cual se describe el servicio que realizaremos, los procesos que involucran y las tecnologías existentes.

En el capítulo 6, se explica de la organización empresarial, la cantidad de trabajadores que tendremos en nuestra planta, directorio, personal administrativo y de servicios; y las funciones que les corresponde.

En el capítulo 7 se explica tanto los aspectos económicos como financieros. Además, demostrar mediante los indicadores VAN, TIR y B/C el motivo por el cuál nuestro proyecto sería rentable.

En el capítulo 8 se realiza el análisis de la evaluación social, el cual comprende los indicadores sociales y la interpretación del valor del resultado de cada uno.

Palabras claves: Electricidad, Biogás, Desechos orgánico, Medio Ambiente y Preservación



## ABSTRACT

This project involves the development of an electricity generation plant based on biogas produced by the decomposition of organic waste located in Metropolitan Lima.

This project is attractive because the state is constantly promoting the development of Renewable Energy Resources (RER) through favorable legislation. The aim is to give it a greater participation in the topic of clean energies in the energy matrix. The entity OSINERGMIN has been conducting energy bidding auctions for a period of 20 years since 2010.

In order to assess the feasibility of the present project it is necessary to carry out several studies, which are composed by chapters.

Chapter 1 explains the general aspects of the research. In addition, the problem, the specific and general objectives.

Chapter 2 explains the aspects of the market study, it is worth mentioning that our only client is the Peruvian government.

In chapter 3, we analyzed the most appropriate location for our plant.

In chapter 4, the analysis of the selection of the size of the plant was carried out, which was influenced by various factors such as technology, investment, market, and the amount of organic waste needed to generate electricity.

In chapter 5, we described the engineering description of the project, in which we describe the service we will provide, the processes involved and the existing technologies.

In chapter 6, we explain the business organization, the number of workers we will have in our plant, board of directors, administrative and service personnel, and their corresponding functions.

Chapter 7 explains both the economic and financial aspects. In addition, we will demonstrate by means of the NPV, IRR and B/C indicators the reason why our project would be profitable.

In chapter 8, the analysis of the social evaluation is carried out, which includes the social indicators and the interpretation of the value of the result of each one.

Key words: Electricity, Biogas, Organic waste, Environment and Preservation.





# CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

## 1.1 Problemática

¿Somos conscientes a dónde va la basura que tiramos cada noche? Según Alberto Huiman, especialista en residuos sólidos, en Lima se producen al día más de 9 000 toneladas de residuos sólidos, en promedio se genera 0,61 Kg/hab·día de estos y el 50% son de origen orgánico. En un reportaje de Voz Ciudadana, el especialista en residuos sólidos, Alberto Huiman comentó sobre la gestión de residuos sólidos en la actualidad:

Lamentablemente, el problema de los residuos sólidos es preocupante, porque sólo se recicla formalmente 1,9% de los residuos recolectados, esto denota un serio problema como país, primero porque hay una gran informalidad en la actividad y segundo porque no se vuelve atractivo el mercado y se tiene que trabajar fuertemente tanto el sector público y privado en proveer las condiciones necesarias para que esto sea una actividad ambiental sostenible. (Salazar, 2019)

Creemos que la ciudadanía va mucho más rápida que los gobiernos para cubrir las necesidades que tenemos; por esto, creemos que las personas deberían liderar el cambio que necesitamos. Se debe crear más conciencia sobre la utilidad y beneficios de las energías renovables y promover políticas de segregación de todo tipo de residuos.

La problemática de la investigación es identificar la prefactibilidad de la instalación de una planta generadora de energía eléctrica a base de residuos orgánicos. Actualmente, la oferta del mercado la abarcan pocas empresas de energía; este recurso es parte fundamental para la propia existencia de las personas.

## 1.2 Objetivos de la investigación

Determinar la factibilidad comercial, técnica, económica y social para la instalación de una planta generadora de electricidad a base de residuos orgánicos. Adicionalmente, se determinaron los siguientes objetivos específicos:

- Demostrar la mejor opción de localización
- Elegir el tamaño de planta ideal

- Diseñar un proceso de alta eficiencia
- Especificar la estructura organizacional
- Estimar los indicadores económicos y financieros del estudio

### 1.3 Alcance de la investigación

#### 1.3.1 Unidad de análisis

En el estudio contamos con una unidad de análisis por cada capítulo:

**Tabla 1.1**

*Tipo de unidad de análisis*

<b>Capítulo</b>	<b>Unidad de Análisis</b>
Aspectos generales	Tema de investigación
Estudio de mercado	Estado peruano
Localización de planta	Ciudad y Distrito
Tamaño de planta	Capacidad de producción
Ingeniería de proyecto	Sistema de producción
Organización y Administración	Estructura Organizacional
Presupuestos y evaluación	Indicadores económicos y financieros

#### 1.3.2 Población

El proyecto se centra a la población del país, debido a que nosotros participamos en un concurso mediante una subasta que va destinado a proveer electricidad al estado peruano.

#### 1.3.3 Espacio

El servicio de distribución se encarga el estado peruano para la población que reside en Lima – Perú, debido a que nosotros nos encargamos de la generación de energía eléctrica.

#### 1.3.4 Tiempo

La duración del proyecto será de 5 años. Este tiempo puede variar, en caso el estado identifique un tiempo de proyecto de mayor alcance.

## **1.4 Justificación del tema**

### **1.4.1 Técnica**

El proyecto se justifica porque la tecnología para la producción de energía eléctrica a partir de los desechos orgánicos se encuentra desarrollada en todo el mundo como en España, Francia, México, EE. UU, Alemania, etc. Además, el proyecto se acoplará a los recursos y distintos canales del entorno limeño, para optimizar la productividad.

La alternativa es sustentable y sostenible, además que existe la oportunidad de promover proyectos de separación de residuos orgánicos para la obtención de energía (Calderón Rocha et al, 2017). Es importante tener en cuenta que en Lima se generan 4 500 toneladas diarias de residuos orgánicos en total, de los cuales más del 90% pueden ser transformados en electricidad, calor, iluminación o potencia mecánica.

### **1.4.2 Económica**

El proyecto se justifica porque la producción de energía eléctrica podría representar una gran rentabilidad económica, ya que el costo neto de la materia prima es muy reducido, este costo dependerá de las políticas de segregación de residuos sólidos de cada municipalidad, que tienen a su cargo la gestión de los residuos municipales atribuida mediante la recaudación de arbitrios.

El proceso debe ser práctico y de bajo costo, optimizando cada parámetro para lograr la eficiencia de la inversión.

### **1.4.3 Social**

Con el tiempo, las empresas se han motivado para incursionar en la industria de energía renovable. El proyecto se justifica porque al pasar el tiempo, aumenta la conciencia en las personas y en el estado; se está intentando de implementar leyes que regulan los desechos orgánicos. Además, el estado promueve la generación de estas energías mediante subastas.

En cuanto a los aspectos ambientales, se reduce la huella de carbono, se supone una optimización de la producción, utiliza materia prima renovable y se reducen los residuos orgánicos contaminantes junto con las muertes por enfermedades de la mala gestión de estos. Además, los residuos sólidos son un recurso renovable que puede

utilizarse como materia prima como reemplazo de diferentes fuentes que generan mayor impacto y daño como lo son los combustibles fósiles.

### **1.5 Hipótesis de trabajo**

La instalación de una planta de producción de energía eléctrica a partir de los residuos orgánicos es factible comercial, técnica, económica y socialmente.

### **1.6 Marco referencial**

El desarrollo de la sociedad y la economía de un país, en gran parte, se da gracias a la industria eléctrica, ya que la gran parte de la economía es sustentada por la energía eléctrica, además de crear bienestar y mejorar la calidad de vida de las personas. (OSINERGMIN, 2016).

La tesis publicada por Pérez Rosales (2006) titulada “Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos”, evalúa el cambio del uso de energía renovable y mitiga la dependencia energética y su uso desmedido.

En cuanto a la obtención de información técnica, el artículo escrito por Reyes Aguilera (2016) titulado “Producción de Biogás a partir de biomasa” contiene información de la producción de biogás, se relaciona con el presente estudio con respecto a la cantidad promedio de residuos orgánicos recolectados para la generación del biogás. Adicionalmente, en la tesis de Cifuentes Tabarés (2019) titulada “Caracterización del proceso de combustión de biogás, obtenido de residuos orgánicos haciendo uso del programa Boost de AVL”, se analiza en el proceso de descomposición de residuos sólidos y la tecnicidad de la producción de energía; es decir, el proceso de transformación de materia y energía.

Para un mejor entendimiento de la gestión de residuos sólidos y de los planes a futuro que diseñan se tomó en consideración el estudio de caso del Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid, este estudio examina la gestión integral de los residuos sólidos en base al modelo de Ciudad Saludable en el Perú. Adicionalmente, en los últimos años se presentaron propuestas de ley que determinan las acciones que deben tener las personas naturales y jurídicas, de derecho público o privado, en cuanto a la generación de residuos sólidos y a las

actividades que conllevan (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014), como la Ordenanza Municipal N°1778-2014-MML de la Gestión Metropolitana de Residuos Sólidos Municipales publicada en el portal de la Municipalidad y en el T.U.P.A. del Ministerio del Ambiente.

## 1.7 Marco conceptual

El estudio se orienta a la producción de biogás que se genera mediante la fermentación anaerobia, que quiere decir un ambiente sin oxígeno, de la biomasa, que es un conjunto de materia biológicamente renovable (Espinosa Mantilla, 2021). Para el estudio se eligió biomasa los residuos orgánicos que se generan en la ciudad; con el apoyo de las municipalidades se trasladarán los desechos en camiones para su tratamiento. Estos residuos se obtienen mediante la separación y tratamiento que se debe hacer antes de enviarse los residuos a los botaderos. La materia prima requiere una separación previa, así eliminar el material inorgánico o material improductivo, seguidamente, se almacena el material en tanques cerrados. Cuando se obtiene la cantidad suficiente de residuos se realiza un control de calidad para confirmar que se encuentran en las condiciones óptimas para su descomposición. La siguiente tabla muestra las cantidades ideales en base a dos estudios.

**Tabla 1.2**

*Comparación de condiciones*

Condición	(Nursen & Coautores, 2004)	(Wang & Coautores, 2011)
pH	6,6 a 7,6	6,8 a 7,5
Temperatura (°C)	32 a 42	25 a 30
Potencial Redox (mV)	-	< - 350

*Nota.* De *Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo*, por D. de La Merced Jimenez, 2012 (<http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/31560>)

Se utilizará el promedio de cada resultado de ambos estudios. El material orgánico ingresa al biodigestor, donde se realizará el principal proceso: la digestión. A condiciones controladas se permite la descomposición de la materia orgánica en ambiente anaeróbico; la propia digestión la realizan microorganismos que viven sin oxígeno (Varnero Moreno, 2011). A este proceso también se conoce como podredumbre o digestión libre de oxígeno y sigue la cadena alimentaria. Los microorganismos son los encargados de digerir la materia orgánica; estos pertenecen a un grupo específico de bacterias que consumen la materia orgánica y producen metano (Aguamarket, s.f.).

El flujo de salida de materia del proceso se compone de los siguientes elementos: Biogás (Metano, Dióxido de carbono y otros) y Biofertilizante (fortalecen raíces y floración de plantas). La siguiente tabla muestra el porcentaje de cada componente que se encuentra en el flujo de salida del biodigestor:

**Tabla 1.3**

*Porcentaje de componentes*

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Metano	40 - 75
CO <sub>2</sub>	20 - 55
Vapor de Agua	0 - 10
Nitrógeno	0 - 5
Oxígeno	0 - 2
Hidrógeno	0 - 1
Aminoácidos	0 - 1
Compuestos de Azufre	0 - 1

*Nota.* De *Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo*, por D. de La Merced Jimenez, 2012 (<http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/31560>)

El gas obtenido pasa a un proceso de purificación, donde se eliminan los ácidos y material contaminante, así obtener un gas con un porcentaje de metano ideal (60%). A condiciones adecuadas se puede lograr una producción óptima, para cualquier tipo de ingreso de residuos, el biogás producido tiene el poder calorífico más bajo que el de gas natural y, a su vez, este es más bajo que el GLP y el subproducto (material líquido y sólido) sirve como un biofertilizante, debido a que contiene altos grados de nutrientes que pueden ser comercializados, reemplazando a los fertilizantes químicos. Para controlar correctamente la producción de biogás, se instalan antorchas en caso haya una sobre generación. Si los propietarios de las plantas que no generen electricidad, pero si el gas como producto final, se le puede equipar a la planta sistemas de eliminación de CO<sub>2</sub> y refinamiento para la producción de bio-metano. Finalmente, el biogás producido ingresa a un motor de combustión interna (MCI) para poder realizarse la generación de energía eléctrica, la cual se transmite mediante las líneas de distribución que tienen como destinos finales calentar y acondicionar un domicilio o un área comercial e institucional. A continuación, se muestra una tabla con las especificaciones del poder calorífico de algunos combustibles:

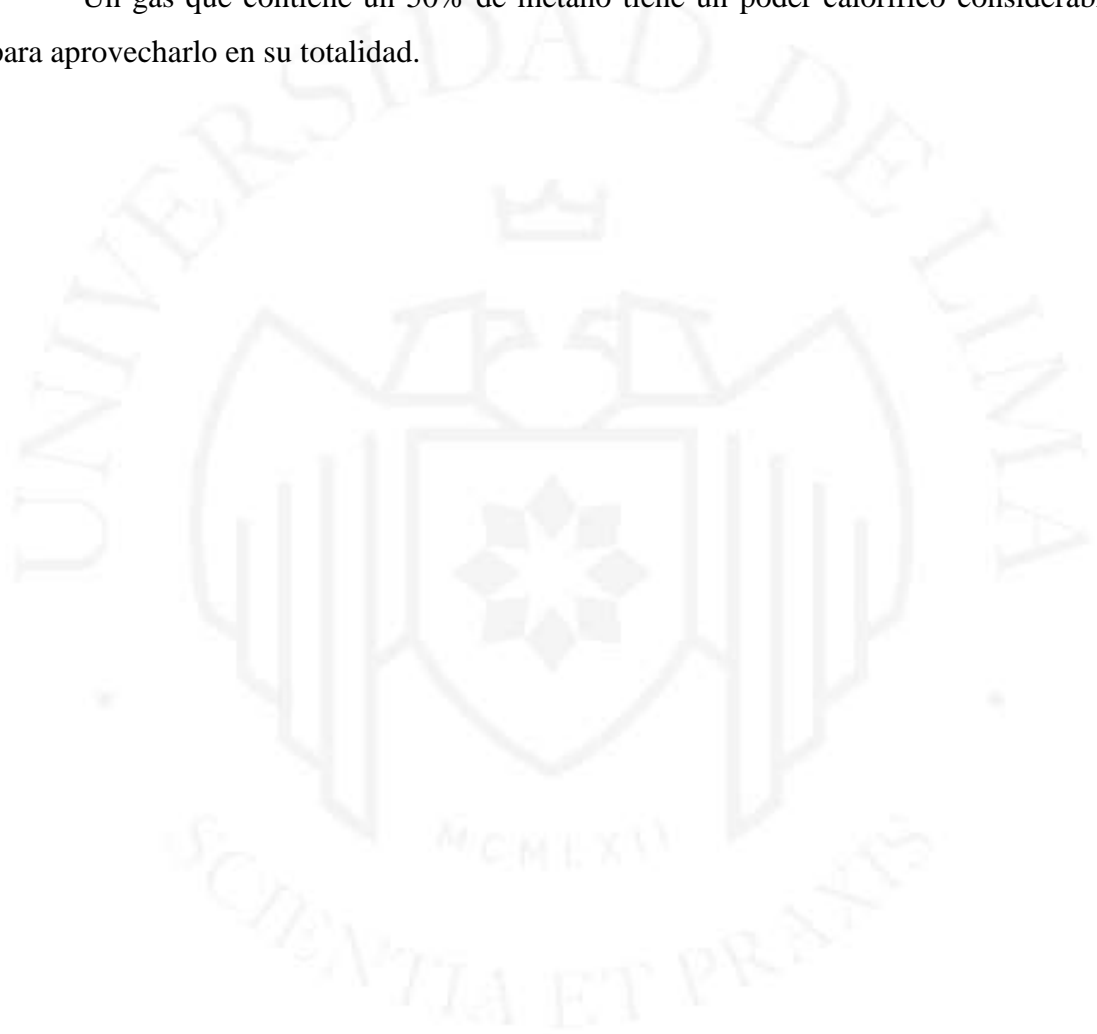
**Tabla 1.4**

*Tipo de combustible*

<b>Combustible</b>	<b>Poder Calorífico Inferior (kJ/Kg)</b>
Gasolina	46 522,5
90% CH <sub>4</sub> 10% CO <sub>2</sub>	38 258,81
50% CH <sub>4</sub> 50% CO <sub>2</sub>	13 319,73

*Nota.* De Una alternativa energética para los rellenos sanitarios urbanos y un beneficio mitigador de cambio climático, por C. G. Borda Pérez, 2016 (<http://hdl.handle.net/10654/15271>)

Un gas que contiene un 50% de metano tiene un poder calorífico considerable para aprovecharlo en su totalidad.



## **CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO**

### **2.1.Aspectos generales del estudio de mercado**

#### **2.1.1 Definición del giro de negocio del servicio**

Entendemos como producto todo aquello que satisface a una necesidad ofreciendo una marca en el mercado. Con este punto de vista, los productos tienen que evolucionar, así cumplir con las expectativas que se tienen, fidelizando a los clientes, además de crear un valor agregado (Osterwalder & Pigneur, 2019).

Por esto, el servicio propuesto es proporcionar energía eléctrica generada por el biogás producido con residuos orgánicos, a través de una planta de 31 000 MWh/año de potencia instalada.

El cliente potencial es el estado peruano y se inyectará la electricidad por medio del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). El voltaje trifásico de salida será de 138 kV y se instalará en Lima Metropolitana donde hay un alto índice de generación de residuos orgánicos. El consumo de energía se establecerá en el contrato adjudicado en la Subasta de Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables, propuesto por Osinergmin (Resolución Viceministerial N° 052-2015-MEM/VME, 2015). Después de ganar la buena pro del gobierno, se tendrá el tiempo de dos años para poner en marcha el proyecto y posteriormente 20 años de plazo de la adjudicación de la subasta. El estudio se enfoca en ganar la subasta.

#### **2.1.2 Principales beneficios del servicio**

- a. Servicio principal: Nuestro servicio principal es la generación de la energía eléctrica a partir de los residuos sólidos urbanos. Dentro de la subasta a partir de la biomasa, el proyecto estaría participando junto con la producción de energía eléctrica a partir de residuos forestales, residuos sólidos agrícolas y residuos sólidos urbanos incinerados. Además, de la generación a partir de la energía eólica y la fotovoltaica.
- b. Servicios complementarios: Los principales servicios que se complementan con el proyecto vendrían a ser la distribución y transmisión de la energía, la transformación del voltaje con la finalidad de ajustar la calidad de la energía



eléctrica a lo requerido por el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional de Perú (SEIN). Además, este proyecto también busca concientizar a la población, tanto niños, jóvenes y adultos, sobre el uso y transformación de los residuos sólidos en energía eléctrica. Finalmente, impulsar el estudio de tecnologías similares en el Perú.

### **2.1.3 Macrolocalización del servicio**

Al largo plazo, el proyecto podría desarrollar buenas conexiones con los clientes privados. La planta se encontrará en la región de Lima Metropolitana; así tener facilidad de acceso a insumos y alianzas, desde el recojo de residuos, la transmisión proporcionada por el SEIN hasta los clientes, las municipalidades y el estado.

### **2.1.4 Análisis del entorno**

#### **Análisis del macroentorno (PESTEL)**

- **Factores políticos**

Las nuevas tecnologías y la promoción de la concientización incentivan al estado a promover la sostenibilidad. Según el Ministerio del Ambiente, existe un plan anual de valorización de desechos sólidos orgánicos municipales fiscalizado por la OEFA.

- **Factores económicos**

Nos encontramos con un panorama positivo debido a que está siendo más atractivo para los inversionistas: la energía renovable junto con la visión de un futuro de carbono neutralidad está tomando más protagonismo; de igual forma el crecimiento dependerá del aumento del PBI.

- **Factores socioculturales**

A nivel mundial, la conciencia de cuidar al medio ambiente es un tema bastante considerado. En el Perú, existen distintos programas de concientización por el cuidado ambiental, ya sean promovidos por el estado o por los mismos pobladores.

- **Factores tecnológicos**

Los avances tecnológicos están transformando la manera de hacer las cosas, esto presenta retos y ventajas para el proyecto; la tecnología que se utilice puede diferenciarnos de la competencia. La instalación de una planta de

generación de energía representaría un importante aporte para desarrollar la tecnología en el país.

- **Factores ecológicos**

El proyecto propone una solución a la contaminación por residuos sólidos en el Perú y una reducción del uso de combustibles fósiles; así reducir la emisión de gases efecto invernadero y el daño ecológico que podrían significar si no son tratados.

- **Factores legales**

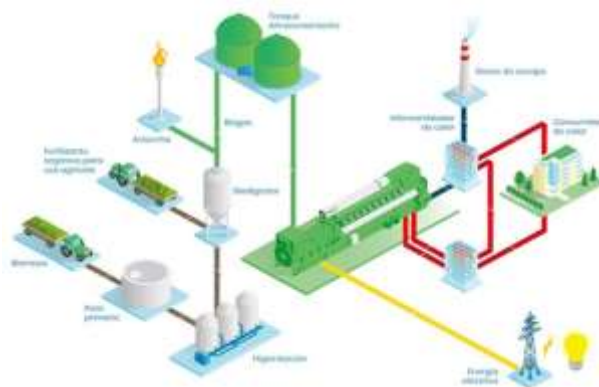
Existe un marco legal de trabajo que se enfoca justamente en la sostenibilidad, avalado por leyes como la ley General de Residuos (N° 27314) que tiene como “finalidad el manejo integral y sostenible mediante la integración y compatibilización de las políticas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos” (Ley 27314, 2000).

### **Análisis del sector**

Existen 4 subsectores principales en el sector eléctrico: La generación, la transmisión, la distribución y los clientes. Teniendo en cuenta que existe un monopolio en la distribución de electricidad, el presente proyecto se enfoca en optimizar la generación de la energía eléctrica; para un mejor entendimiento de cada etapa, la siguiente imagen detalla cada parte del proceso:

### **Figura 2.1**

*Esquema del proceso de generación de biogás*



*Nota:* De Generación de energía a partir de biogás proveniente de una cervecería, por World Energy Trade, 2020 (<https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/biomasa/generacion-de-energia-a-partir-de-biogas-proveniente-de-una-cerveceria>)

### 2.1.5 Modelo de negocios

Se explicará el modelo de negocios Canvas y los principales aspectos que involucran el negocio:

#### a. Aliados Clave

- Estado Peruano: Es importante mantener una buena relación con el estado peruano, debido a que es nuestro único cliente al cual le brindaremos el servicio de electricidad; es decir, nuestros ingresos provienen de aquí.
- Municipalidad de Lima Metropolitana: Es importante realizar buenas coordinaciones con la municipalidad para poder obtener los residuos orgánicos que se desechan.
- Inversionistas: Es importante tener inversionistas que estén interesados y comprometidos con este tipo de tecnologías, ya que el proyecto demanda una gran inversión monetaria.
- Fabricantes de equipos: Se necesita contactar con proveedores que cuenten con experiencia en este tipo de proyectos. Además, cabe mencionar que la maquinaria será extranjera, debido a que hay una amplia oferta en el mercado.

#### b. Actividades Clave

- Negociación con proveedores: Es clave negociar con una buena estrategia para lograr obtener un buen costo.
- Estrategia competitiva en la subasta: Es importante que la prioridad sea ganar la licitación mediante la subasta para poder llevar a cabo el proyecto.
- Mantenimiento de los equipos: Un plan de mantenimiento de los equipos es clave, ya que de esta manera disminuirémos el riesgo de avería y mejoraremos la productividad.
- Planeamiento del proyecto: Se debe escoger el lugar más adecuado para realizar el proyecto, hacer un análisis de las alternativas y escoger la mejor opción.

c. Recursos Clave

- Residuos Orgánicos: Este proyecto tiene como principal compuesto los residuos orgánicos, ya que esto generará la energía eléctrica.
- Gestión Humana: Es un proyecto tecnológico, por este mismo motivo se va a requerir colaboradores con experiencia en industrias de energía eléctrica, ya que podrán aportar más valor a la empresa.
- Fuentes: Es importante poder tener fuentes de información confiables para estar al día sobre las últimas tendencias del desarrollo de la energía eléctrica.

d. Propuesta de valor

- El aprovechamiento de una valiosa fuente de energía renovable para generar electricidad usando residuos sólidos municipales que desechamos a diario.
- Es una empresa que está comprometida con la preservación del medioambiente y la concientización de las personas.

e. Relación con los Clientes

- Nuestro cliente es el Estado Peruano, ya que mediante la subasta establecida por la entidad Osinergmin se obtendrá una licitación por una determinada cantidad de años. Además, los precios serán constantemente regulados por esta entidad.
- Una estrecha relación en la que predominará la confianza y la credibilidad.
- Cumplir con los requerimientos y decretos por parte de las entidades regulatorias del estado peruano.

f. Canales de Distribución / Comunicación

- Actualmente solo existe un canal de venta, el cuál es mediante el SEIN.

g. Segmento de Clientes

- El único cliente es el Estado Peruano.

#### h. Estructura de Costos

- Costos de la mano de obra.
- Costos de los materiales.
- Costos de la maquinaria.
- Costos de la instalación de los equipos.
- Costos del mantenimiento de los equipos.
- Gastos comerciales.
- Gastos administrativos.

#### i. Fuentes de Ingresos

- Nuestra fuente de ingresos del proyecto proviene de la venta de la energía eléctrica.

### **2.1.6 Determinación de la metodología que se empleará en la investigación de mercado**

El proyecto se encuentra basado en una ley del Estado, en la cual este asigna la cantidad de energía requerida por tecnología a subastar, para la determinación de la metodología usamos como referencias las indicaciones de la última subasta establecida por OSINERGMIN (Resolución Viceministerial N° 052-2015-MEM/VME, 2015).

Después, para la fase de la demanda específica, se buscó el equipo generador más adecuado para abarcar la demanda potencial, en base al mismo ritmo de trabajo de otras plantas similares. Es de suma importancia saber que se detuvo el proceso de subastas. Asimismo, se realizará un estudio sobre cuánta energía se consume dentro del país y en cuánto a incrementado la capacidad de energía instalada.

## **2.2 Análisis de la demanda**

### **2.2.1 Data Histórica del consumidor y sus patrones de consumo**

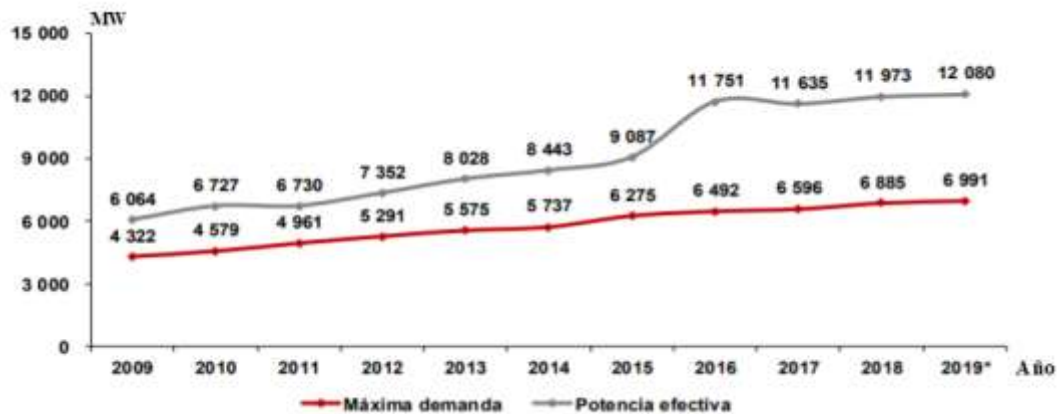
#### **Patrones de consumo: Incremento poblacional, consumo per cápita y estacionalidad**

En este proyecto, el Estado establece la cantidad de energía eléctrica que se oferta y como parte del proceso de investigación dentro de este análisis, también se mostrará el consumo de la energía eléctrica del país.

El consumo de energía eléctrica se ha ido incrementado anualmente. De acuerdo con el Ministerio de Energía y Mina (MINEM), se puede observar que la potencia efectiva en MW se ha duplicado en el periodo comprendido entre el 2009 – 2019 (ver figura 2.2).

**Figura 2.2**

*Potencia Efectiva en MW*



Nota. De Anuario Estadístico de Electricidad, por MINEM, 2019  
(<http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13396>)

### **Incremento poblacional**

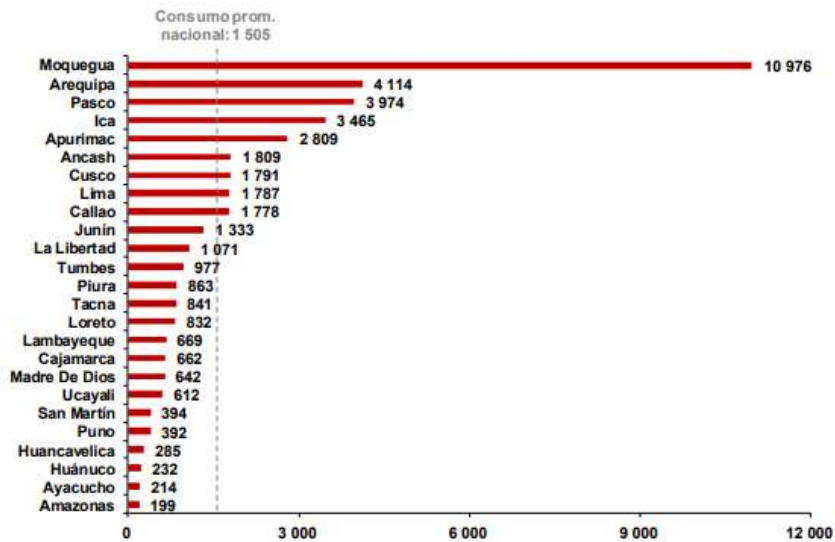
El aumento de la población en Lima Metropolitana según el INEI en el trimestre de los meses de mayo, junio y julio del año 2021 fue de 4,6 millones, aumentando en 59% en comparación con el trimestre del año 2020. Además, los gastos en energía han aumentado, debido a que, en la actualidad, se está utilizando más energía eléctrica en los hogares.

## Consumo per cápita

La siguiente imagen indica el consumo per cápita de energía eléctrica en el país:

**Figura 2.3**

*Consumo promedio nacional por persona en kWh*



Nota. De *Anuario Estadístico de Electricidad*, por MINEM, 2018  
(<https://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13285>)

## Estacionalidad

Nuestro producto es necesario para la vida diaria de todas las personas, por lo que no presenta estacionalidad.

## Aspectos culturales

Nuestro producto permitiría dejar de emitir los gases efecto invernadero que se producirían si no se tratan los residuos y del uso de fuentes no renovables.

### 2.2.2 Demanda potencial

#### Determinación de la demanda potencial

De acuerdo con la última subasta hecha por OSINERGMIN en el año 2015, se subastaron 31 000 MWh para residuos sólidos urbanos biogás. Se decidió utilizar la misma cantidad de energía subastada en la primera ronda como la demanda potencial del proyecto.

## 2.3 Análisis de la oferta

### 2.3.1 Análisis de la competencia

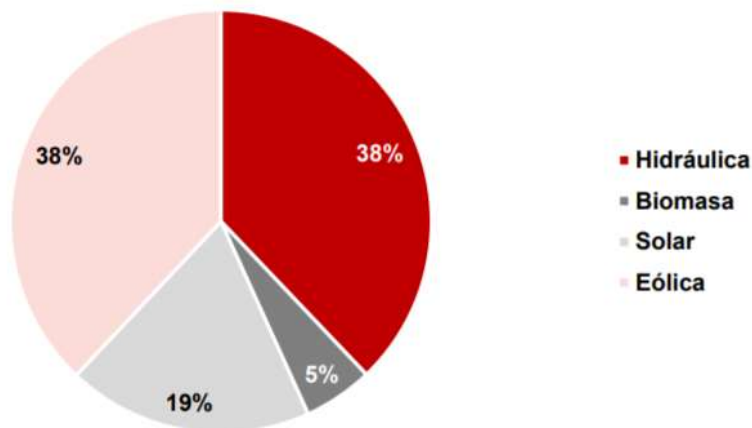
La generación de energía eléctrica el día de hoy tiene mayor competencia. Actualmente existen alrededor de 52 empresas generadoras en el Perú; sin embargo, las principales empresas son Engie (20%), Kallpa (13%), Enel (11%) y Electroperú (7%).

El Decreto Legislativo N° 1002, aprobado en el 2008, tiene como objetivo promover el desarrollo de la energía renovable. Además, dar una mejor calidad de vida a las comunidades y cuidar el medio ambiente, fomentando la inversión en la producción de energía eléctrica (Decreto Legislativo N° 1002 , 2010).

Actualmente, la energía renovable que ha tenido mayor desarrollo en la actualidad es la energía hidráulica como se aprecia en el gráfico a continuación.

**Figura 2.4**

*Distribución de la producción de recursos energéticos renovables 2018 (%)*



*Nota.* De *Anuario Estadístico de Electricidad*, por MINEM, 2018  
(<https://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13285>)

Actualmente hay 5 plantas centrales de biomasa operando en el país, estas se encuentran en los departamentos de Lima y Ancash. Las cinco centrales de biomasa en conjunto tienen una potencia instalada de 53MW.



**Tabla 2.1***Centrales de biomasa en el Perú*

	Departamento	Tecnología	Potencia Instalada (MW)
Doña Catalina	Lima	Biomasa	2
San Jacinto	Ancash	Biomasa	22
La Gringa V	Lima	Biomasa	3
Huaycoloro	Lima	Biomasa	4
Paramonga	Lima	Biomasa	23

*Nota.* De *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*, por OSINERGMIN, 2017

([https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf))=

**2.3.2 Beneficios ofertados por los competidores directos**

Las plantas que trabajan con biogás tienen como objetivo para producir calor, vapor, electricidad o combustible para vehículos. La siguiente tabla muestra las necesidades, ventajas y desventajas de cada uso del biogás:

**Figura 2.5***Comparación de los usos del biogás*

Biogás	Calor o vapor	Electricidad	Combustible
<b>Necesidad</b>	Preparación de comida	Existe una infinidad de aparatos electrónicos que satisfacen infinidad de necesidades.	Movilización constante
	Calentar agua		Reducción del costo de combustible
	Iluminación		Reemplazar el combustible fósil
<b>Ventajas</b>	Requerimiento de calidad baja	La eficiencia aumenta al utilizar el sistema combinado de calor y electricidad	Calidad similar al gas natural (para vehículos acoplados)
	El costo es reducido.		Puede utilizarse en motores de combustión interna a gasolina o diesel. Adecuado para uso en motores de alta relación volumétrica de compresión.
<b>Desventajas</b>	Tiene pocas aplicaciones.	Requiere remoción de H <sub>2</sub> S y vapor de agua.	Se debe purificar y almacenar en cilindros de alta presión.

La competencia directa son aquellas organizaciones que ingresen al mismo sector de la subasta, estas utilizan el biogás generado por los residuos urbanos para transformarlo en electricidad. Según OSINERGMIN (2017) los principales beneficios ofertados por los competidores directos son los siguientes:

- **Doña Catalina:** También llamada Huaycoloro II, es una central térmica de biomasa, que usa el biogás generado del relleno sanitario ubicado en Huaycoloro. En el 16 de enero del 2016 se adjudicó el proyecto como parte de la Cuarta Subasta de Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos

Renovables (OSINERGMIN, 2020). El proyecto cuenta con el CIRA, el instrumento ambiental y la aprobación del COES.

- **San Jacinto:** Es una Central de Cogeneración de electricidad y vapor, utiliza una turbina y dos calderas. El proyecto tiene como objetivo abastecer de energía el área fabril de Agroindustrias San Jacinto S.A.A. y los excedentes al SEIN. El proyecto inició el 28.06.2017; actualmente produce de 4 a 5 MW (OSINERGMIN, 2020).
- **La Gringa V:** La instalación cuenta con dos grupos electrógenos de 1,6 MW (c/u), utilizan el biogás de exceso producido en Huaycoloro. “El COES aprobó la Operación Comercial de la C.T.B. La Gringa V, con una potencia efectiva de 3,2 MW, a partir de las 24:00 horas del 31.08.2015” (OSINERGMIN, 2020).
- **Huaycoloro:** Es una central de energía eléctrica a partir de la basura suministrada por Petramás produciendo 28 295 MWh por año. La planta cuenta con 250 pozos de captación de biogás, estación automatizada de limpieza de biogás y una moderna central de Generación de 4,8 MW (OSINERGMIN, 2020).
- **Paramonga:** Planta de cogeneración que utiliza los residuos de la planta de azúcar Agroindustrial Paramonga, tiene una potencia de 23 MW (OSINERGMIN, 2020). Utilizan una turbina de vapor con una potencia efectiva de 23 MW (OSINERGMIN, 2020).

### 2.3.3 Análisis competitivo y comparativo

La siguiente tabla es una herramienta que sirve para evaluar y enfrentar cada aspecto del presente proyecto, como el social, económico, financiero, político, tecnológico, legal y ambiental.

**Tabla 2.2***Enfrentamiento entre oportunidades y amenazas*

	O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4	A5	Total	Ponderado
O1	■	1	0	0	1	0	1	0	1	0	4	0.2
O2	0	■	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.1
O3	1	0	■	0	0	0	0	1	0	0	2	0.1
O4	0	0	0	■	0	0	1	0	1	0	2	0.1
O5	0	1	0	0	■	0	0	0	0	1	2	0.1
A1	0	0	1	0	0	■	0	1	0	0	2	0.1
A2	0	1	0	0	0	0	■	0	0	0	1	0.05
A3	0	0	1	0	1	0	0	■	0	0	2	0.1
A4	0	0	0	0	0	1	0	0	■	1	2	0.1
A5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	■	1	0.05
											<b>Total</b>	<b>20</b>
												<b>1</b>

**Tabla 2.3***Factores determinantes de éxito*

	Factores determinantes del éxito	Peso	Calif.	Peso
<b>Oportunidades</b>				
1.	Conseguir un marco legal favorable para la subasta de energía organizada por OSINERGMIN.	0,2	5	1
2.	Desarrollo tecnológico con estándares mundiales de rendimiento y eficiencia en costos.	0,1	4	0,4
3.	Proyecciones económicas positivas en el país.	0,1	3	0,3
4.	Contratos con las municipalidades y otros.	0,1	4	0,4
5.	Ampliación del proyecto en otras localidades.	0,1	5	0,5
<b>Amenazas</b>				
1.	Reducción de precios en energía eléctrica.	0,1	4	0,4
2.	Posibles alzas en las tasas de interés de préstamos.	0,05	2	0,1
3.	Costos elevados en tecnologías	0,1	3	0,3
4.	Tiempo de inversión previa a la licitación sin ingresos.	0,1	4	0,4
5.	Posibles manifestaciones por incomodidades del proyecto.	0,05	5	0,25
	<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>4,05</b>

Se evidencia que la mejor oportunidad es el factor legal, debido a que el programa de energías renovables podría conseguir un marco legal favorable para la subasta. Esto permitiría una gran inversión en proyectos a fines.

También se evidencia que las amenazas del proyecto hacen referencia a que la competencia podría reducir el precio de su electricidad, los costos tecnológicos podrían aumentar y hay riesgo de que exista un tiempo en el que no se tendrían ingresos. Sin embargo, el puntaje final como resultado fue positivo, con un total ponderado de 4,05, y el peso ponderado de las oportunidades resultó un valor mayor que el de las amenazas.

## 2.4 Determinación de la demanda para el proyecto

### 2.4.1 Segmentación del mercado

La producción de energía eléctrica ha presentado un constante aumento con una periodicidad anual promedio entre el 2009 y 2019 de 6%. Además, cabe mencionar que las hidráulicas son las que producen la mayoría de energía eléctrica, debido a que representan un 38%.

Actualmente, la energía del tipo RER (Recursos Energéticos Renovables) equivale al 8% del total de la producción nacional, en el cual se encontraría este proyecto.

**Tabla 2.4**

*Segmentación de la producción de energías renovables del mercado eléctrico peruano*

<b>Tipo de Energía</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado</b>
Biomasa	5%	5%
Solar	19%	24%
Hidráulica	38%	62%
Eólica	38%	100%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

*Nota.* De *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*, por OSINERGMIN, 2017

([https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf))

### 2.4.2 Selección de mercado meta

Nuestro mercado meta corresponde a las energías de los recursos energéticos renovables, en el cual se participará mediante la subasta establecida por la entidad OSINERGMIN. La única manera de lograr esta propuesta es ganando la subasta de suministro de energía eléctrica con recursos renovables por OSINERGMIN. Finalmente, nosotros participaríamos en el tipo de tecnología a partir de biomasa.

### 2.4.3 Determinación de la participación del mercado para el proyecto

Nuestro proyecto generará energía eléctrica a partir de residuos sólidos urbanos biogás ofertado por el Estado para la energía a partir de la biomasa. Es importante que debemos cumplir con todos los requerimientos del estado, ya que de modo contrario se impondrán sanciones o multas que afectarán económicamente al proyecto, y en el peor de los casos pueden cancelar el contrato ganado en la subasta.

Luego de ganar la licitación del proyecto mediante la subasta, se mantendrá la tarifa eléctrica y la cuota del mercado durante un periodo por 20 años. En conclusión, la demanda específica de nuestro proyecto permanecerá estable.

La manera de calcular la demanda específica del proyecto para la generación de producción anual de una planta de potencia instalada de 3,54 MW, operando durante 24 horas al día y 365 días al año.

**Tabla 2.5**

*Demanda atendida del proyecto*

<b>Demanda Atendida (MWh)</b>
31 000

**Tabla 2.6**

*Potencia instalada y energía generada del proyecto*

<b>Potencia Instalada de Planta (MW)</b>	<b>Horas de Operación Diarias</b>	<b>Días de Operación Anuales</b>	<b>Energía Producida Anual (MWh)</b>
3,54	24	365	31 000

## **2.5 Definición de la estrategia de comercialización**

### **2.5.1 Políticas de plaza**

En las bases de la subasta, se indica que se debe tener un voltaje con una magnitud equivalente a la barra de conexión, así la energía pueda ser aprobada por el SEIN. Esta barra de conexión es aquel lugar en el que se comercializa la electricidad, que es determinada por la localización del proyecto.

### **2.5.2 Publicidad y promoción**

Tenemos planificado difundir este proyecto mediante revistas como Revista Energía y Diario Gestión, debido a que publican artículos interesantes relacionados a temas similares.

### **2.5.3 Análisis de precios**

#### **Tendencia histórica de los precios**

Una vez ganada la licitación, la tarifa adjudicada se mantendrá por 20 años; sin embargo, se utilizará la fórmula de precios definido en el contrato. En la actualidad, se han realizado

cuatro subastas para la energía solar. La siguiente tabla muestra las tarifas, donde se evidencia una caída cada año, esto es debido al aumento de la competencia y los avances tecnológicos.

### **Tabla 2.7**

#### *Tendencia de precios*

<b>Año</b>	<b>Energía Adjudicada Total (MWh/año)</b>	<b>Precio Adjudicado Promedio (\$/MWh)</b>
2010	172 942	\$ 221,20
2011	43 000	\$ 119,00
2015	523 404	\$ 48,07

*Nota.* De *Generación Eléctrica con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales en el Perú*, por OSINERGMIN, 2014

([https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct\\_2014\\_Generacion\\_Electrica\\_RER\\_No\\_Convencionales\\_Peru.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct_2014_Generacion_Electrica_RER_No_Convencionales_Peru.pdf))

### **Estrategia de precios**

El precio de nuestro proyecto será establecido en la subasta. Se actualizará el precio de acuerdo con las bases de la subasta y el contrato que se realizará (Resolución Viceministerial N° 052-2015-MEM/VME, 2015).

Se tomará como referencia una proyección de actualización de precios según la variación del IPP (Consumer Price Index) en base al ganador en la última subasta realizada, por lo cual se establecerá el precio de 60 US\$ por MWh, con la finalidad de obtener un buen margen para obtener un periodo de recupero corto en la medida posible.

Cabe mencionar que el contrato de Energía RER establecido por Osinergmin incluye una fórmula de actualización de tarifas, el IPP (Finished Goods Less Food and Energy), en el cual se establece que al exceder más del 5% de este índice al IPP de la fecha en la cual la planta inicia su operación, la tarifa deberá ser actualizada.

## CAPÍTULO III: LOCALIZACIÓN DE PLANTA

### 3.1 Identificación y análisis detallado de los factores de microlocalización

Identificamos los siguientes factores relevantes para la microlocalización del proyecto:

- a. Duración del día y radiación: Es el tiempo en que el sol ilumina y calienta desde que sale hasta que se esconde. Este factor es relevante debido a que la radiación genera calor y se puede aprovechar para mantener la temperatura en los tanques. El nivel de radiación depende de la posición geográfica; este nivel aumenta al acercarse a la línea ecuatorial.
- b. Costo y disponibilidad de terrenos: La inversión del terreno representa un porcentaje considerable en el costo total del proyecto. Para la evaluación nos basaremos en la superficie disponible en  $\text{km}^2$ . Se requiere de una amplia área geográfica y un ambiente alejado de la población, de preferencia un lugar desértico; así reducir costos.
- c. Disponibilidad de agua: El agua es el insumo de mayor importancia, debido a que es primordial que la mezcla se encuentre en estado acuoso y como líquido de transferencia de calor. Para el análisis de este factor se compararán las coberturas de agua potable.
- d. Cercanía a la materia prima: Lo ideal es identificar el punto céntrico que una las fuentes de generación de residuos sólidos para el proyecto; así el costo del transporte se verá reducido.
- e. Cercanía al sistema eléctrico nacional: La distancia entre la planta y el SEIN es relevante debido a que determina el costo de conexión por cableado y equipos. Se tomarán en cuenta las líneas de transmisión existentes.
- f. Cercanía a otras plantas de electricidad: La energía que se inyecta al SEIN debe cumplir con valores de tensión específicos (se obtienen en las bases de la subasta). Primero se debe transformar la energía a los valores de las bases, para esto, se tienen dos opciones: contar con una subestación eléctrica o utilizar el sistema de otra empresa de electricidad cercana.
- g. Fácil acceso: Este factor es clave, ya que permite el acceso a los trabajadores hacia la planta procesadora, debido a que hay vías bien transitadas y varias

empresas de transportes que permiten a los trabajadores llegar hacia la empresa sin mucha dificultad.

### **3.2 Identificación y descripción de las alternativas de microlocalización**

Lima es la capital del Perú, y la ciudad más poblada del Perú. Este departamento se encuentra ubicado en la costa central del país y es conocida como Lima Metropolitana. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se dio a conocer que en el año 2020 la población en Lima cuenta con aproximadamente 9,6 millones de habitantes, lo cual es equivalente al 29,7% de la población peruana.

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM), Lima tiene una generación de más de 8900 diarias de toneladas de basura al día, del cual el 53,2% de la misma era materia orgánica, el 25% es reaprovecharle o reciclable, y solamente el 18,7% de los residuos son no aprovechables.

- Con respecto a la radiación en Lima Metropolitana, cuenta con una radiación promedio de 5,0 a 6,0 kWh/m<sup>2</sup> – día.
- Con respecto a la disponibilidad de terrenos, el distrito del Cercado de Lima, el 74% son locales y el 26% son terrenos. En segundo lugar, Los Olivos, la distribución de oferta por tipo de inmueble es 80% locales y 20% terrenos. Finalmente, Ventanilla, que cuenta con buena disponibilidad de 30% de terrenos y 70% locales industriales.
- Con respecto a los costos de terrenos, el Centro de Lima tiene como precio de venta 900 US\$/m<sup>2</sup> (local industrial) y 600 US\$/m<sup>2</sup> (terreno industrial); Los Olivos tiene como precio de venta entre 600 a 800 US\$/m<sup>2</sup> un local industrial y entre 800 a 1 600 US\$/m<sup>2</sup>; Ventanilla tiene como precio de venta 588 US\$/m<sup>2</sup> un local industrial.
- Con respecto a la cercanía de la materia prima, se realizará la negociación de recolección de la materia orgánica mediante las municipalidades.
- Con respecto a la cercanía al sistema eléctrico nacional y las plantas eléctricas, podemos decir lo siguiente:

En el distrito del Cercado de Lima, Provincia de Lima, Departamento de Lima se encuentra la Subestación Eléctrica Santa Rosa



### Figura 3.1

#### Subestación eléctrica Santa Rosa



S.E. Santa Rosa

Nota. De *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*, por OSINERGMIN, 2017

([https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf))=

En el distrito de Los Olivos, Provincia de Lima, Departamento de Lima se encuentra la Subestación eléctrica Chavarría.

### Figura 3.2

#### Subestación eléctrica Chavarria



S.E. Chavarría

Nota. De *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*, por OSINERGMIN, 2017

([https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf))=

En el distrito de Ventanilla, Provincia de Lima, Departamento de Lima se encuentra la Subestación eléctrica Ventanilla.

### Figura 3.3

#### Subestación eléctrica Ventanilla



Nota. De *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*, por OSINERGMIN, 2017

([https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf))

- Con respecto al factor de disponibilidad y accesibilidad a la electricidad y recursos hídricos, las 3 zonas industriales que estamos considerando cuentan con el servicio de electricidad y acceso a agua potable con normalidad.
- Con respecto al factor del acceso, ambos distritos tienen fácil acceso tanto del transporte público (buses) como privado (vehículos particulares, taxis, etc.), debido a que las plantas industriales están cerca de las avenidas principales.

### 3.3 Evaluación y selección de localización

Los factores escogidos para la microlocalización son los siguientes:

1. Duración del día y radiación
2. Costos y disponibilidad de terrenos
3. Disponibilidad de agua
4. Cercanía a la materia prima
5. Cercanía al sistema eléctrico nacional
6. Cercanía a otras plantas de electricidad
7. Fácil acceso a la planta

**Tabla 3.1***Matriz de enfrentamiento*

	1	2	3	4	5	6	7	Total	Ponderado
1	■	0	1	0	0	0	1	2	0,074
2	1	■	1	0	1	0	1	4	0,148
3	1	0	■	0	1	1	1	4	0,148
4	1	1	1	■	1	1	1	6	0,222
5	1	0	1	0	■	1	1	4	0,148
6	1	1	1	0	1	■	1	5	0,185
7	1	1	0	0	0	0	■	2	0,074
								<b>Total</b>	<b>27</b>
									<b>1</b>

Después de obtener el ponderado por cada factor, se clasifica cada uno en base al siguiente criterio: (10) Muy bueno, (9) Bueno, (8) Normal, (7) Regular, (6) Malo y (5) Muy malo.

**Tabla 3.2***Matriz de evaluación*

Factores de microlocalización	Peso	Ventanilla		Los olivos		Cercado de Lima	
		Cal.	Puntaje	Cal.	Puntaje	Cal.	Puntaje
1. Duración del día y radiación	0,07	8	0,59	8,00	0,59	7,00	0,52
2. Costos y disponibilidad de terrenos	0,15	7	1,04	8,00	0,59	6,00	0,44
3. Disponibilidad de agua	0,15	6	0,89	9,00	0,67	8,00	0,59
4. Cercanía a la materia prima	0,22	9	2,00	10,00	0,74	8,00	0,59
5. Cercanía al sistema eléctrico nacional	0,15	10	1,48	7,00	0,52	6,00	0,44
6. Cercanía a otras plantas de electricidad	0,19	7	1,30	6,00	0,44	6,00	0,44
7. Fácil acceso a la planta	0,07	7	0,52	7,00	0,52	7,00	0,52
Total			7,815		4,074		3,556

La alternativa escogida es el Ventanilla.

## CAPÍTULO VI: DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO

### 4.1 Relación tamaño- mercado

En nuestro proyecto, mediante la subasta el Estado peruano establece la cantidad de energía que se va a requerir. En el siguiente cuadro, mostraremos la cantidad de energía adjudicada para cada categoría realizada en la última subasta por OSINERGMIN.

**Figura 4.1**

*Energía Subastada*

Tecnología	Biomasa				Eólica	Solar Fotovoltaica	Total
	Residuos Forestales	Residuos Sólidos Agrícolas	Residuos Sólidos Urbanos Incineración	Residuos Sólidos Urbanos Biogás			
Energía Requerida (MWh/año)	125 000	125 000	31 000	31 000	573 000	415 000	1 300 000

*Nota.* De *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*, por OSINERGMIN, 2017

([https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf))

En la tabla anterior, podemos observar que la cantidad de MWh/año total asignada a los residuos sólidos urbanos biogás es 31 000, siendo este valor el máximo tamaño de mercado.

### 4.2 Relación tamaño-recursos

La principal materia prima para producir el biogás son los residuos orgánicos, debido a su contenido de Carbono y Nitrógeno, es transformado en energía para su posterior distribución a los hogares como fuente de calor.

De acuerdo con el informe del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) del Ministerio del Ambiente, en Lima Metropolitana se genera más de 3 millones de toneladas de residuos sólidos al año, lo que es equivalente a 8 219,78 toneladas de residuos sólidos diarias, a esta cantidad se segmenta por la cantidad de residuos orgánicos reaprovecharles, el 48,9% de los restos domésticos son orgánicos. Al estar la planta ubicada en el distrito de Ventanilla, se calculó el porcentaje de residuos orgánicos en base a la población de este distrito a comparación de Lima Metropolitana, posteriormente a

ello una parte de dichos residuos es irrecuperable, ya que se desecha en botadores informales o sencillamente no se pueden segregar, por lo que se consideró un 50% de residuos recuperables

**Tabla 4.1**

*Proyección de generación de residuos sólidos*

<b>Año</b>	<b>Gestión de residuos sólidos Lima (Ton)</b>	<b>Gestión de residuos sólidos Ventanilla (Ton)</b>	<b>Residuos orgánicos reaprovecharles (Ton)</b>	<b>Energía eléctrica (MW)</b>
2020	3 516 827	160 619	80 309	61 758
2021	3 615 447	165 123	82 561	63 490
2022	3 714 068	169 627	84 813	65 222
2023	3 812 689	174 131	87 065	66 953
2024	3 911 310	178 635	89 318	68 685
2025	4 009 930	183 139	91 570	70 417
2026	4 111 038	187 757	93 879	72 193
2027	4 214 695	192 491	96 246	74 013

Según las proyecciones que se han hecho a partir de los datos históricos del SINIA del Ministerio del Ambiente, se cuenta con suficiente materia prima para poder llevar a cabo la producción de biogás para la generación de energía eléctrica. Además, el lugar elegido para la planta es una zona industrial por lo que contará con los servicios básicos de agua, luz, etc. Además, como habíamos mencionado antes contaremos con un grupo electrógeno y una cisterna en caso de alguna emergencia o eventualidad.

#### **4.3 Relación tamaño-tecnología**

La capacidad máxima de la planta central será determinada por el tiempo de operación del equipo generador, el cuál vendría a ser nuestro principal factor crítico.

El tamaño de tecnología sería de 31 000 MWh/año que es la cantidad que el equipo generador de 3,54 MW de potencia instalada produce, trabajando las 24 hora los 365 días al año.

#### **4.4 Relación tamaño-inversión**

Enel ha invertido 400 millones de dólares como un acumulado en proyectos de licitaciones con energías renovables; esta cifra nos marca un hito; sin embargo, la inversión será de 11 MM US\$ (este valor será explicado a detalle más adelante en el capítulo 7).

**Tabla 4.2**

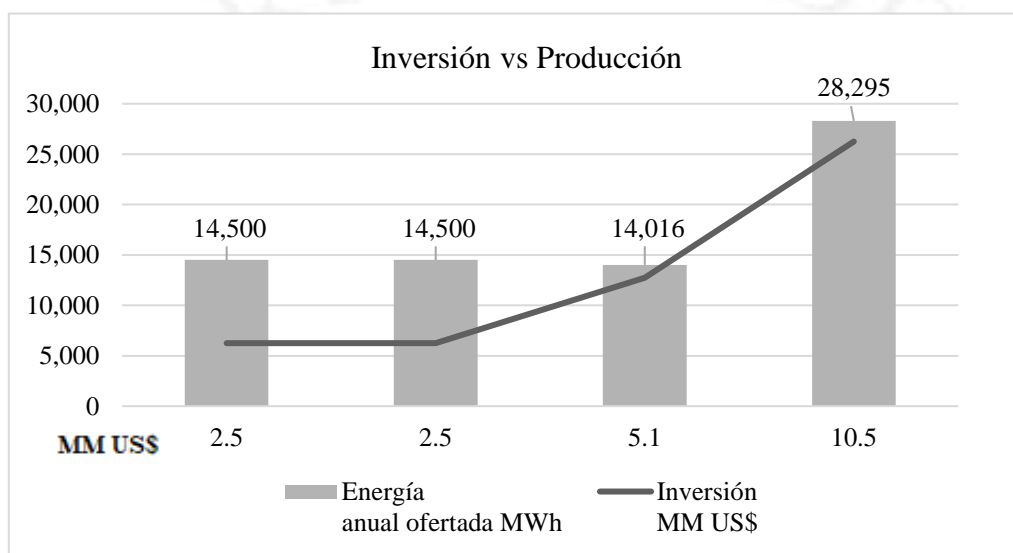
*Inversión por proyecto de biogás*

<b>Planta de energía</b>	<b>Inversión (MM US\$)</b>	<b>Energía anual ofertada (MWh)</b>
Doña catalina	2,5	14 500
Biomasa Callao	2,5	14 500
La Gringa V	5,1	14 016
Huaycoloro	10,5	28 295

Para estimar la capacidad de producción en base a la inversión se identificó la ecuación de la siguiente gráfica:

**Figura 4.2**

*Gráfica polinómica de la energía generada por cada inversión*



Al utilizar la ecuación de la gráfica el resultado de la capacidad de planta (energía anual ofertada) es de 68 954 MWh.

#### **4.5 Relación-punto de equilibrio**

Respecto al precio de venta, esto es explicado anteriormente en el punto 2.5.3 en el análisis de precios.

En cuanto a la estructura de costos, para el estudio se tomaron como referencia los valores del proyecto de biometano en la Universidad Católica Santa María de Arequipa. Cabe mencionar que el biometano contiene altos niveles de metano.

**Tabla 4.3***Punto de equilibrio*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (\$)</b>	<b>Unidades</b>
Precio de venta contrato	60	USD/MWh
Costo variable unitario	7,70	USD/MWh
Costos fijos promedios	660 360,00	USD
Punto de Equilibrio	12 626,39	MWh

**4.6 Selección de la dimensión del servicio**

Para una correcta selección del tamaño de planta se tienen que comparar el tamaño con los demás elementos que podrían impactar significativamente.

**Tabla 4.4***Tamaño de planta de mayor relevancia*

<b>Tamaño de planta</b>	<b>MWh/año</b>
Tamaño - Mercado	31 000 00
Tamaño - Recursos P.	197 854 62
Tamaño - Tecnología	31 010 00
Tamaño - Inversión	68 954 00
Tamaño - Punto de equilibrio	12 626 39

Luego de analizar cada relación para la determinación del tamaño de planta, se llega al resultado de que el tamaño idóneo es del mercado, teniendo una capacidad de 31 000 MWh/año. Sin embargo, el potencial de crecimiento de la generación de energía eléctrica es significativo, ya que se podría contar con una gran cantidad de residuos orgánicos.

## CAPÍTULO V: INGENIERÍA DEL PROYECTO

### 5.1 Proceso para la realización del servicio

#### 5.1.1 Descripción del proceso del servicio

La producción del biogás tiene las siguientes etapas:

- a) **Recepción y medición:** Los proveedores del servicio de recojo abastecen a la planta de residuos orgánicos urbanos y residuos del matadero, la materia se acumula en la nave de reserva para su posterior traslado y procesamiento, esto es proporcionado por una pala cargadora que viene de la nave de reserva. Es muy importante mantener la limpieza e inocuidad desde el inicio del flujo para evitar correr el riesgo de afectar negativamente a la salud de los trabajadores. Se tiene que realizar la medición del peso, acidez y humedad por cada ingreso de materia; en caso el resultado sea no apta se descarta la materia.
- b) **Molido:** Con el fin de homogenizar la materia sólida, mediante un molino de cuchillas giratorias especiales para residuos sólidos se destruye cualquier ingreso proveniente del tornillo sin fin. El tamaño de partículas requerido para una mejor digestión es de 4 mm.
- c) **Mezclado y fermentado:** La materia orgánica sólida triturada ingresa al tanque de mezcla con agitador; se le adiciona residuos líquidos provenientes de la ganadería y la industria alimentaria, mediante una bomba que así generar un medio acuoso (escenario favorable para las bacterias metanogénicas). La salida intermedia se compone de un lodo fermentado y al final, la salida inferior se considera purga, ya que se compone de materia inerte.
- d) **Distribución del sustrato:** Esta etapa determina una alta eficiencia de las propiedades de la materia orgánica y los parámetros de su digestión, ya que se controlan por completo los flujos de ingreso y salida. Mediante un dispositivo de medición incorporado en el centro de control del área de distribución de los sustratos se regula el flujo para actualizar la fórmula más idónea para generar la máxima cantidad de biogás. El equipo es alimentado



por el tanque mezclador, el agua recuperada y el biodigestor. Depende de la composición de los residuos orgánicos obtenidos para realizar el cálculo del sustrato (residuos específicos) que balancea y estabiliza las reacciones químicas para aprovechar toda la energía contenida en la biomasa. Adicionalmente, en esta área se cuenta con un intercambiador de calor interno de precalentamiento, así regularizar constantemente la temperatura; esta etapa se puede resumir en una distribución cíclica de materia orgánica y energía. Mediante tuberías, se aprovecha el flujo de calor de los intercambiadores en todo el proceso.

- e) **Digestión:** Esta etapa es la más relevante para la producción de biogás, ya que es donde se produce la máxima cantidad de biogás como primer estado. El biodigestor se alimenta de un flujo constante de materia orgánica preparada; se requiere de agitación constante y mantener una temperatura controlada. Se recircula constantemente la biomasa para generar el mejor entorno a las bacterias metanogénicas (responsables de generar el metano).
- f) **Codigestión:** Esta etapa es el segundo estado de la producción de biogás, se capta la cantidad de gas generada después del clímax, este ingreso va en decrecimiento. Además, el tanque de codigestión o también llamado desgasificador sirve como un tanque de almacenamiento de biofertilizante en proceso.
- g) **Tratamiento del agua:** En esta etapa se recupera una parte del agua para reutilizarla en la mezcla. Primero se separan las partículas sólidas en un decantador, después en un sedimentador se le adiciona un coagulante para purificar el efluente y al final se utiliza un filtro de arena para purificar el agua.

El producto es almacenado para su reingreso en el proceso; debido a que, si bien es cierto, que no se puede utilizar para su consumo personal, puede ser utilizado para complementar la mezcla del ingreso, así utilizar la menor cantidad de agua limpia posible.

- h) **Tratamiento del biofertilizante:** Se produce un biofertilizante estabilizado proveniente del efluente sólido del codigestor y de los separadores, este efluente es desinfectado con rayos UV para que pueda ser comercializado a las municipalidades.

- i) Tratamiento del biogás:** El biogás que sale del biodigestor y del codigestor es trasladado al área de cogeneración, para esto debe ser purificado. El gas pasa por un reactor biológico para reducir el H<sub>2</sub>S a azufre elemental en presencia de aire, después se separa el vapor con enfriamiento y condensación como primera etapa y en segunda etapa la congelación en una torre de absorción. El gas debe pasar por un filtro de carbón activado y comprimido a 6 bar para ingresar al motor; se utiliza una antorcha para utilizarla en caso exista una sobreproducción se tendrá que quemar el biogás en exceso.
- j) Cogeneración:** En el proceso se utiliza el equipo CHP que se compone de un motor a gas y un generador para producir la electricidad requerida para ser distribuida; el calor que es inyectado para calentar el biodigestor. Para aprovechar el calor generado, tanto del enfriamiento del motor como de los gases de combustión, se utilizan serpentines de calentamiento y un tanque de almacenamiento de agua caliente. Para que el motor CHP funcione correctamente, se requiere que el ingreso del biogás cumpla con las siguientes especificaciones:

**Tabla 5.1**

*Características del biogás en el motor de combustión*

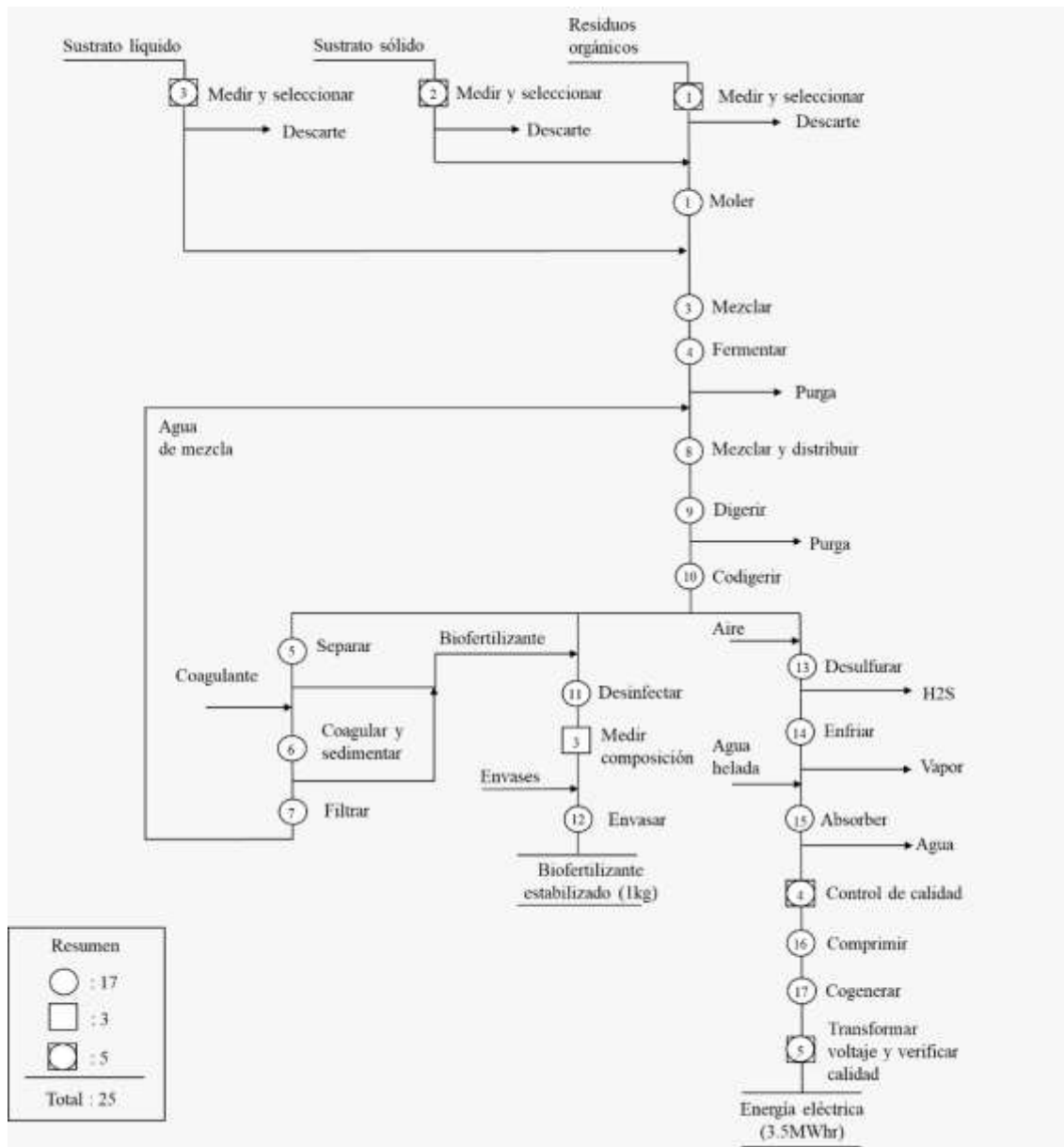
<b>Característica del biogás</b>	<b>Valor</b>
Volumen diario de biogás	150-250 m <sup>3</sup> /d
Presión de alimentación	65-300 mbar
Concentración de metano	55-60% CH <sub>4</sub>
Concentración de dióxido de carbono	40-45% CO <sub>2</sub>
Concentración de ácido sulfhídrico	≤100ppm
Contenido de agua	≤40g/Nm <sup>3</sup>
Poder calorífico inferior biogás	>4 500 Kcal/Nm <sup>3</sup>

*Nota.* De *Hacia una Economía Verde*, por Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2011 ([https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unep119\\_spn.pdf](https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unep119_spn.pdf))

- k) Transformación de voltaje:** Se debe transformar el voltaje generado, debido a que la electricidad sale con baja tensión, por lo que se tiene que convertir en media tensión. La energía eléctrica que se obtiene tiene que ser llevada a una subestación, para verificar la calidad y transformarla a 138 kV y 60 Hz debido a que es un estándar de trabajo según SEIN.

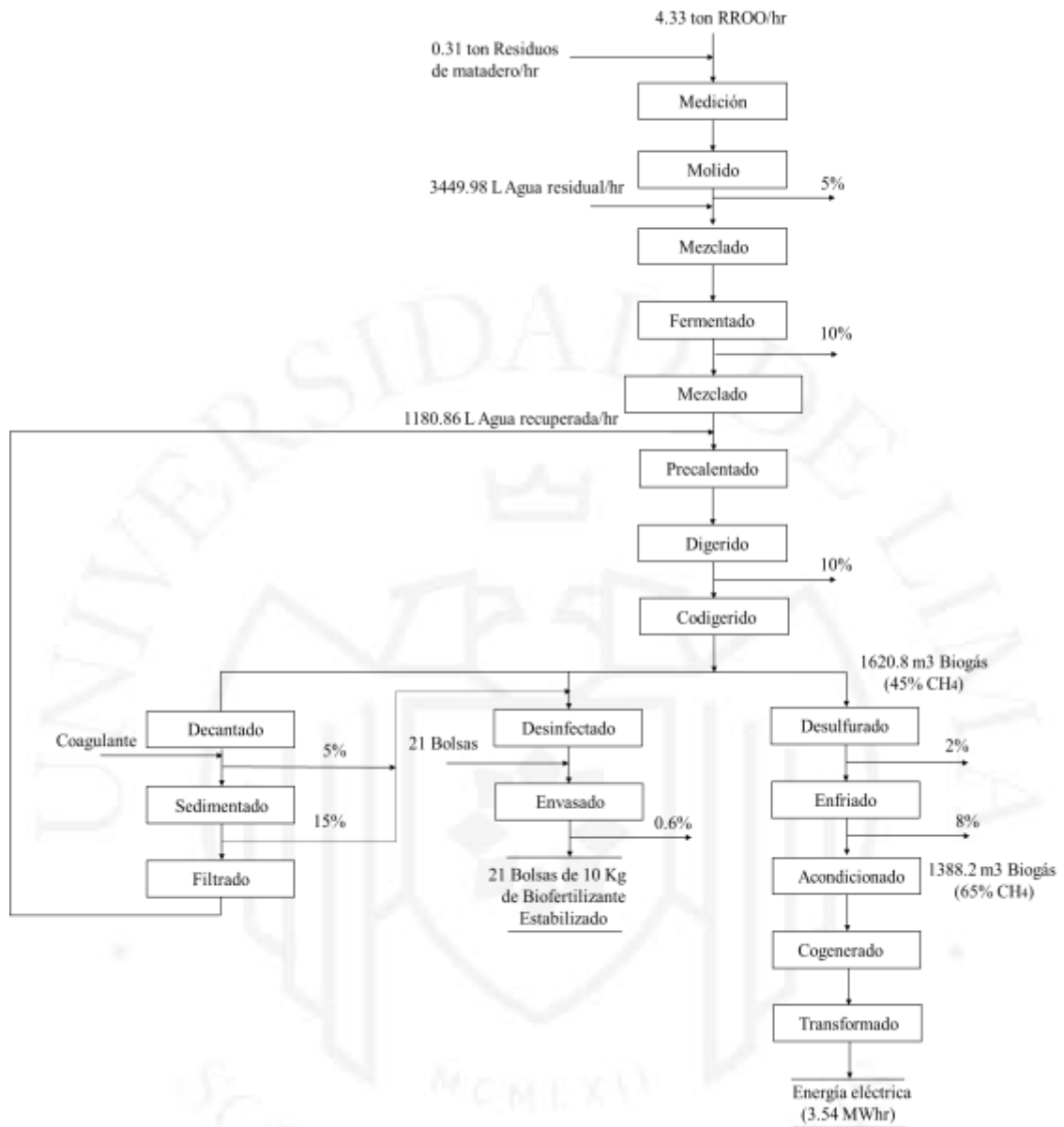
**Figura 5.1**

*Diagrama de Operaciones del Proceso*



**Figura 5.2**

*Diagrama de balance de materia*



### 5.1.2 Diagrama de flujo del servicio

Se tomó como referencia el factor de conversión de biogás a energía eléctrica de tres fuentes de plantas de alta eficiencia para calcular el promedio y utilizarlo en el proyecto.

**Tabla 5.2**

*Promedio de energía eléctrica a base de biogás al 60% de metano*

Fuente	Biogás (m <sup>3</sup> )	kWh
Redagricola	1	2,4
Biogasnalía	1	2,6
Métodos biogás	1	2,727
<b>Promedio</b>	1	2,576

*Nota. De La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático, por OSINERGMIN, 2017*

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf)

Tomando el valor promedio de la energía eléctrica generada por 1 m<sup>3</sup> de biogás de las fuentes captadas, se determinó que la cantidad de biogás que se necesita para producir 3,54 MWh es 1 388,2 m<sup>3</sup> por hora; desde ese valor se obtuvo el flujo de materia. Por otro lado, para calcular la cantidad idónea de cada tipo de biomasa se aplicó la siguiente fórmula, obtenida en el manual del Biogás (2018).

$$k = \frac{C1 * Q1 + C2 * Q2 + \dots + Cn * Qn}{N1 * Q1 + N2 * Q2 + \dots + Nn * Qn}$$

- k: C/N de la mezcla de materias primas.
- C: % de carbono orgánico contenido en cada materia prima.
- N: % de nitrógeno orgánico contenido en cada materia prima.
- Q: Peso fresco de cada materia prima, expresado en kilos o toneladas.

La relación óptima de C/N es 30/1, por lo que al aplicar los siguientes cálculos se buscó conseguir la relación más cercana:

Los diagramas de procesos, flujo de materia y de equipos se encuentran en los anexos 1, 2 y 3 respectivamente.

## **5.2 Descripción del tipo de tecnología a usarse en el servicio**

### **5.2.1 Naturaleza de la tecnología requerida**

#### **a. Descripción de las tecnologías existentes**

El biogás ha sido empleado como suministro de calor para distintas necesidades utilizando como fuente de energía los residuos orgánicos. Para que se dé a cabo este proceso, principalmente se requiere de un biodigestor, en el mundo existen distintos tipos de biodigestores; depende de la cantidad, propiedades y condiciones que ingresa la

materia orgánica para determinar la tecnología a utilizar. Posteriormente a esto se realiza la transformación de biogás en energía eléctrica.

- a) **Biodigestor tubular:** Recipientes cerrados (membrana de PVC) de forma tubular, permiten la digestión anaerobia de materia orgánica con flujo continuo. En ocasiones requieren estar enterrados para mejorar la producción de biogás. Generalmente se utiliza en fincas, ya que cuentan con gran cantidad de estiércol de bovino y cerdos, el diseño proporciona un flujo estable.
- b) **Campana fija:** Es un tanque en forma de caparazón cerrado donde se almacena el biogás. Requiere de constantes oscilaciones de la materia orgánica para que no se forme una capa flotante; se debe liberar el biogás en exceso, así controlar la presión del tanque, por esto, se requiere de un consumo continuo (González Salcedo & Olaya Arboleda, 2012).
- c) **Campana flotante:** Principalmente se compone de una estructura de hormigón y un depósito del biogás abajo de una campana flotante, cuenta con un recipiente para almacenar el biogás, esta flota al interior. Esta tecnología facilita la salida del biogás; sin embargo, hay probabilidad de corrosión y el costo de la construcción es alto.

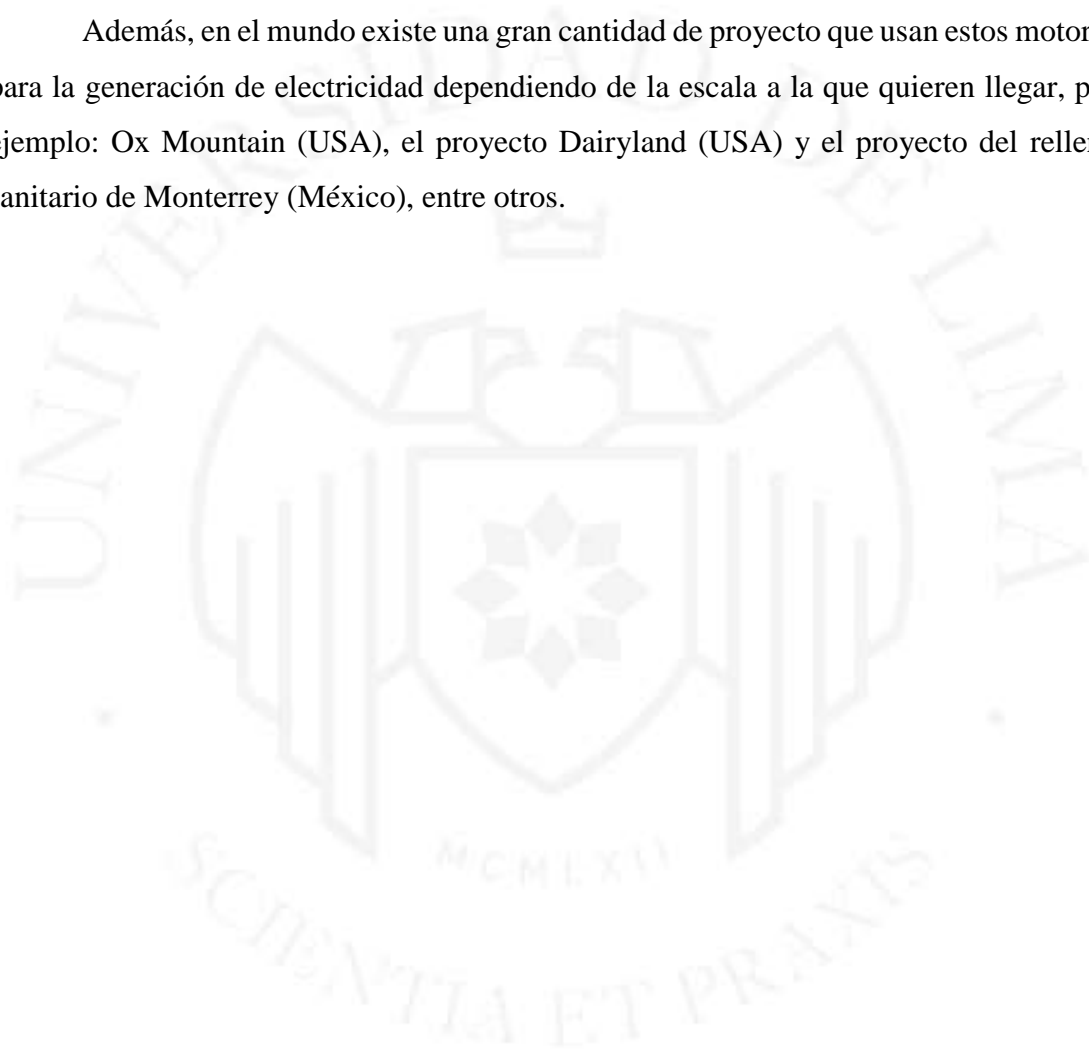
Ahora, para que se dé a cabo el proceso de conversión de biogás a energía eléctrica, principalmente se usan aplicaciones de cogeneración. Debido a que estas están en aumento a nivel global, de tal manera que proveen una mayor eficiencia en lo que respecta a energía, ya que no solo genera electricidad, sino también usan el calor que se recuperó. Existen distintos equipos para transformar el biogás en electricidad:

- a) **Motores de combustión interna:** Estos motores son los más usados porque son más eficientes y económicas que las turbinas de gas y microturbinas.
- b) **Turbinas a gas:** Esto son usados cuando se realizan proyecto de escalas grandes en donde genera, como mínimo 3 MW o supera los 5 MW. Asimismo, como el tamaño de la turbina aumenta, el costo disminuye y esto mejora la generación de electricidad con una eficiencia del 30 % aproximadamente.
- c) **Las microturbinas:** Su uso es para recuperar el gas que tenga menos a 8 m<sup>3</sup>/min de contenidos de metano siendo un máximo del 35% del volumen.

Puede resultar más costoso por cada kW generado, sin embargo, tienen el beneficio de que sean rebatibles.

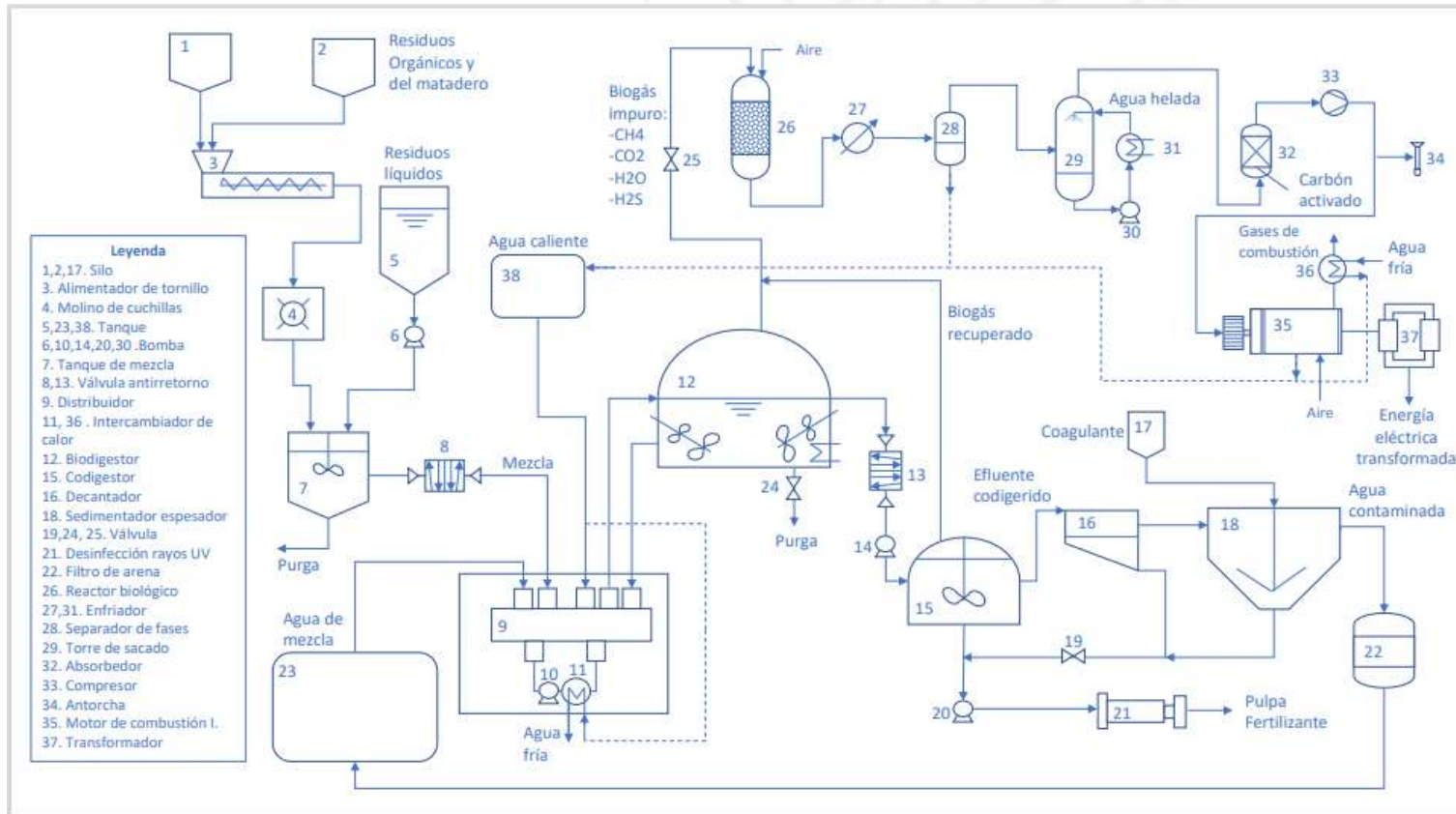
En cuanto a la energía eléctrica, la tecnología para usarse vendría a ser los motores de combustión interna, los cuales tienen una eficiencia del 30% aproximadamente, sabiendo que este valor puede mejorar el rendimiento en aplicaciones de cogeneración al recuperar el calor residual y utilizarlo en otras aplicaciones. Además, se pueden incorporar o sacar los motores dependiendo cómo se recupera el gas.

Además, en el mundo existe una gran cantidad de proyectos que usan estos motores para la generación de electricidad dependiendo de la escala a la que quieren llegar, por ejemplo: Ox Mountain (USA), el proyecto Dairyland (USA) y el proyecto del relleno sanitario de Monterrey (México), entre otros.



**Figura 5.3**

*Proceso de Producción*





b. Selección de la tecnología

Respecto a la fase de recepción y molido, utilizaremos un molino de cuchillas, la cual tiene un tamaño de alimentación menor a 20 mm, un tamaño de salida entre 2 a 10 mm, una capacidad de 1 a 15 t/h y una potencia de motor de 5,5 x 2 ton/hr; y una potencia de motor de 5,5 Kw. Esta máquina mide 3 metros de largo, 1,5 de ancho y 2 metros de alto y tiene un costo de 10 000 soles

Respecto a la fase de distribución del sustrato, se utiliza un tanque de sustrato, el cual tiene 1,7 metros de largo, 2 metros de ancho y 1,7 metro de alto, el cual tiene una capacidad de 20 kW y una capacidad de 0,5 m<sup>3</sup>/h. Finalmente, este equipo tiene un costo de 18 000 soles.

El biodigestor debe ser de 5 557 m<sup>3</sup> de volumen, por lo que se necesitará un diámetro de 17 m con 6 metros de alto. El equipo tiene un costo de 80 150 soles.

Respecto a la fase de desulfuración, el equipo que se usa es un tanque reactor biológico con la finalidad de eliminar todo el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), el cual tiene una capacidad de más de 1 500 m<sup>3</sup>/ hora. Además, tiene 3,4 metros de alto y 2 metros de diámetro 12 030 soles.

Para la fase de cogeneración, se usa un motor de combustión interna, tiene una capacidad de 300 a 1000 kW CHP con una capacidad mayor a 1 300 m<sup>3</sup>/hora, tiene una longitud de 3,5 metros de largo y 1,5 metro de diámetro. El costo del motor es de 240 600 soles.

Para la fase de transformación de energía eléctrica:

Se cuenta con una subestación para transformar el voltaje que sale del motor de combustión a 138 kV y 60 Hz, que es el voltaje con el que trabaja nuestro punto de conexión del SEIN. Se tiene como referencia un transformador tipo SZ “On load Tap Changer”, que puede transformar hasta unos 31 500 kVA (kilo voltio amperio), pesa 51 100 kg, mide 5,45 m de largo, 4,42 m de ancho y 4,45 m de alto y trifásico. (OSINERGMIN, 2016)

Por último, para trasladar los diferentes flujos, se necesitarán de tuberías, válvulas y dos bombas de agua.

### **5.3 Capacidad instalada**

#### **5.3.1 Identificación y descripción de los factores que intervienen en brindar el servicio**

Para brindar el servicio es necesario contar con el personal de transporte de materia prima, también con el personal técnico como los ingenieros de automatización, que se encargan de controlar y medir cada parámetro como presión y temperatura que ingresa al motor de biogás. En caso llegue a suceder alguna eventualidad estos ingenieros son los encargados de responder ante OSINERGMIN, al COES SINAC o al estado peruano. Además, se contarán con el personal de limpieza, así mantener todos los equipos es un estado óptimo para que no haya inconvenientes con la producción. Por último, se contará con los vigilantes, así la planta se mantendrá vigilada día y noche.

#### **5.3.2 Determinación del factor limitante de la capacidad**

El factor limitante lo determina el tamaño del motor, que es de 3,54 MW.

#### **5.3.3 Determinación del número de recursos del factor limitante**

El motor de biogás es el encargado de proporcionar la energía eléctrica. Se decidió utilizar un solo motor de cogeneración, debido a que la inversión aumentaría considerablemente en caso se decida utilizar un motor más. La cantidad de intercambiadores, bombas, compresores y subestaciones que requiera el motor es la misma que indica en las especificaciones técnicas del mismo, además de considerar los datos por el manual del biogás (Chile).

#### **5.3.4 Determinación del número de recursos de los demás factores**

Para poder generar los 3,54 MW se necesita de un terreno de 10 000 m<sup>2</sup>, debido a que se requieren, principalmente, de un tanque de mezcla, 1 tanque de digestión y 1 tanque de codigestión, un personal dedicado y 4 camiones para el recojo. La planta al utilizar equipos automáticos solo requiere de 8 trabajadores.

### **5.3.5 Cálculo de la capacidad de atención**

La planta abastece una demanda de 31 000 MWh/año, trabajando las 24 horas, los 365 días, debido a que la producción de gas es constante, con un motor de cogeneración de 3,54 MW.

## **5.4 Resguardo de la calidad**

### **5.4.1 Calidad del proceso y del servicio**

Lo primero que se debe hacer después de ganar la licitación es colocar en operación la planta. Posteriormente, se deberá asegurar el correcto funcionamiento de la planta de energía eléctrica mediante una eficiente gestión. Además, es de suma importancia respetar el contrato realizado con el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nación (COES) y OSINERGMIN. Del mismo modo, se debe realizar un monitoreo constante de los equipos con la finalidad de evitar daños a los mismos u ocasionar accidentes.

En primer lugar, se debe cumplir con la energía establecida en el contrato, caso contrario puede afectar posteriormente en las tarifas de pago, lo que perjudicaría a la empresa. En segundo lugar, la energía brindada debe cumplir los estándares técnicos que especifica la NTCSE (Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos) (Decreto Supremo N.º 020-97-EM, 1997).

### **5.4.2 Niveles de satisfacción del cliente**

Nuestro único cliente es el Estado peruano, mediante el COES se espera que se cumpla con el requerimiento al 100%, según lo establecido en el contrato. Además, se debe cumplir con las normas establecidas por parte del COES. Finalmente, cabe mencionarse que, de no cumplirse con los requerimientos, se generarán posibles sanciones y penalizaciones, por lo general reducciones de la tarifa adjudicada.

### **5.4.3 Medidas de resguardo de la calidad**

Se debe contar con un sistema integral para poder asegurar un servicio de energía de alta calidad cumpliendo con los requisitos que establece el COES.

Para el monitoreo y control de los parámetros de la salida de electricidad es sumamente importante disponer de equipos que tengan un software y hardware especializado, dichos equipos permiten ver en tiempo real el flujo de salida eléctrico. Para este tipo de proyectos, los softwares más utilizados para poder tener un eficiente control del flujo de electricidad y predecir fallas en nuestro sistema son POWERTECH y DIGSILENT.

## **5.5 Impacto ambiental**

Luego de ganar la licitación mediante la subasta, se tiene un periodo máximo de 9 meses para poder presentar un informe mencionando los principales puntos críticos del impacto ambiental.

Cabe mencionar que todo impacto ambiental sigue el marco tanto legislativo como normativo Ambiental:

- La constitución Política del Perú de 1993, Capítulo II, De los tratados, Art. 55.
- Ley Número 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
- D.L. Número 1078, Modificatoria de la Ley N° 27446.
- D.S. Número 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley N° 27446.
- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, Julio 2000.
- Ley Número 28256, Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- D.S. Número 057-2004-PCM Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos
- ISO 14001: Sistemas de Gestión Ambiental SGA-Especificaciones y guía para su uso.
- ISO 14010: Principios generales de la auditoría medioambiental.

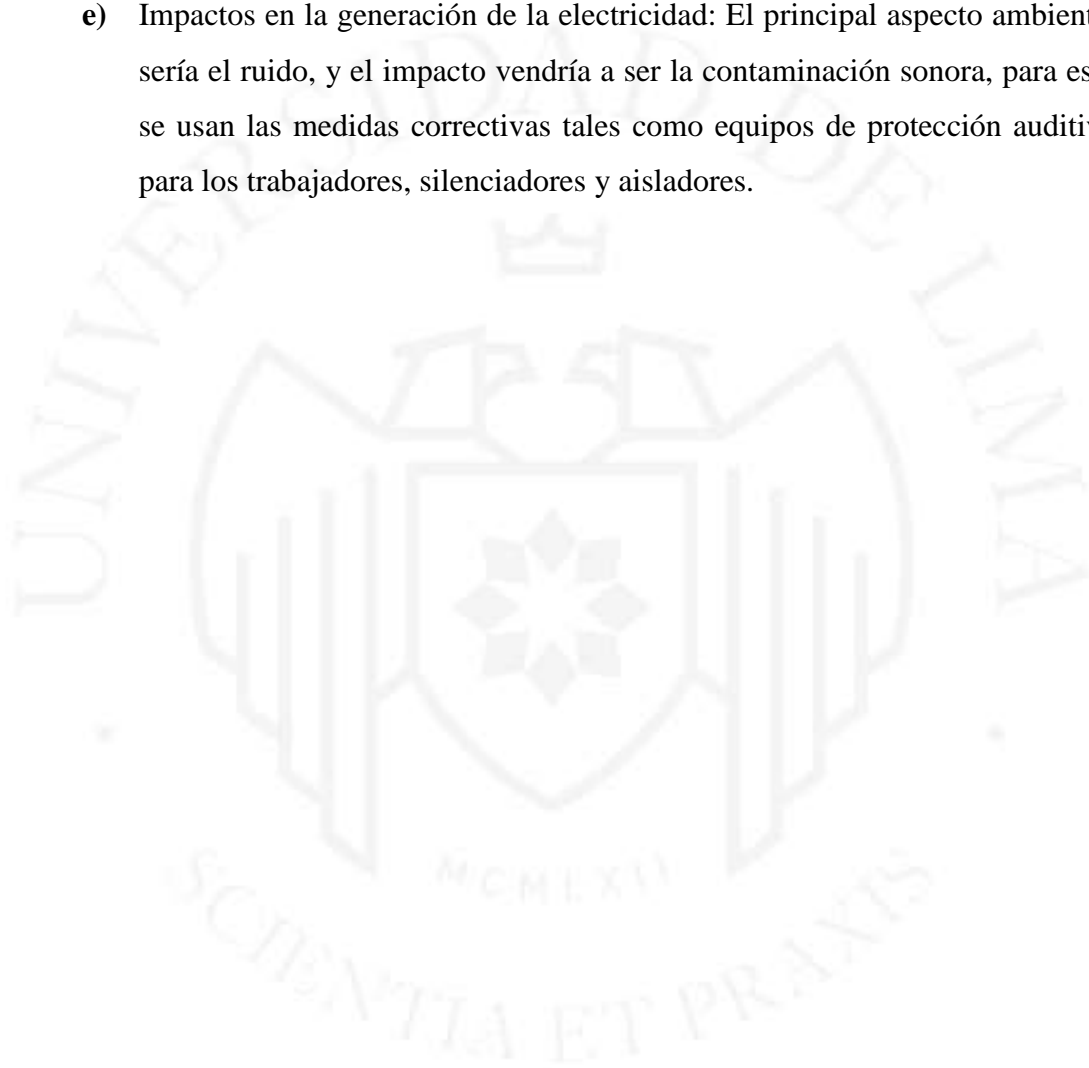
Los puntos críticos deben evaluarse por especialistas de procesos técnicos, analistas del medio físico y el medio antrópico del predio para asegurar que el potencial de riesgo de obra y operación sea bajo. Para un mejor entendimiento se evaluaron los impactos de cada actividad necesaria en el proyecto con respecto a los factores más relevantes basándonos en un estudio de la Intendencia Municipal de Montevideo sobre el

impacto ambiental de la captura de biogás (Intendencia Municipal de Montevideo – Banco Mundial, 2005).

- a) Impactos sobre la atmósfera: Los niveles sonoros de las actividades provenientes de fuentes de emisión continua se diferencian en el sistema de distribución del sustrato; en cuanto a las emisiones sonoras intermitentes, los niveles más significativos corresponden a la recepción. Las etapas de ejecución donde especialmente se generan gran cantidad de olores desagradables son en la recepción (nave de reserva) y en la limpieza (fosa de reserva, tamiz, fermentador, distribuidor, digestor y codigestor). Por último, se considera relativamente baja la probabilidad de que existan fugas, ya que los equipos son especializados y completamente cerrados, además se plantea una medición constante. Sin embargo, se tendrá que priorizar la recepción de los residuos y la combustión en la antorcha por el exceso de presión.
- b) Impactos sobre la calidad del agua: En teoría, toda el agua que se requiere en la producción se utiliza para la dilución de la materia orgánica, en caso exista un sobrante se recircula y las purgas son enviadas a los rellenos sanitarios. En el mejor de los casos, el agua (insumo) podría provenir de aguas residuales, un buen porcentaje de excretas podría mejorar la producción. Al evaluar las características geológicas y geotécnicas como la hidrología subterránea, evolución temporal de los niveles freáticos y el efecto del proyecto sobre las aguas subterráneas se encontró que la recolección de agua del subsuelo en Lima significa el 37% en volumen proveniente del acuífero Rímac-Ate; esta extracción genera periodos de sobreexplotación, trayendo un desequilibrio en el nivel freático (Chiong Ravina, 2015). Por esto, se toman en cuenta los cuidados pertinentes para la selección del área que necesita la fosa subterránea de recepción.
- c) Impacto sobre el suelo y residuos sólidos: La nave de recepción y control de olor debe atrapar cualquier salida de materia (en cualquier estado) al exterior para evitar algún tipo de contaminación. Por esto, el potencial de contaminación por degradación de los residuos es prácticamente nulo, además que la poca cantidad de purga generada se puede tratar en un relleno sanitario. En realidad, el verdadero potencial de contaminación del proyecto tiende a la eliminación de las malas prácticas de segregación de residuos

sólidos en general, ya sea por el lado de las municipalidades y/o por el lado de la población.

- d)** Impactos en la flora y fauna del entorno: El proyecto no modifica el hábitat o microclima que se requiere para la permanencia de las especies vivientes del área. El motivo de esto es que se eligió una zona industrial. Sin embargo, existe un potencial de crecimiento considerable en cuanto a la implementación de cadenas de plantas de biogás en zonas rurales cercanas.
- e)** Impactos en la generación de la electricidad: El principal aspecto ambiental sería el ruido, y el impacto vendría a ser la contaminación sonora, para esto se usan las medidas correctivas tales como equipos de protección auditivo para los trabajadores, silenciadores y aisladores.



**Figura 5.4**

*Matriz de Leopold*

ACTIVIDADES FACTORES		ACTIVIDADES														EVALUACIÓN			
		A. Recepción	B. Molido	C. Mezclado	D. Fermentado	E. Precaletado	F. Digerido	G. Decantado	H. Sedimentado	I. Desinfectado	J. Envasado	K. Desulfurado	L. Enfriado	M. Acondicionado	N. Cogenerado	Ñ. Transformado	Positiva	Negativa	INTERACCIÓN
TIERRA	A. Suelos	-9 8	-8 7	-7 7	-8 5	-7 5	-8 7	-7 6	5 8	-5 5	5 6				-7 6	-7 6	10 12	59 50	11 1
	B. Geomorfología	-7 6	-9 8	-7 5	-5 5	-5 5	-5 5											38 34	6 0
	C. Factores físicos singulares															-7 5		7 5	1 0
AGUA	A. Superficial			-6 5				6 5									6 5	6 5	1 1
	B. Subterránea	-6 6	-7 4	-7 7														20 17	3 0
	C. Calidad						-3 3	6 5	7 5	6 5					-7 8		19 15	3 3	2 3
	D. Temperatura			-4 5	-5 5	-6 5	6 5	-3 3							-7 8	-7 8	6 5	32 18	6 1
ATMOSFERA	A. Calidad (gases, partícula)	-8 7	-5 5		-8 7		-7 7				-8 7	-6 6	-3 3	-3 6				48 48	8 0
	B. Clima (Micro y macro)										-6 3	-3 3						9 9	2 0
	C. Temperatura	-4 2	-5 2				-5 2				-7 7	-6 6		-6 5	-6 5			39 29	7 0

(Continúa)

(Continuación)

FLORA	A. Espacios en peligro	6 2															6 2	6 5	0 1
	B. Vegetación	6 3															6 3	6 5	0 1
FAUNA	A. Avifauna	6 3	-7 4		-5 5							-7 7	-6 5	-6 5	-6 5		6 3	37 31	6 1
	B. Terrestre	7 3	-4 2	-4 5								-4 5				-6 5	7 3	18 17	4 1
	C. Acuática	7 3					6 5	6 5	5 5	5 5							29 23		0 5
EVALUACIÓN	Positiva	32 14				12 10	6 5	22 23	12 10	11 11							95 73		
	Negativa	34 29	45 32	35 34	31 27	18 15	25 21	10 9	3 3	5 5		32 29	21 20	9 8	36 38	33 29		337 299	57 1
INTERACCIÓN (N/P)		5 5	6 0	6 0	5 0	3 0	4 2	2 1	1 4	1 2	0 2	5 0	4 0	2 0	6 0	5 0		55 16	112 3
RESULTADOS																		3 2.7	3.1 2.3



## **5.6 Seguridad y salud ocupacional**

El Reglamento Interno de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, se actualiza en virtud de lo dispuesto de la Ley 29783 y su Reglamento D.S. 005-2012-TR.

El Comité de Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente son los encargados de aprobar alguna modificación del Reglamento Interno de Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente al promulgar una nueva legislación. Por esto, se elaboró un marco de trabajo para llevar un correcto control:

- a) **Objetivos Estratégicos:** Establecer una cultura de prevención en las actividades.
- b) **Objetivos Específicos:**
  - Mejorar la gestión integral de seguridad y salud en el trabajo.
  - Desarrollar y fomentar liderazgo y toma de conciencia en SST.
  - Reforzar, mejorar y asegurar los mecanismos de control operacional.
  - Prevenir y/o mitigar lesiones y enfermedades ocupacionales.
- c) **Actividades:**
  - Auditorias integrales al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST).
  - Auditoría interna por auditor acreditado al sistema de gestión de SST.
  - Inspecciones directivas de seguridad y salud en el trabajo.
  - Charlas de sensibilización.
  - Cursos de sensibilización en seguridad y salud en el trabajo.
  - Revisión, actualización y difusión de matrices de IPER con las distintas áreas de la compañía en todos los puestos y actividades del trabajo.
  - Ejecución de simulacros de emergencia.
  - Desarrollo de estudios ergonómicos en puestos de alto riesgo.
  - Implementación de plan de salud ocupacional.

**Tabla 5.3***Matriz de equipos de protección personal*

<b>Tipo EPP</b>	<b>Descripción</b>
Uniforme de trabajo	El uniforme se hará a diseño y cubrirá todo el cuerpo
Camisa manga larga	Prendas de seguridad diseñadas y confeccionadas para brindar una mayor seguridad a los usuarios en entornos laborales complejos y condiciones de alto riesgo.
Pantalón morado	Para una mayor duración de la prenda se recomienda un lavado con agua que no exceda los 60°C, utilizar blanqueador sin cloro únicamente cuando sea necesario, secado en T° bajas y planchado en frío.
Casco de Seguridad	Proveen protección personal contra impacto en la parte superior y lateral.
Botines de seguridad	Elemento de protección que se utiliza para la ejecución y supervisión de todo trabajo para terreno, proporcionando una adecuada protección contra aplastamientos y golpes.
Lentes de seguridad	Están hechos con marcos de seguridad metal/plástico, disponibles con defensas laterales cuando lo requieran. Además, se usan para impacto moderado de partículas.

*Nota.* Información brindada por la empresa Cálidda, 2021.

Se realizarán tres tipos de exámenes médicos denominados:

- Exámenes médicos preocupacional – preempleo: Son los exámenes médicos que se realiza al trabajador antes de empezar a laborar.
- Exámenes médicos periódicos – anuales: Es un examen médico general anual al que todos los trabajadores deberán someterse.
- Exámenes médicos de retiro: Son los exámenes que el trabajador se realizará antes de su retiro de la empresa.

Por último, los exámenes generales que se realizarán serán los siguientes:

- Historia médica ocupacional.
- Examen físico general.
- Examen de agudeza visual.
- Examen de orina.
- Hemograma (leucocitos y plaquetas)
- Glicemia.

El diseño cuenta con las señalizaciones respectivas, para reducir cualquier tipo de peligro posible en la planta. La siguiente figura muestra el lugar donde se colocará cada señal teniendo en cuenta las señales más relevantes para el sistema productivo.

En la siguiente matriz se evalúa el nivel de riesgo en donde se determinan las medidas a tomar para reducir el riesgo. El cálculo de la probabilidad está regido por la

calificación de baja, (3 puntos), media (5 puntos) y alta (9 puntos); para el cálculo de la severidad se consideró una calificación de ligeramente dañino (4 puntos), dañino (6 puntos), extremadamente dañino (8 puntos) y para la clasificación del riesgo se consideraron los rangos de 12 a 20 (riesgo bajo), 24 a 36 (riesgo moderado), de 40 a 55 (riesgo importante) y de 60 a 72 (riesgo crítico). Se puede observar que en los procesos con mayor riesgo solo encontramos uno que es un riesgo importante, por lo que se tomara como prioridad para asegurar la transición a un riesgo bajo.



**Tabla 5.4**

*Matriz de IPERC*

PROCESO	ACTIVIDAD	PUESTO DE TRABAJO	N° TRABAJADORES	PELIGROS	RIESGO	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS				PLAN DE ACCIÓN
							SEGURIDAD				NUEVAS MEDIDAS DE CONTROL
							Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	
Medición y selección	Selección la materia útil	Técnico operario	2	No contar con EPPs y/o herramientas adecuadas.	Malestar y molestias respiratorias	Inmediata: Descanso	3	4	12	Riesgo Bajo	Capacitaciones contantes y concientización sobre el uso correcto de los EPPs
Molido	Utilización del equipo e inspección del molido	Técnico operario	2	Utilizar incorrectamente el equipo.	Corte, degarramiento o mutilación.	Inmediata: Atención médica de emergencia	3	8	24	Moderado	Evaluaciones constantes sobre el uso de equipos
Tratamiento de biogás	Utilización de equipos e inspecciones	Técnico operario	2	Utilizar incorrectamente el equipo / Equipo mal calibrado /Fuga de gas	Incendio / Asfixia	Inmediata: Protocolo de incendio	5	8	40	Importante	Controles e inspecciones rigurosas
Cogeneración	Utilización de equipos e inspecciones	Técnico operario	2	Utilizar incorrectamente el equipo / Equipo mal calibrado	Electrocución	Inmediata: Atención médica de emergencia	5	8	40	Importante	Inspecciones constantes de los sistemas
Preparación de biofertilizante	Utilización de equipos e inspecciones	Técnico operario	2	Utilizar incorrectamente los equipos / Derrame / Escape de olores	Intoxicación / Malestar y molestias respiratorias	Inmediata: Descanso	5	6	30	Moderado	Monitoreo especializado
Tratamiento de agua	Utilización de equipos e inspecciones	Técnico operario	2	Derrame	Malestar y molestias respiratorias	Inmediata: Regularización y limpieza	5	4	20	Riesgo Bajo	Capacitaciones contantes
Medición de calidad de materia	Manipuleo de muestras	Técnico de laboratorio	1	No contar con EPPs y/o herramientas adecuadas.	Intoxicación / Malestar y molestias respiratorias	Inmediata: Atención médica de emergencia	5	6	30	Moderado	Utilización de duchas antitóxicas

## **5.7 Sistemas de Mantenimiento**

El plan de mantenimiento es realmente importante para lograr un proyecto 100% eficiente. La estrategia de organización del mantenimiento será por Outsourcing, debido a que hay empresas como RENOVATEC que desarrolla los servicios de manera eficiente, incrementa la producción, reduce el costo unitario y mejora el sistema de seguridad, impacto ambiental y relaciones industriales. Además, tiene mejor experticia, conocimientos y destrezas para el mantenimiento de la maquinaria para que nuestra empresa tenga mejores beneficios. Finalmente, los servicios de mantenimiento que nos brinden serán mejorados y reenfocados continuamente según el desarrollo del negocio de nuestra empresa con el objetivo de tener todo controlado y asegurar altos niveles de disponibilidad de la planta.

Nos ofrecen los siguientes servicios:

- **Mantenimiento preventivo:** El fabricante nos sugirió contratar a un técnico que realice el mantenimiento preventivo cada dos meses, con la finalidad de aumentar la disponibilidad del sistema productivo, evitar reparaciones. Además, esto permite planificar recursos, coordinar actividades y ahorro energía y seguridad.
- **Mantenimiento predictivo:** Se realizará un monitoreo a las máquinas para asegurarnos que cumplan con los parámetros mediante el uso de equipos sofisticados adecuados para la maquinaria en la planta de producción, esto implica una inspección planificada que incluye un mantenimiento correctivo. Además, este mantenimiento nos permite aprovechar la vida útil completa.
- **Mantenimiento reactivo:** En el caso que se presente una falla, tendremos que contactarnos de manera inmediata con el proveedor para que nos brinde una solución eficaz.

## **5.8 Programa de operaciones del servicio**

### **5.8.1 Consideraciones sobre la vida útil del proyecto**

Para iniciar el proyecto estamos considerando un periodo de un año de pre- inversión antes de participar en la subasta en la cual se desarrollará tanto la planificación como el

diseño del proyecto, en el cual se incluye, compra de maquinarias, adquisición del terreno y el personal que participará en el proyecto.

Después de ganar la licitación mediante la subasta realizada por el estado, se tienen un periodo de 3 años para poder construir la planta y ponerla en marcha. De acuerdo con el contrato, posterior a los 6 meses se debe entregar el plan para ejecutar el proyecto a OSINERGMIN. Esta entidad del estado tiene la autorización de fiscalizar el cumplimiento del cronograma en el plazo establecido, ya que de presentarse incumplimientos en los plazos establecidos puede impactarnos de manera negativa en la resolución del contrato.

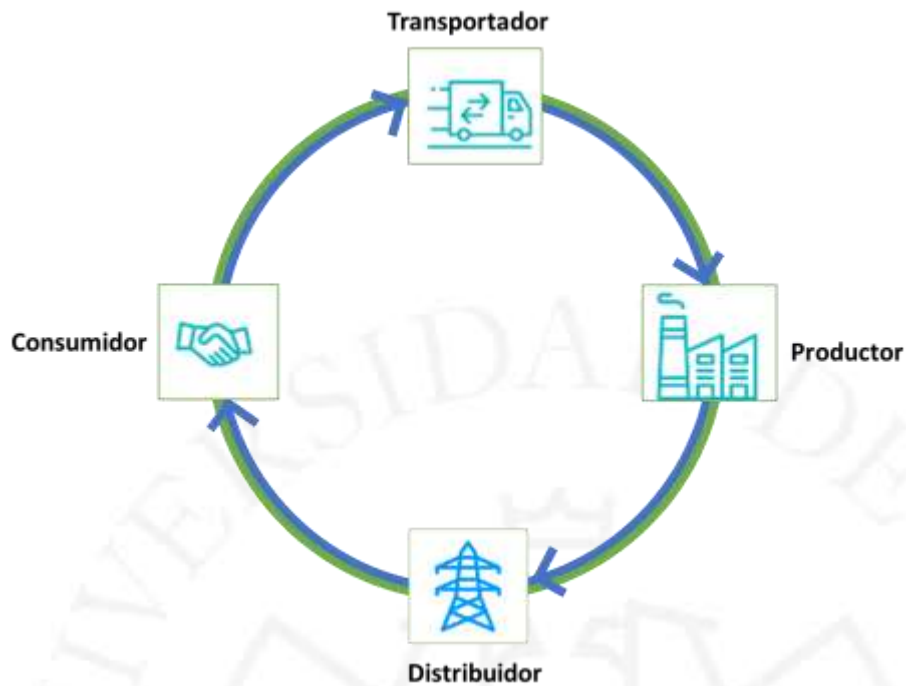
En primer lugar, un factor importante para el proyecto es el tiempo, por lo que se debe hacer un gran trabajo tanto en la planificación como en el diseño de la planta antes de participar en la subasta, esto se hace con la finalidad de una vez ganada la subasta, se preceda a iniciar con las obras y la adquisición de los equipos. En segundo lugar, otro factor importante vendría a ser el financiamiento del proyecto, debido a que es una inversión fuerte tanto en las maquinarias como la obra. Finalmente, cabe mencionar que el financiamiento es un factor que debe estar muy bien planificado desde el comienzo, debido a que generalmente tanto los proveedores de equipos y contratistas exigen el pago o un porcentaje de este por adelantado.

La duración del contrato con OSINERGMIN es de 20 años. Durante el tiempo de este periodo, la plata asegurará la cantidad de energía requerida con una periodicidad anual y la tarifa de adjudicación. Sin embargo, luego de expirado el contrato, se puede negociar un nuevo contrato con el estado, el cuál puede ser una renegociación o una prórroga, esto será determinado por el marco legal vigente en el momento.

Al hacer un análisis de la vida del proyecto, vemos que todo inicia con las personas naturales, que son encargadas de generar los residuos orgánicos diariamente, después el transportador es el encargado de llevar los residuos a la planta para que sean transformados en energía eléctrica y pueda ser distribuida a los consumidores, que en cierta medida, podrían ser los mismos generadores de la materia prima del proceso. Por lo que se entiende que la cadena de suministro es cíclica, al evaluarla como flujo de materia y recursos.

**Figura 5.5**

*Cadena de suministro*



### **5.8.2 Programa de operaciones durante la vida útil del proyecto**

Es imprescindible que el proyecto cumpla con la cantidad de energía adjudicada, así no se incurra en sanciones o penalizaciones por parte de OSINERGMIN. A continuación, presentamos la producción mínima anual requerida. Además, cabe mencionar que la producción anual siempre será la misma.

**Tabla 5.5**

*Programa de operaciones*

<b>Año</b>	<b>Producción Anual MWh</b>
2022-2042	31 000

## **5.9 Requerimiento de materiales, personal y servicio**

### **5.9.1 Materiales para el servicio**

La principal materia prima son los residuos sólidos que las personas desechan de manera diaria. Según MINAM, Lima Metropolitana genera más de 8 900 toneladas de basura al día. Además, estudios realizados por el mismo afirman que existe una fuerte conexión entre el crecimiento poblacional, la generación de residuos sólidos y el crecimiento

económico. Además, se llegó a apreciar que la basura en la fase final se concentra principalmente en los botaderos o rellenos sanitarios.

Además de los residuos sólidos orgánicos, también usamos otros insumos tales como el sustrato y el agua.

### **5.9.2 Determinación del requerimiento de personal de atención al cliente**

Nuestro cliente solo será el estado peruano, por lo que el requerimiento sería determinado por los ingenieros que laboren en la planta. En el capítulo 6, el cual corresponde a la organización administrativa, se verá más a detalle los puestos indispensables para una correcta ejecución de nuestro proyecto.

### **5.9.3 Servicios terceros**

En el caso que haya inconvenientes ya sea con el motor de combustión, el equipo de digestión u otros, se puede tomar un servicio complementario para el apoyo y el costo depende de cada equipo.

### **5.9.4 Otros: energía eléctrica, agua, transportes, etc.**

#### **Energía Eléctrica**

En la planta se contará con un suministro de energía de la red, debido a que se necesitará energía las 24 horas porque debe estar operativa en todo momento. Además, tanto las áreas administrativas como las zonas de control necesitan electricidad constantemente. Del mismo modo, en los momentos de parada de la planta de energía eléctrica se necesitará un sistema back up para asegurar la continuidad del negocio. Finalmente, a la energía que se consuma se le descontará la energía que se inyecta, reduciendo el gasto.

#### **Agua**

Respecto a este servicio, se necesita de un flujo constante de agua en grandes cantidades para: el proceso de producción, la limpieza de las máquinas y para el uso y aseo del personal tanto administrativo como operativo; por este motivo, se recuperará agua del efluente para ser reutilizado en la mezcla. Además, es sumamente importante conectar la planta al sistema local de agua y desagüe para abastecer las necesidades de agua para la mezcla.



## Transportes

En cuanto al recojo de la materia prima, se consideran los siguientes distritos, debido a que son los más cercanos a Ventanilla y tienen las mayores cantidades de generación de residuos sólidos con una periodicidad anual.

**Tabla 5.6**

*Generación de residuos sólidos (ton/año)*

<b>Distrito</b>	<b>2018</b>	<b>2020</b>
San Juan de Lurigancho	345 483,00	365 622,50
San Martín de Porres	267 666,00	293 358,10
Comas	173 129,00	244 888,51
Cercado de Lima	235 316,00	234 524,18
Los Olivos	132 105,00	129 511,89
Carabayllo	71 085,00	126 644,70
Rímac	79 782,00	89 711,18
Ancón	12 410,00	44 140,38

Este servicio debe sustentarse mediante la gestión de los residuos sólidos que cada municipalidad está obligada a cumplir. El proyecto soluciona la problemática de la mala gestión de los residuos sólidos, por lo que es obligación de las municipalidades hacer frente a los costos del transporte.

## Otros Servicios

Será necesario implementar el servicio tanto de teléfono de internet para llevar a cabo una correcta operación.

### 5.10 Soporte físico del servicio

#### 5.10.1 Factor edificio

Es necesario que los tanques y la mayoría de los equipos se encuentren al aire libre debido al riesgo inherente del proceso. Sin embargo, el motor, los intercambiadores, las bombas y los equipos similares van a estar en un área cerrada con un sistema de tuberías para permitir el flujo de materia, así protegerlos del polvo y del sol para que no se sobrecalienten.

Es fundamental contar con un área de trabajo para todo el personal debido a que los técnicos y personal de seguridad siempre se encontrarán en la planta y el resto del personal se dirigirá a la planta cuando se amerite. Esta área se dividirá en oficinas, cuartos de control y almacenes, protegido con ladrillos, cemento y vidrio templado.

### 5.10.2 El ambiente del servicio

El ambiente en su gran mayoría será un espacio abierto para mantener un flujo de viento seguro y el área que se requiere para colocar los cables desde la planta hasta el punto de conexión de la subestación y así llevar la energía eléctrica.

### 5.11 Disposición de la instalación del servicio

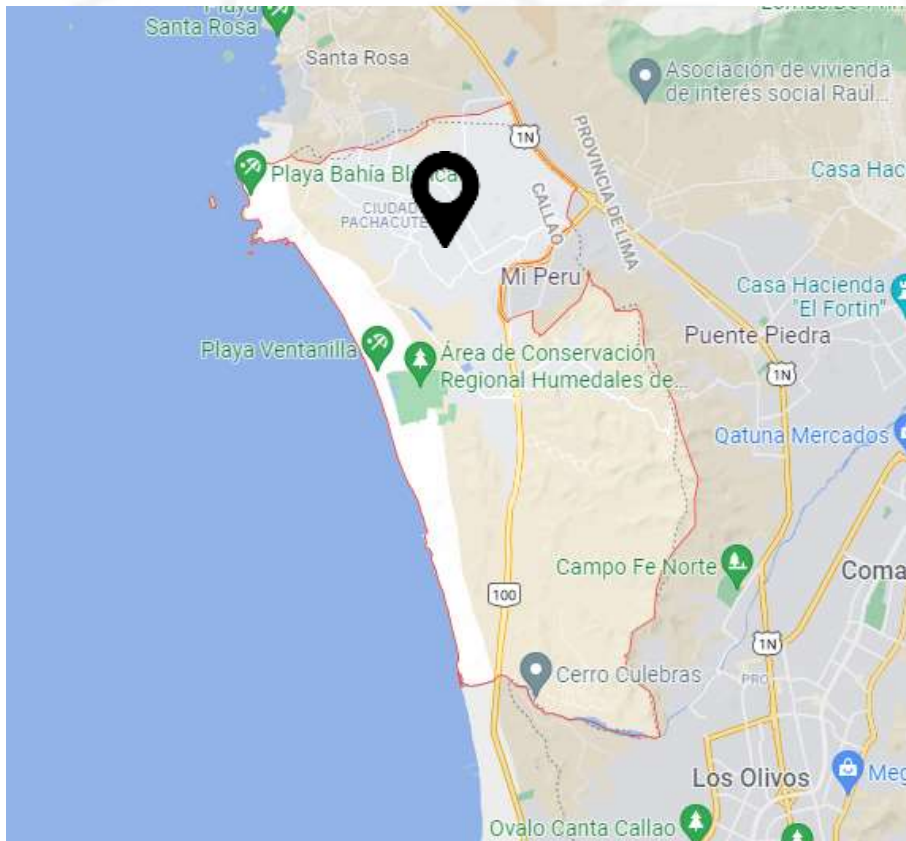
#### 5.11.1 Disposición general

Para poder generar los 3,54 MW se necesita de un terreno de 10 000 m<sup>2</sup>.

En la siguiente imagen se localiza el lugar aproximado donde se encontraría la planta, debido a que está cerca de una subestación eléctrica y así se podrá interconectar la red eléctrica de la Empresa de Distribución de Electricidad de Lima Norte (EDELNOR S.A.A)

#### Figura 5.6

*Ubicación de Planta*



Nota. De Mapas, por Google Maps, 2021 (<https://www.google.com/maps/@-12.0979883,-%2077.0324773,11.48z>)



## 5.12 Cronograma de implementación del proyecto

En el siguiente esquema se muestran los plazos en cual el proyecto se desarrollará, el cual inicia luego de ganar la licitación.

El proyecto lleva una etapa de pre-inversión, en el cual se incluirá la adquisición del terreno y un proceso de subasta con un plazo de 3 años. Durante el primer año se adquirirá el terreno y se comenzará a tener participación en las subastas con una periodicidad anual impuestas por el estado.

El proceso de realizar los trámites con el Estado y con los proveedores comprende un plazo de 1 año. Posteriormente a eso, se acondiciona el terreno y se proceden a instalar los equipos. De acuerdo con las bases, la fase de la recuperación de la garantía de fiel cumplimiento se disminuye a la mitad cuando la planta le falte construir un 25% (Resolución Viceministerial N° 052-2015-MEM/VME, 2015). A partir de finalizar el primer año de puesta en marcha del proyecto, el Estado recién comienza a pagar de forma regular.

**Tabla 5.7**

*Diagrama de Gantt*

	Año IV												V				
	I	II	III	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
Conseguir terreno	■																
Cercar terreno	■																
Subasta	■	■	■														
Trámites legales				■													
Estudio de impacto ambiental				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trámites de Osinergmin				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Construcciones inmuebles				■	■	■											
Compa de maquinaria y equipo				■	■	■											
Traslado de equipo						■	■										
Instalación de equipo								■	■	■	■						
Cableados y tuberías									■	■	■	■	■				
Red de agua y desague										■	■	■	■				
Pruebas														■			
Puesta en marcha															■		
Operación sin paga																■	
Operación con paga en adelante																	■

leyenda:

1 año =	■
1 mes =	■

*Nota:* El Estado se demora máximo un año y un mes en pagar la energía.

## **CAPÍTULO VI: ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN**

### **6.1 Formación de la organización empresarial.**

La organización de la empresa se definirá de acuerdo con los lineamientos específicos para garantizar una eficiente gestión. La cantidad total de personas serán de **12** y se agrupan de la siguiente manera:

- Operaciones: 5 personas ubicadas en planta y 4 alternarán su ubicación.
- Administración y Finanzas: 2 personas ubicadas en Lima.
- Gerencia: 1 persona que alternará su ubicación.

### **6.2 Requerimientos de personal directivo, administrativo y de servicios; y funciones generales de los principales puestos de trabajo.**

La gerencia de operaciones tendrá una gran responsabilidad, debido a que es responsable de que la planta funcione de manera adecuada y dar el cumplimiento al contrato de suministro de la energía eléctrica con el estado peruano.

La gerencia de administración y finanzas, situada en Lima, tiene como objetivo llevar una correcta gestión financiera en la empresa.

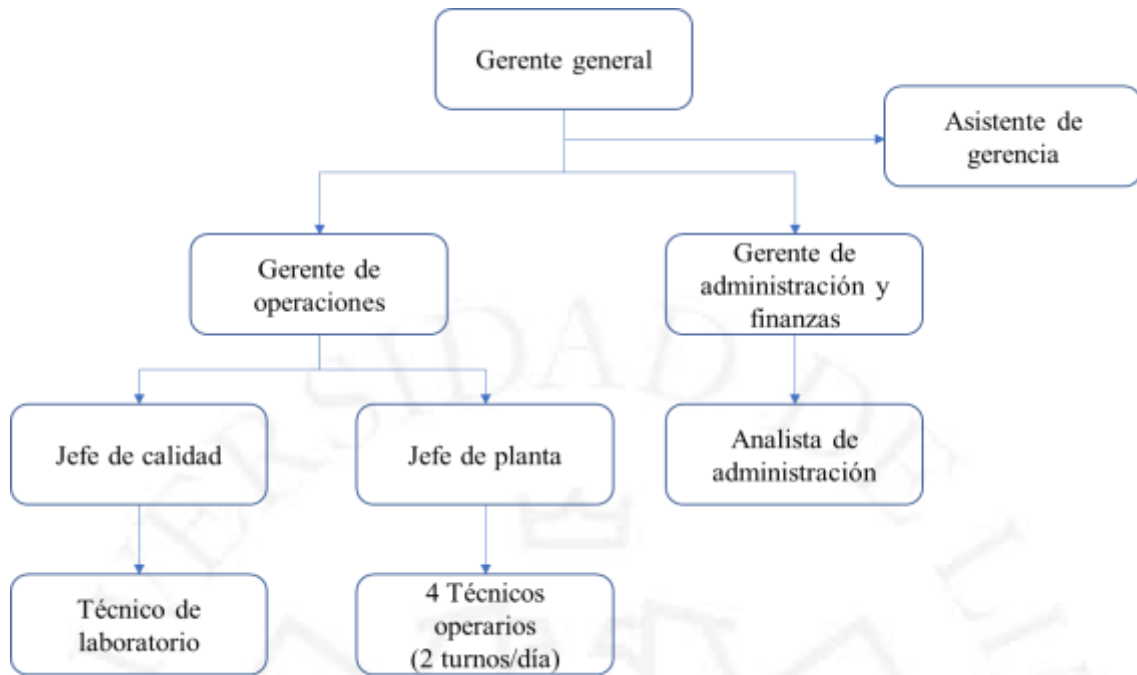
El área comercial no será implementada, debido a que la licitación de las ventas estará asegurada por 20 años. Ni el producto ni el precio variará, debido a que son valores fijos estipulados en el contrato con el Estado.

### 6.3 Esquema de la estructura organizacional

La empresa contará con los siguientes posiciones de trabajo, las cuáles se encuentran divididos de acuerdo con el organigrama se muestra en la figura 6.1.

- Gerente general: Se encarga de planear, desarrollar y cumplir las metas y objetivos anuales en coordinación con todas las áreas.
- Asistente de gerencia: Su función principal es apoyar en todos los procesos administrativos y secretarios que realice el Gerente General.
- Gerente de operaciones: Su función principal es llevar el control del cumplimiento de los lineamientos impuestos por la junta directiva y OSINERGMIN.
- Jefe de planta: Debe planificar y ejecutar los planes de mantenimiento establecidos, coordinar con el personal y gestionar las herramientas y repuestos.
- Técnicos operarios: Sus funciones se desempeñan en la planta, operando los equipos para su correcto funcionamiento. Deberán coordinar con el jefe de planta, tendrán que manejar la pala cargadora, controlar los parámetros de las máquinas, realizar mantenimiento y cumplir con los objetivos anuales.
- Jefe de calidad: Se encarga de asegurar la calidad de la producción y que cumpla con los estándares de la norma técnica peruana.
- Técnico de laboratorio: Debe realizar los análisis microbiológicos de materias primas e insumos, productos en proceso y productos terminados, de acuerdo con una frecuencia establecida.
- Gerente administración y finanzas: Administrar y gestionar de una manera eficiente los recursos de la empresa con el objetivo de garantizar un correcto funcionamiento según los estándares establecidos.
- Analista de administración: Tendrá como función llevar la gestión de los documentos vinculada al sistema de cobranzas, registros y reportes.

**Figura 6.1**  
*Organigrama*



# CAPÍTULO VII: PRESUPUESTOS Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

## 7.1 Inversiones

Para determinar el monto de la inversión requerida en el proyecto, se sumaron los montos de inversión de largo plazo que corresponden a los activos fijos tangibles e intangibles, en cuanto a la inversión de corto plazo se sumó el capital de trabajo.

**Tabla 7.1**

*Inversión Total*

Descripción		Monto	Porcentaje
Activos fijos tangibles	S/	10 628 138,50	95,51%
Activos fijos intangibles	S/	121 674,50	1,09%
Capital de trabajo	S/	377 407,16	3,39%
<b>Inversión total</b>	S/	<b>11 127 220,16</b>	<b>100%</b>

### 7.1.1 Estimación de inversiones de largo plazo (tangibles e intangibles)

Los activos fijos tangibles que requiere el proyecto son: la maquinaria, equipos y mobiliarios; los activos fijos intangibles corresponden a los trámites administrativos (obtención de licencias) y el posicionamiento de la marca.

#### Máquinas, equipos y mobiliarios

La inversión fija que será requerida directamente para la producción se divide en el activo fabril y no fabril.

**Tabla 7.2**

*Costo de activos fijos tangibles*

Activo fijo tangible	Cantidad	Costo unitario S/	Costo Total S/
<b>Activo fabril</b>			
Sensor de PLC	1	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
Tornillo sin fin	1	S/ 6 000,00	S/ 6 000,00
Molino de cuchillas	1	S/ 10 000,00	S/ 10 000,00
Tanque mezclador con agitador	2	S/ 4 500,00	S/ 9 000,00
Tanque de almacenamiento	3	S/ 3 700,00	S/ 11 100,00
Bomba	5	S/ 2 000,00	S/ 10 000,00
Válvula doble sentido	2	S/ 601,50	S/ 1 203,00

(Continuación)



(Continuación)

<b>Activo fijo tangible</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario S/</b>	<b>Costo Total S/</b>
Tanque distribuidor	1	S/ 17 000,00	S/ 17 000,00
Intercambiador de calor	2	S/ 12 000,00	S/ 24 000,00
Tanque con agitador y chaqueta	1	S/ 75 000,00	S/ 75 000,00
Decantador	1	S/ 59 000,00	S/ 59 000,00
Sedimentador	1	S/ 19 000,00	S/ 19 000,00
Válvula	3	S/ 200,00	S/ 600,00
Desinfectador UV	1	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00
Filtro de arena	1	S/ 7 500,00	S/ 7 500,00
Reactor biológico	1	S/ 11 500,00	S/ 11 500,00
Enfriador	2	S/ 5 800,00	S/ 11 600,00
Torre de secado	1	S/ 23 000,00	S/ 23 000,00
Filtro de carbón activado	1	S/ 200,50	S/ 200,50
Compresor	1	S/ 19 500,00	S/ 19 500,00
Antorcha	1	S/ 80,20	S/ 80,20
Motor CHP	1	S/ 230 000,00	S/ 230 000,00
Transformador	1	S/ 562 500,00	S/ 562 500,00
Grupo electrógeno	1	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
Tanque cisterna	1	S/ 6 000,00	S/ 6 000,00
Cargador Frontal	1	S/ 15 000,00	S/ 15 000,00
Camión de basura compactador	3	S/ 60 000,00	S/ 180 000,00
Equipos de calidad	Varios	S/ 5 500,00	S/ 15 000,00
Parihuelas	20	S/ 250,00	S/ 5 000,00
<b>Activo no fabril</b>			
Inmobiliario de oficinas	Varios	S/ 6 450,00	S/ 6 450,00
Equipos de cómputo	8	S/ 1 100,00	S/ 8 800,00
<b>Otros activos</b>			
Terreno	1	S/ 9 089 264,80	S/ 9 089 264,80
Infraestructuras	1	S/ 186 840,00	S/ 186 840,00
<b>Costo total de activos fijos tangibles S/</b>			<b>S/ 10 628 138,50</b>

### **Activo fijo intangible**

La inversión fija intangible incluye los trámites que solicitan las entidades como SUNAT, SUNARP e INDECOPI, además de los costos de posicionamiento.

**Tabla 7.3**

*Costo de activos fijos intangibles*

<b>Activo intangible</b>	<b>Costo S/</b>
Licencias de funcionamiento	S/ 1 500,00
Estudios previos	S/ 2 500,00
Requisitos de puesta en marcha	S/ 2 100,00
Software	S/ 1 500,00
Diseño corporativo	S/ 1 400,00
Asesoramiento legal	S/ 5 000,00
Asesoramiento AGF	S/ 10 000,00
Página web y hosting	S/ 900,00
Sueldo del personal antes de puesta en marcha	S/ 76 774,50
Servicio de construcción	S/ 20 000,00
<b>Costo total de activos fijos intangibles S/</b>	<b>S/ 121 674,50</b>

### 7.1.2 Estimación de las inversiones de corto plazo (capital de trabajo)

Se determinó que el Capital de Trabajo a utilizar será de S/ 343 097,42, debido a que en el mes de marzo se obtiene el máximo déficit acumulado.

Se tomó en cuenta un 10% adicional para cualquier contingencia.

**Tabla 7.4**

*Capital de trabajo*

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
<b>Ingresos</b>						
<b>Cobro al contado</b>						
Cobro al contado Biofertilizante			S/ 7 056,00	S/ 7 056,00	S/ 7 056,00	S/ 7 056,00
<b>Cobro al crédito</b>						
Cobro a 30 días				S/ 488 250,00	S/ 488 250,00	S/ 488 250,00
Cobro a 60 días						
<b>Egresos</b>						
<b>Pago al contado</b>						
Costo de producción	S/ 55 356,12	S/ 55 356,12	S/ 55 356,12	S/ 55 356,12	S/ 55 356,12	S/ 55 356,12
Otros pagos	S/ 50 977,50	S/ 50 977,50	S/ 50 977,50	S/ 50 977,50	S/ 50 977,50	S/ 50 977,50
<b>Pagos al crédito</b>						
Costo de materia prima e insumos		S/ 15 564,48	S/ 15 588,08	S/ 15 612,86	S/ 15 638,88	S/ 15 666,20
<b>Saldo mensual</b>	-S/ 106 333,62	-S/ 121 898,10	-S/ 114 865,70	S/ 373 359,52	S/ 373 333,50	S/ 373 306,18
<b>Saldo inicial</b>	S/ -	-S/ 106 333,62	-S/ 228 231,72	-S/ 343 097,42	S/ 30 262,11	S/ 403 595,61
<b>Saldo acumulado</b>	-S/ 106 333,62	-S/ 228 231,72	-S/ 343 097,42	S/ <b>30 262,11</b>	S/ 403 595,61	S/ 776 901,79

## 7.2 Costos de las operaciones del servicio

### 7.2.1 Costos de materiales del servicio

Se tercerizará el abastecimiento de materia prima, el costo depende del servicio de segregación de residuos por parte de los recicladores formalizados.

**Tabla 7.5**

*Presupuesto de Residuos Orgánicos*

<b>Residuos orgánicos</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Ton	37 918	37 918	37 918	37 918	37 918
<b>Total S/</b>	<b>S/ 180 000,00</b>	<b>S/ 189 000,00</b>	<b>S/ 198 450,00</b>	<b>S/ 208 372,50</b>	<b>S/ 218 791,13</b>

**Tabla 7.6**

*Presupuesto de bolsas*

<b>Bolsas</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Unidades	1 008	1 008	1 008	1 008	1 008
<b>Total S/</b>	<b>S/ 725,76</b>	<b>S/ 762,05</b>	<b>S/ 800,15</b>	<b>S/ 840,16</b>	<b>S/ 882,17</b>

**Tabla 7.7**

*Presupuesto de agua*

<b>Agua</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Litros	240 000	240 000	240 000	240 000	240 000
<b>Total S/</b>	<b>S/ 5 664,00</b>	<b>S/ 5 947,20</b>	<b>S/ 6 244,56</b>	<b>S/ 6 556,79</b>	<b>S/ 6 884,63</b>

**Tabla 7.8***Presupuesto del coagulante*

<b>Coagulante</b>	<b>Año 1</b>		<b>Año 2</b>		<b>Año 3</b>		<b>Año 4</b>		<b>Año 5</b>	
Bolsas (kg)	1 920		1 920		1 920		1 920		1 920	
<b>Total S/</b>	<b>S/</b>	<b>384,00</b>	<b>S/</b>	<b>403,20</b>	<b>S/</b>	<b>423,36</b>	<b>S/</b>	<b>444,53</b>	<b>S/</b>	<b>466,75</b>

**7.2.2 Costo de los servicios (energía eléctrica, agua, transporte, etc)****Tabla 7.9***Costo de servicios*

<b>Descripción</b>	<b>Año 1</b>		<b>Año 2</b>		<b>Año 3</b>		<b>Año 4</b>		<b>Año 5</b>	
Energía eléctrica	S/	26 237,00	S/	27 548,85	S/	28 926,29	S/	30 372,61	S/	31 891,24
Agua	S/	13 428,00	S/	14 099,40	S/	14 804,37	S/	15 544,59	S/	16 321,82
Mantenimiento máquinas	S/	1 680,00	S/	1 764,00	S/	1 852,20	S/	1 944,81	S/	2 042,05
Exámenes médicos	S/	10 000,00	S/	10 500,00	S/	11 025,00	S/	11 576,25	S/	12 155,06
Seguridad de la planta	S/	48 000,00	S/	50 400,00	S/	52 920,00	S/	55 566,00	S/	58 344,30
<b>Total S/</b>	<b>S/</b>	<b>99 345,00</b>	<b>S/</b>	<b>104 312,25</b>	<b>S/</b>	<b>109 527,86</b>	<b>S/</b>	<b>115 004,26</b>	<b>S/</b>	<b>120 754,47</b>

**7.2.3 Costo del personal**

## a. Personal de planta

Según el mercado internacional (ingenieros) y el mercado peruano se tienen los siguientes salarios

**Tabla 7.10***Costo de personal de planta*

<b>Puesto</b>	<b>Sueldo bruto (S/)</b>		<b>Gratificación (S/)</b>		<b>CTS (S/)</b>		<b>SCTR (S/)</b>		<b>ESSALUD (S/)</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Total anual</b>
Gerente de operaciones	S/	8 000,00	S/	16 000,00	S/	8 000,00	S/	2 800,00	S/	10 080,00	1	S/ 132 880,00
Jefe de calidad	S/	5 500,00	S/	11 000,00	S/	5 500,00	S/	1 925,00	S/	6 930,00	1	S/ 91 355,00
Jefe de planta	S/	5 500,00	S/	11 000,00	S/	5 500,00	S/	1 925,00	S/	6 930,00	1	S/ 91 355,00
Técnico de laboratorio	S/	3 000,00	S/	6 000,00	S/	3 000,00	S/	1 050,00	S/	3 780,00	1	S/ 49 830,00
<b>Total S/</b>												<b>S/ 365 420,00</b>

**Tabla 7.11***Costo de Operarios*

<b>Descripción</b>	<b>Año 1</b>		<b>Año 2</b>		<b>Año 3</b>		<b>Año 4</b>		<b>Año 5</b>	
Número de operarios	4		4		4		4		4	
Salario mensual bruto/operario	S/	1 200,00	S/	1 260,00	S/	1 323,00	S/	1 389,15	S/	1 458,61
Salario anual operario	S/	14 400,00	S/	15 120,00	S/	15 876,00	S/	16 669,80	S/	17 503,29
Gratificaciones/operario	S/	2 400,00	S/	2 520,00	S/	2 646,00	S/	2 778,30	S/	2 917,22
CTS (abril y noviembre)	S/	1 200,00	S/	1 260,00	S/	1 323,00	S/	1 389,15	S/	1 458,61
SCTR (S/)	S/	420,00	S/	441,00	S/	463,05	S/	486,20	S/	510,51
ESSALUD (S/)	S/	1 512,00	S/	1 587,60	S/	1 666,98	S/	1 750,33	S/	1 837,85
<b>Total (S/)</b>	<b>S/</b>	<b>79 728,00</b>	<b>S/</b>	<b>83 714,40</b>	<b>S/</b>	<b>87 900,12</b>	<b>S/</b>	<b>92 295,13</b>	<b>S/</b>	<b>96 909,88</b>

## b. Personal de soporte interno del servicio

Según el mercado peruano, se tiene un sueldo mensual para un administrativo es de S/ 5000 mensuales y de S/ 1200 para un colaborador de limpieza (Informe N°18-2013-MTPE/2/14, 2013).

**Tabla 7.12***Costo de personal de soporte de planta*

<b>Personal</b>	<b>Sueldo bruto S/</b>	<b>Gratificación (S/)</b>	<b>CTS (S/)</b>	<b>SCTR (S/)</b>	<b>ESSALUD (S/)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total anual</b>
Ingeniero	S/ 5 000,00	S/ 10 000,00	S/ 5 000,00	S/ 1 750,00	S/ 6 300,00	1	S/ 83 050,00
Colaborador	S/ 1 200,00	S/ 2 400,00	S/ 1 200,00	S/ 420,00	S/ 1 512,00	1	S/ 19 932,00
<b>Total S/</b>							<b>S/ 102 982,00</b>

**7.3 Presupuesto de ingresos y egresos****7.3.1 Presupuesto de ingreso por ventas**

En la siguiente tabla se detallará el presupuesto de ingresos por ventas con una periodicidad anual.

**Tabla 7.13***Presupuesto de ingresos por ventas*

<b>Presupuesto</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Precio S/ /Mw	S/ 226,80	S/ 238,14	S/ 250,05	S/ 262,55	S/ 275,68
Energía Eléctrica (Mw)	S/ 31 000,00	S/ 31 000,00	S/ 31 000,00	S/ 31 000,00	S/ 31 000,00
Precio S/ /Bolsa 10 kg (sin IGV)	S/ 70,00	S/ 73,50	S/ 73,50	S/ 73,50	S/ 73,50
Biofertilizante (Bolsas)	S/ 1 008,00	S/ 1 008,00	S/ 1 008,00	S/ 1 008,00	S/ 1 008,00
<b>Ingresos S/</b>	<b>S/ 7 101 360,00</b>	<b>S/ 7 456 428,00</b>	<b>S/ 7 825 545,00</b>	<b>S/ 8 213 117,85</b>	<b>S/ 8 620 069,34</b>

### 7.3.2 Presupuesto de costos del servicio

En la siguiente tabla se detallará el presupuesto de costos del servicio con una periodicidad anual, se muestra un resumen de los costos operativos para obtener el margen de utilidad proyectado; se considera que no se cuenta con inventario de producto terminado.

**Tabla 7.14**

*Costo CIF*

<b>Costo CIF</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Herramientas	S/ 3 397,20	S/ 3 567,06	S/ 3 745,41	S/ 3 932,68	S/ 4 129,32
Insumos	S/ 6 773,76	S/ 7 112,45	S/ 7 468,07	S/ 7 841,47	S/ 8 233,55
Depreciación de equipos de planta	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22
Servicios	S/ 99 345,00	S/ 104 312,25	S/ 109 527,86	S/ 115 004,26	S/ 120 754,47
MOI	S/ 365 420,00	S/ 383 691,00	S/ 402 875,55	S/ 423 019,33	S/ 444 170,29
<b>Total</b>	<b>S/ 591 319,18</b>	<b>S/ 615 065,98</b>	<b>S/ 640 000,12</b>	<b>S/ 666 180,96</b>	<b>S/ 693 670,85</b>

**Tabla 7.15**

*Presupuesto del costo del servicio*

<b>Descripción</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Materia prima	S/ 180 000,00	S/ 189 000,00	S/ 198 450,00	S/ 208 372,50	S/ 218 791,13
CIF	S/ 591 319,18	S/ 615 065,98	S/ 640 000,12	S/ 666 180,96	S/ 693 670,85
MOD	S/ 79 728,00	S/ 83 714,40	S/ 87 900,12	S/ 92 295,13	S/ 96 909,88
Costo de producción	S/ 851 047,18	S/ 887 780,38	S/ 926 350,24	S/ 966 848,59	S/ 1 009 371,86
Costo de ventas	S/ 851 047,18	S/ 887 780,38	S/ 926 350,24	S/ 966 848,59	S/ 1 009 371,86
Costo de ventas unitario	S/ 27,45	S/ 28,64	S/ 29,88	S/ 31,19	S/ 32,56
<b>Margen de utilidad</b>	<b>88%</b>	<b>88%</b>	<b>88%</b>	<b>88%</b>	<b>88%</b>

### 7.3.3 Presupuesto operativo de gastos generales

Para calcular el presupuesto operativo de gastos primero se contemplaron los gastos administrativos, bajo el concepto del salario bruto de los colaboradores del área administrativa y la gerencia general, agregándole el costo anual de servicios administrativos.

**Tabla 7.16**

*Presupuesto de gastos administrativos*

<b>Gastos administrativos</b>		<b>Año 1</b>		<b>Año 2</b>		<b>Año 3</b>		<b>Año 4</b>		<b>Año 5</b>
Sueldo gerente general S/	S/	199 320,00	S/	209 286,00	S/	219 750,30	S/	230 737,82	S/	242 274,71
Sueldo gerente de adm. y fin. S/	S/	132 880,00	S/	139 524,00	S/	146 500,20	S/	153 825,21	S/	161 516,47
Analista de adm. y fin. S/	S/	74 745,00	S/	78 482,25	S/	82 406,36	S/	86 526,68	S/	90 853,01
Secretaria de gerencia S/	S/	66 440,00	S/	69 762,00	S/	73 250,10	S/	76 912,61	S/	80 758,24
Servicios S/	S/	24 915,00	S/	26 160,75	S/	27 468,79	S/	28 842,23	S/	30 284,34
Transporte S/	S/	83 430,00	S/	87 601,50	S/	91 981,58	S/	96 580,65	S/	101 409,69
Combustible S/	S/	30 000,00	S/	31 500,00	S/	33 075,00	S/	34 728,75	S/	36 465,19
<b>Total de gastos administrativos S/</b>	<b>S/</b>	<b>611 730,00</b>	<b>S/</b>	<b>642 316,50</b>	<b>S/</b>	<b>674 432,33</b>	<b>S/</b>	<b>708 153,94</b>	<b>S/</b>	<b>743 561,64</b>



Después, se calculó la depreciación de los equipos de oficina junto con la amortización de los intangibles.

**Tabla 7.17**

*Gastos de depreciación y amortización*

Activo	Valor	Tasa	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Valor Residual
<b>Depreciación de tangibles no fabriles</b>								
Equipos de cómputo	S/ 8 800,00	25%	S/ 2 200,00	S/ 2 200,00	S/ 2 200,00	S/ 2 200,00		S/ -
Inmobiliarios de oficina	S/ 6 450,00	10%	S/ 645,00	S/ 645,00	S/ 645,00	S/ 645,00	S/ 645,00	S/ 3 225,00
Infraestructura	S/ 186 840,00	10%	S/ 18 684,00	S/ 18 684,00	S/ 18 684,00	S/ 18 684,00	S/ 18 684,00	S/ 93 420,00
<b>Depreciación de tangibles fabriles</b>								
Equipos fabriles	S/ 1 163 832,20	10%	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 581 916,10
<b>Amortización de activos intangibles</b>								
Licencias de funcionamiento	S/ 1 500,00	20%	S/ 300,00	S/ 300,00	S/ 300,00	S/ 300,00	S/ 300,00	S/ -
Estudios previos	S/ 2 500,00	20%	S/ 500,00	S/ 500,00	S/ 500,00	S/ 500,00	S/ 500,00	S/ -
Requisitos de puesta en marcha	S/ 2 100,00	20%	S/ 420,00	S/ 420,00	S/ 420,00	S/ 420,00	S/ 420,00	S/ -
Software	S/ 2 000,00	20%	S/ 400,00	S/ 400,00	S/ 400,00	S/ 400,00	S/ 400,00	S/ -
<b>Total S/</b>	<b>S/ 1 374 022,20</b>		<b>S/ 139 532,22</b>	<b>S/ 139 532,22</b>	<b>S/ 139 532,22</b>	<b>S/ 139 532,22</b>	<b>S/ 137 332,22</b>	<b>S/ 678 561,10</b>

Finalmente, al ser nuestro único cliente el estado, no incurrimos en gastos de ventas como publicidad, marketing, etc.

## 7.4 Presupuestos financieros

### 7.4.1 Presupuesto de servicio de deuda

La distribución respecto al financiamiento será 40% capital propio y 60% financiado.

**Tabla 7.18**

*Estructura de financiamiento*

	Capital propio		Préstamo bancario		Total
Porcentaje	40%		60%		100%
S/	S/	4 450 888,06	S/	6 676 332,09	S/ 11 127 220,16

La tasa de interés que cobran las entidades financieras oscila entre 12% (COFIDE) y 25% (bancos en Perú). Para la estimación de la cuota a pagar hemos usado una tasa de interés de 16% (promedio). La modalidad de pago será en 5 años a cuotas constantes.

**Tabla 7.19**

*Cronograma de amortizaciones y pago de intereses en soles*

Años	S. Inicial	Amor.	Interés	Cuota	S. Final
1	S/ 6 676 332,09	S/ 970 801,32	S/ 1 068 213,14	S/ 2 039 014,46	S/ 5 705 530,77
2	S/ 5 705 530,77	S/ 1 126 129,53	S/ 912 884,92	S/ 2 039 014,46	S/ 4 579 401,24
3	S/ 4 579 401,24	S/ 1 306 310,26	S/ 732 704,20	S/ 2 039 014,46	S/ 3 273 090,98
4	S/ 3 273 090,98	S/ 1 515 319,90	S/ 523 694,56	S/ 2 039 014,46	S/ 1 757 771,08
5	S/ 1 757 771,08	S/ 1 757 771,08	S/ 281 243,37	S/ 2 039 014,46	-
		S/ 6 676 332,09			

## 7.4.2 Presupuesto de Estados de resultados

La siguiente tabla nos muestra el estado de resultados cada año de vida del proyecto. Por política se ha determinado repartir entre los trabajadores el 8% de la utilidad antes de impuesto a la renta y distribución laboral.

**Tabla 7.20**

*Estados de resultados en soles*

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
Ventas	S/	7 101 360,00	S/	7 456 428,00	S/	7 825 545,00	S/	8 213 117,85	S/	8 620 069,34
(Costo de ventas)	S/	851 047,18	S/	887 780,38	S/	926 350,24	S/	966 848,59	S/	1 009 371,86
Utilidad bruta	S/	6 250 312,82	S/	6 568 647,62	S/	6 899 194,76	S/	7 246 269,26	S/	7 610 697,49
Valor residual									-S/	678 561,10
Valor de Venta									S/	678 561,10
(Gastos administrativos)	S/	611 730,00	S/	642 316,50	S/	674 432,33	S/	708 153,94	S/	743 561,64
(Depreciación de tangibles)	S/	21 529,00	S/	21 529,00	S/	21 529,00	S/	21 529,00	S/	19 329,00
(Amortización de intangibles)	S/	1 620,00	S/	1 620,00	S/	1 620,00	S/	1 620,00	S/	1 620,00
Utilidad de operación	S/	5 615 433,82	S/	5 903 182,12	S/	6 201 613,44	S/	6 514 966,32	S/	6 846 186,85
(Gastos financieros)	S/	1 068 213,14	S/	912 884,92	S/	732 704,20	S/	523 694,56	S/	281 243,37
Utilidad antes de impuesto a la renta y distribución laboral	S/	4 547 220,68	S/	4 990 297,20	S/	5 468 909,24	S/	5 991 271,76	S/	6 564 943,48
Participación 8% a trabajadores	S/	363 777,65	S/	399 223,78	S/	437 512,74	S/	479 301,74	S/	525 195,48
Utilidad antes de impuestos	S/	4 183 443,03	S/	4 591 073,42	S/	5 031 396,50	S/	5 511 970,02	S/	6 039 748,00
(Impuesto a la renta 29.5%)	S/	1 234 115,69	S/	1 354 366,66	S/	1 484 261,97	S/	1 626 031,16	S/	1 781 725,66
Utilidad neta	S/	2 949 327,34	S/	3 236 706,76	S/	3 547 134,53	S/	3 885 938,87	S/	4 258 022,34
(Reserva legal)	S/	296 725,87	S/	296 725,87	S/	296 725,87				
Utilidad de libre disponibilidad	S/	2 652 601,47	S/	2 939 980,89	S/	3 250 408,66	S/	3 885 938,87	S/	4 258 022,34

## 7.4.3 Presupuesto de estado de situación financiera

La siguiente tabla muestra el estado de situación financiera de apertura del proyecto.

**Tabla 7.21***Estado de situación financiera en soles (apertura)*

<b>Activo corriente</b>			<b>Pasivo corriente</b>		
Caja	S/	377 407,16	Deuda a Corto Plazo	S/	970 801,32
<b>Total</b>	S/	377 407,16	<b>Pasivo no corriente</b>		
<b>Activo no corriente</b>			Deuda a Largo Plazo	S/	5 705 530,77
Inversión en Activo Fijo Tangible	S/	10 628 138,50	<b>Total de pasivo</b>	S/	<b>6 676 332,09</b>
Inversión en Activo Fijo Intangible	S/	121 674,50	<b>Patrimonio</b>		
			Capital social	S/	4 450 877,68
			<b>Total patrimonio</b>	S/	<b>4 450 877,68</b>
<b>Total</b>	S/	10 749 813,00			
<b>Total de activos</b>	S/	<b>11 127 220,16</b>	<b>Total pasivo y patrimonio</b>	S/	<b>11 127 220,16</b>

La siguiente tabla muestra el estado de situación financiera al cierre del año 1 del proyecto.

**Tabla 7.22***Estado de situación financiera en soles (cierre)*

<b>Activo corriente</b>	S/	2 355 933,17	<b>Pasivo corriente</b>		
			Deuda a Corto Plazo	S/	1 126 129,53
<b>Total</b>	S/	2 355 933,17	<b>Pasivo no corriente</b>		
<b>Activo no corriente</b>			Deuda a Largo Plazo	S/	4 579 401,24
Inversión en Activo Fijo Tangible	S/	10 628 138,50	<b>Total Pasivo</b>	S/	<b>5 705 530,77</b>
Depreciación Acumulada	-S/	116 383,22	<b>Patrimonio</b>		
Inversión en Activo Fijo Intangible	S/	121 674,50	Capital social	S/	4 450 888,06
Amortización Acumulada	-S/	1 620,00	Utilidades Retenidas Acumuladas al año 1	S/	2 652 601,47
<b>Total</b>	S/	10 749 813,00	Reserva Legal	S/	296 725,87
<b>Total de Activos</b>	S/	<b>13 105 746,17</b>	<b>Total Patrimonio</b>	S/	<b>7 400 215,40</b>
			<b>Total Pasivo y Patrimonio</b>	S/	<b>13 105 746,17</b>

## 7.5 Flujo de fondos netos

### 7.5.1 Flujo de fondos económicos

**Tabla 7.23**

*Flujo de fondos económicos en soles*

<b>RUBRO</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Inversión total	-S/ 11 127 220,16					
Utilidad neta		S/ 2 949 327,34	S/ 3 236 706,76	S/ 3 547 134,53	S/ 3 885 938,87	S/ 4 258 022,34
(+) Amortización de intangibles		S/ 1 620,00	S/ 1 620,00	S/ 1 620,00	S/ 1 620,00	S/ 1 620,00
(+) Depreciación fabril		S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22
(+) Depreciación no fabril		S/ 21 529,00	S/ 21 529,00	S/ 21 529,00	S/ 21 529,00	S/ 19 329,00
(+) Gastos financieros(1-t)		S/ 753 090,26	S/ 643 583,87	S/ 516 556,46	S/ 369 204,66	S/ 198 276,58
(+) Valor residual (v. libros)						S/ 678 561,10
(+) Capital de trabajo						S/ 377 407,16
<b>Flujo neto de fondos económico</b>	-S/ 11 127 220,16	S/ 3 841 949,82	S/ 4 019 822,85	S/ 4 203 223,21	S/ 4 394 675,75	S/ 5 649 599,39

### 7.5.2 Flujo de fondos financieros

**Tabla 7.24**

*Flujo de fondos financieros en soles*

<b>RUBRO</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Inversión total	-S/ 11 127 220,16					
Préstamo	S/ 6 676 332,09					
Utilidad neta		S/ 2 949 327,34	S/ 3 236 706,76	S/ 3 547 134,53	S/ 3 885 938,87	S/ 4 258 022,34
(+) Amortización de intangibles		S/ 1 620,00	S/ 1 620,00	S/ 1 620,00	S/ 1 620,00	S/ 1 620,00
(+) Depreciación fabril		S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22	S/ 116 383,22
(+) Depreciación no fabril		S/ 21 529,00	S/ 21 529,00	S/ 21 529,00	S/ 21 529,00	S/ 19 329,00
(-) Amortización del préstamo		S/ 970 801,32	S/ 1 126 129,53	S/ 1 306 310,26	S/ 1 515 319,90	S/ 1 757 771,08
(+) Valor residual (v. libros)						S/ 678 561,10
(+) Capital de trabajo	-S/ 4 450 888,06	S/ 2 118 058,24	S/ 2 250 109,45	S/ 2 380 356,50	S/ 2 510 151,19	S/ 3 693 551,73
<b>Flujo neto de fondos financiero</b>	-S/ 11 127 220,16					

## 7.6 Evaluación Económica y financiera

**Figura 7.1**

*Fórmulas COK*

Fórmula	Significado
$r_{kp} = r_f + \beta(r_m - r_f) + r_{país}$	$r_{kp}$ Costo de oportunidad
	$r_f$ Tasa libre de riesgo
	$\beta$ Índice de mercado
	$r_m$ Riesgo de mercado
$\beta_{ap} = \beta_{nap} [1 + (1 - T) \left(\frac{D}{E}\right)]$	$\beta_{ap}$ Beta apalancada
	$\beta_{nap}$ Beta no apalancada
	$T$ Impuesto a la renta
	$D$ Deuda
	$E$ Capital propio
$CCPP = Wd * Kd * (1 - T) + Wp * Kp$	$CCPP$ Costo cap. Prom. Pond.
	$Wd$ Inversión terceros
	$Wp$ Inversión cap. Propio
	$Kd$ TEA
	$Kp$ Costo de oportunidad

### 7.6.1 Evaluación económica: VAN, TIR, B/C, PR

Para la evaluación del proyecto se estima un COK, el cual viene a ser el costo de oportunidad de capital basado en el modelo CAPM (Capital and Asset Pricing Model).

Se calculó un  $R_f$  de 6,16%, un Beta de 1.14 para energías renovables (Damodaran, 2019) y un  $R_m$  de 13,49% (obtenido de una base histórica de los últimos 10 años del índice Standard & Poor's 500) (Macrotrends, 2021). Con estos datos se obtiene un COK de 16,28 %. Además, se colocó una prima de riesgo de 1,74%.

**Tabla 7.25**

*Indicadores económicos*

Indicadores	Valor
VANE	S/ 2 883 105,51
TIRE	26,33%
B/C Económico	1,26
Periodo de recupero	3 años y 1 mes

Económicamente, se puede obtener como resultado que el proyecto es viable, debido a que presenta un VAN positivo, un TIR mayor al costo de oportunidad y una razón beneficio costo mayor a uno.

## 7.6.2 Evaluación financiera: VAN, TIR, B/C, PR.

**Tabla 7.26**

*Indicadores Financieros*

Indicadores	Valor
VANF	S/ 3 658 326,87
TIRF	45,06%
B/C Financiero	1,82
Periodo de recupero	2 año y 8 meses

Respecto al análisis financiero, se puede obtener como resultado que el proyecto es viable, debido a que presenta un VAN positivo, una TIR mayor costo de oportunidad y una razón beneficio costo mayor a uno.

## 7.6.3 Análisis de los resultados económicos y financieros del proyecto

- **Liquidez:** Se tomaron en consideración los ratios como la razón corriente, que indica la facilidad de pago a corto plazo, la prueba ácida hace referencia a la capacidad del proyecto para cancelar las deudas a corto plazo (sin contar con inventarios) y el capital de trabajo, que nos indica la disponibilidad para pagar las deudas de inmediato.

**Tabla 7.27**

*Ratios de liquidez*

Ratio	Año 1
Razón corriente	2,09
Solvencia/Garantía	2,30

- **Solvencia:** Se calculó el apalancamiento financiero, la razón de la deuda a largo plazo con el patrimonio y la razón de endeudamiento.

**Tabla 7.28**

*Ratios de solvencia*

Ratio	Año 1
Razón Deuda Patrimonio	0,77
Razón propiedad	0,56

- **Rentabilidad:** El margen bruto permite identificar la utilidad en términos de porcentaje sin contar con los gastos e impuesto; el margen neto identifica la misma utilidad, pero contando los gastos e impuesto. Además, se calculó la eficiencia de la utilización de los activos totales.

**Tabla 7.29**

*Ratios de rentabilidad*

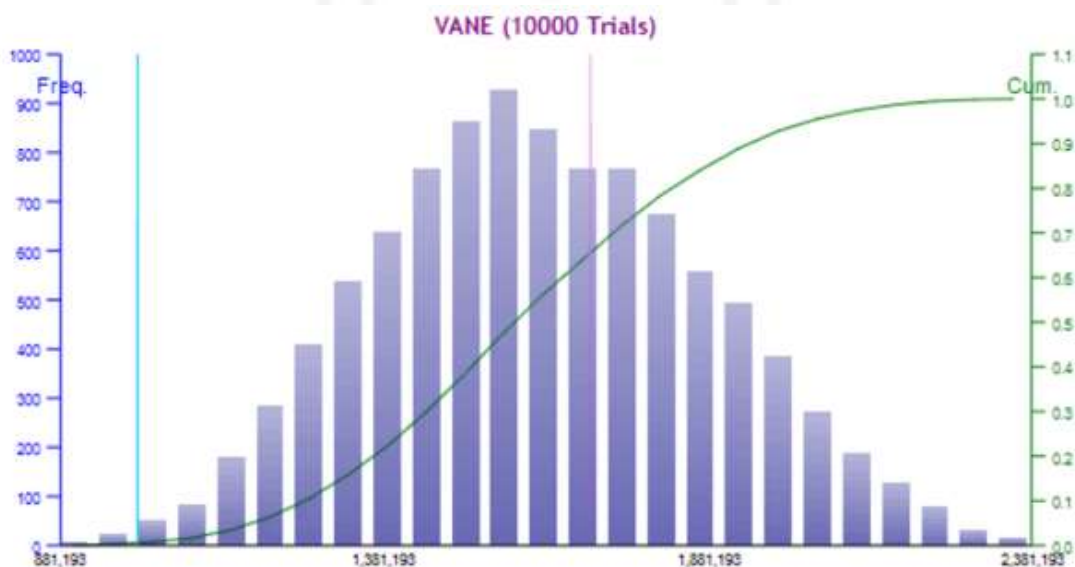
Ratio	Año 1
Margen bruto	0,88
Margen neto	0,43

#### 7.6.4 Análisis de sensibilidad del proyecto

Para el siguiente análisis se usó la simulación de Montecarlo. Respecto al COK, se colocó una prima de riesgo máxima de 2,78% que generó un COK de 17,32%, y una prima de riesgo mínima de 1,14% que generó un COK de 15,68%, ambas primas de riesgo han sido obtenidas del BCRP (Banco Central de Reserva del Perú). Respecto al tipo de cambio, se utilizó un valor máximo de 3,95 soles para el año 2023 al día 21 de marzo del 2022 y un valor mínimo de 3,65 soles, ambos datos han sido obtenidos de Bloomberg. Finalmente, el input del tipo de cambio varía el precio, por lo que es válido colocarlo en una distribución triangular, para lo cual se utilizaría el pronóstico que se espera a futuro con los datos que tenemos hoy en día.

**Figura 7.2**

*Análisis de sensibilidad del VAN Económico*

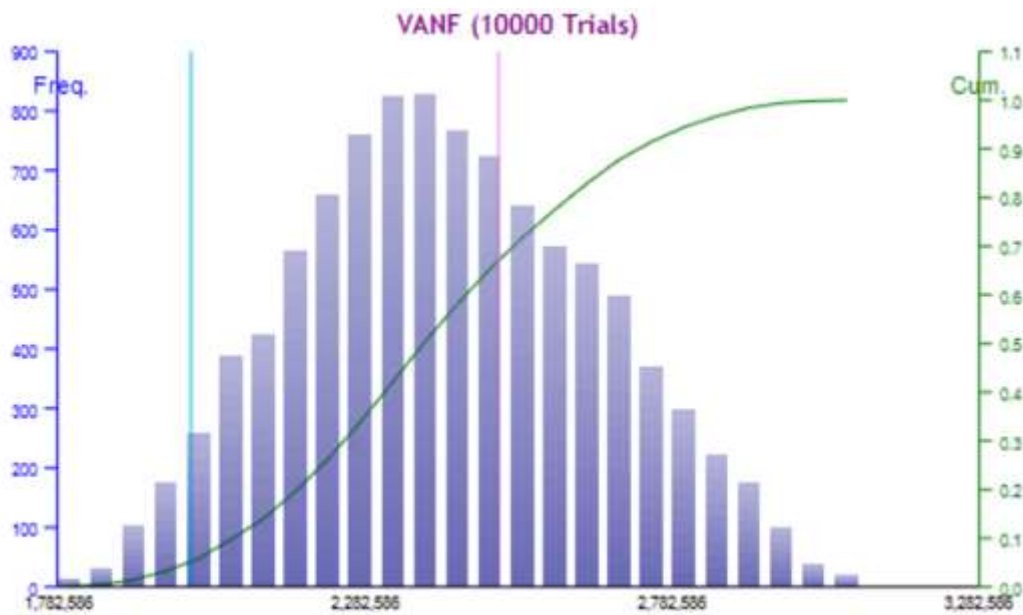




Respecto al VAN económico, la simulación de Montecarlo representa que la probabilidad de tener un VAN entre S/ 1 000 000 y S/ 1 700 000 con una probabilidad de 65%. Esta simulación usa 10 000 intentos, debido a que se obtiene un resultado más certero.

### Figura 7.3

*Análisis de sensibilidad del VAN Financiero*



Respecto al VAN financiero, la simulación de Montecarlo representa que la probabilidad de tener un VAN entre S/ 2 000 000 y S/ 2 500 000 con una probabilidad de 61%. Esta simulación usa 10 000 intentos, debido a que se obtiene un resultado más certero.

## CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO

### 8.1 Indicadores sociales

Es indispensable que el proyecto sea viable en el sentido social, económico y ambiental. Este proyecto impacta de manera positiva en el medio ambiente, ya que reduce la huella de carbono. Además, no se consume materias primas renovables y al usar los desechos orgánicos para la creación de biogás representa una gran rentabilidad económica.

### 8.2 Interpretación de indicadores sociales

A continuación de muestra el valor agregado que usaremos en los cálculos de los indicadores sociales a interpretar.

**Tabla 8.1**

*Cálculo del Valor agregado*

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	S/ 7 101 360,00	S/ 7 101 360,00	S/ 7 101 360,00	S/ 7 101 360,00	S/ 7 101 360,00
Costo de ventas	S/ 902 771,18	S/ 902 771,18	S/ 902 771,18	S/ 902 771,18	S/ 902 771,18
Costo de materia prima	S/ 180 000,00	S/ 180 000,00	S/ 180 000,00	S/ 180 000,00	S/ 180 000,00
Gastos operativos	S/ 660 360,00	S/ 660 360,00	S/ 660 360,00	S/ 660 360,00	S/ 660 360,00
Gastos financieros	S/ 1 070 859,99	S/ 915 146,90	S/ 734 519,72	S/ 524 992,18	S/ 281 940,25
Participaciones	S/ 355 537,59	S/ 367 994,63	S/ 382 444,81	S/ 399 207,01	S/ 418 827,17
Depreciaciones	S/ 23 149,00	S/ 23 149,00	S/ 23 149,00	S/ 23 149,00	S/ 20 949,00
Impuesto a la renta	S/ 1 206 161,26	S/ 1 248 421,79	S/ 1 297 444,01	S/ 1 354 309,78	S/ 1 420 871,16
Utilidad neta	S/ 2 882 520,98	S/ 2 983 516,49	S/ 3 100 671,28	S/ 3 236 570,84	S/ 3 395 641,25
Valor agregado anual	S/ 6 921 360,00	S/ 6 921 360,00	S/ 6 921 360,00	S/ 6 921 360,00	S/ 6 921 360,00
<b>Valor agregado actualizado</b>					<b>S/ 23 201 472,21</b>

Luego de hallar el valor agregado actualizado, hallaremos los siguientes indicadores sociales.

**Tabla 8.2**

*Densidad de capital*

Inversión total	S/	11 127 220,16
Número de empleos generados		12,00
<b>Densidad de capital</b>	<b>S/</b>	<b>927 268,35</b>

El indicador de densidad de capital nos muestra que se ha invertido S/ 927 268,35 soles por cada puesto de trabajo.

**Tabla 8.3**

*Intensidad de capital*

Inversión total	S/	11 127 220,16
Valor agregado	S/	25 282 391,55
<b>Intensidad de capital</b>		<b>0,440</b>

El indicador de intensidad capital nos muestra que existe 0,440 soles por cada sol que los accionistas invierten,

**Tabla 8.4**

*Relación Producto – capital*

Valor agregado	S/	25 282 391,55
Inversión total	S/	11 127 220,16
<b>Relación Producto-Capital</b>		<b>2,3</b>

El indicador de relación producto-capital nos muestra que por cada sol invertido por parte de los accionistas se ganará 2,3 soles.

**Tabla 8.5**

*Productividad de la mano de obra*

<b>Indicador</b>		<b>Valor</b>
Valor agregado	S/	25 282 391,55
Densidad de capital	S/	927 268,35
Intensidad de capital		0,44
Relación producto-capital		2,27
Productividad de la M. O	S/	1 731,95

Este indicador nos muestra cuánto dinero puede generar un puesto de trabajo. En el caso de este proyecto obtenemos como resultado S/ 1 731,95

## CONCLUSIONES

La instalación de una planta de producción de energía eléctrica a partir de los residuos orgánicos es factible comercial, técnica, económica y socialmente, por lo que se concluyó lo siguiente:

- Tomando en consideración los factores de micro localización se demostró que la mejor opción de ubicación es Ventanilla.
- Los residuos podrían representar una fuente de energía significativa; sin embargo, se decidió elegir el tamaño de planta de mercado, este tamaño es determinado por el estado.
- Al evaluar las opciones tecnológicas para los procesos principales, se diseñó un flujo de proceso de alta eficiencia.
- La cantidad de puestos que requiere la empresa está determinada por las necesidades de trabajo que se tengan. Por este motivo, se especificó la estructura organizacional tomando en cuenta que se requiere un área de operaciones, finanzas y gerencia con 12 colaboradores en total.
- Se estimaron los indicadores económicos y financieros del estudio en base a todos los recursos que se necesitarán, por lo que el proyecto se fundamente económica y financieramente.
- Respecto al análisis de sensibilidad, con un COK que tenga una distribución triangular de 15,68% y 17,32%, además de un tipo de cambio de 3,65 soles y 3,95 soles, y con 10 000 intentos, se puede asegurar de que el proyecto es altamente rentable al 95% de confianza.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación práctica del proyecto y ejecución del proyecto, ya que se encuentra gran potencial de crecimiento.
- Se recomienda una línea de aplicación nueva como resultado de la investigación en cuanto al biofertilizante generado.
- Se recomienda que se publique esta investigación, este trabajo da visibilidad.
- Se recomienda seguir invirtiendo recursos en proyectos que utilizan recursos renovables, así impactar positivamente al planeta.



## REFERENCIAS

- Aguamarket. (s.f.). *Aireación extendida [En línea]*.  
<https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=45>
- Arango Gómez, J. E., Sierra Vargas, F., & Silva Leal, V. (2014). Análisis exploratorio de investigaciones sobre los motores de combustión interna que trabajan con biogás. *Tecnura*, 18(39), 152 - 164.
- Borda Pérez, C. G. (2016). *Biogas: una alternativa energética para los rellenos sanitarios urbanos y un beneficio mitigador de cambio climático*. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio institucional de Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/15271>
- Calderón Rocha, E., Contreras Araiza, J., & Contreras Araiza, A. (9 de mayo de 2017). *Dispositivos alimentos con Biogás a partir de Frutas y verduras*.  
<https://es.slideshare.net/lalov/proyecto-biogas-75830421>
- Chiong Ravina, C. K. (2015). *Estimación de la recarga del acuífero Rímac sector Ate, mediante el riego de áreas verdes*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional de Universidad de Nacional Agraria La Molina.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2160>
- Cifuentes Tabares, C. (2019). *Caracterización del proceso de combustión de biogás, residuos orgánicos, haciendo uso del programa BOOST de AVL*. [Tesis de grado, Universidad de Valladolid]. Repositorio institucional de Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/34439>
- De La Merced Jiménez, D. (2012). *Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo*. [Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Energética, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional de la Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/31560>
- Decreto Legislativo N° 1002* . (13 de setiembre de 2010).
- Espinosa Mantilla, K. G. (2021). *Biogás de residuos orgánicos como fuente de energía renovable: análisis del potencial de la ciudad de Quito*. [Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio institucional de Universidad Andina Simón Bolívar. <http://hdl.handle.net/10644/8410>
- González Salcedo, L. O., & Olaya Arboleda, Y. (2012). *Fundamentos para el diseño de Biodigestores*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional de Universidad Nacional de Colombia.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10762>

- Google Maps. (2021). *Mapas*. <https://www.google.com/maps/@-12.0979883,-77.0324773,11.48z>
- Informe N°18-2013-MTPE/2/14*. (19 de marzo de 2013).  
[http://www.trabajo.gob.pe/boletin/documentos/boletin\\_26/doc\\_boletin\\_26\\_06.pdf](http://www.trabajo.gob.pe/boletin/documentos/boletin_26/doc_boletin_26_06.pdf)
- Intendencia Municipal de Montevideo – Banco Mundial. (noviembre de 2005).  
*Proyecto: Captura de biogás del relleno sanitario de la ciudad de Montevideo*.  
[http://portal.mercociudades.net/sites/portal.mercociudades.net/files/archivos/documentos/Modulos/Ambiente/Residuos/captura\\_biogas\\_mdeo\\_2005.pdf](http://portal.mercociudades.net/sites/portal.mercociudades.net/files/archivos/documentos/Modulos/Ambiente/Residuos/captura_biogas_mdeo_2005.pdf)
- Ley 27314*. (20 de julio de 2000). [https://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2012/06/ley\\_27314.pdf#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20el,pol%C3%ADtica%20que%20se%20establecen%20en%20el%20siguiente%20art%C3%ADculo.](https://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2012/06/ley_27314.pdf#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20el,pol%C3%ADtica%20que%20se%20establecen%20en%20el%20siguiente%20art%C3%ADculo.)
- Macrotrends*. (2021). <https://www.macrotrends.net/>
- Madrigal Pérez, G. B., Quispe Saavedra, J. J., & Vargas Huamán, Y. M. (2018).  
Cálculo de la generación de biogás para el relleno sanitario de la ciudad de Juliaca, utilizando el modelo LandGEM Versión 3.02 de la USEPA y estimación del potencial de producción eléctrica. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(2), 42 – 55.  
<https://doi.org/10.17162/rictd.v4i2.1096>
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Anuario Estadístico de Electricidad 2018*.  
[https://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13285](https://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13285)
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Anuario Estadístico de Electricidad 2019*.  
[http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13396](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13396)
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (10 de marzo de 2014). *Ordenanza Municipal N° 1778-2014-MML*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/gestion-metropolitana-residuos-solidos-municipales>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (octubre de 2014).  
*Generación Eléctrica con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales en el Perú*.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct\\_2014\\_Generacion\\_Electrica\\_RER\\_No\\_Convencionales\\_Peru.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct_2014_Generacion_Electrica_RER_No_Convencionales_Peru.pdf)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf)

- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2019). *Generación de modelos de negocio: Un manual para visionarios, revolucionarios y retadores*. <https://cecma.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/generacion-de-modelos-de-negocio.pdf>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (setiembre de 2020). *Central de Biomasa La Gringa V (3,2 MW)*. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.3.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.3.pdf)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (setiembre de 2020). *Central de Biomasa Paramonga (23 MW)*. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.5.pdf#:~:text=La%20C.T.%20de%20Biomasa%20Paramonga%20es%20una%20central,Agroindustrial%20Paramonga%2C%20tiene%20una%20potenci](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.5.pdf#:~:text=La%20C.T.%20de%20Biomasa%20Paramonga%20es%20una%20central,Agroindustrial%20Paramonga%2C%20tiene%20una%20potenci)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (setiembre de 2020). *Central de Biomasa San Jacinto (21,71 MW)*. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.4.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.4.pdf)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (setiembre de 2020). *Central Termoeléctrica de Biomasa Callao (2,4 MW)*. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.7.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.7.pdf)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (setiembre de 2020). *Central Termoeléctrica de Biomasa Huaycoloro II (2,4 MW)*. [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.6.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.6.pdf)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (setiembre de 2020). *Central Termoeléctrica de Huaycoloro*. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.1.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.1.pdf)
- Perez Rosales, M. (2006). *Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2011). *Hacia una economía verde*. [https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/unep119\\_spn.pdf](https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/unep119_spn.pdf)
- Resolución Viceministerial N° 052-2015-MEM/VME*. (16 de diciembre de 2015). <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/294672-052-2015-mem-vme>
- Reyes Aguilera, E. A. (enero-marzo de 2016). Producción de biogas a partir de Biomasa. *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*(17), 11-22. <https://core.ac.uk/download/pdf/129438505.pdf#:~:text=La%20producci%C3%>



B3n% 20de% 20biog% C3% A1s% 20a% 20partir% 20de% 20biomasa, sobre% 20todo% 20de% 20la% 20zona% 20rural% 20de% 20nuestro

Salazar, R. (16 de Enero de 2019). *Gestión de Residuos Sólidos [Video]*. Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=ixuHt9Aqjdg>

Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual del Biogás*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

World Energy Trade. (26 de octubre de 2020). *Generación de energía a partir de biogas proveniente de una cervecería*. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/biomasa/generacion-de-energia-a-partir-de-biogas-proveniente-de-una-cerveceria>



## BIBLIOGRAFÍA

- Comercialización de biodigestores*. (4 de marzo de 2010). *Entrepreneur*:  
<https://www.entrepreneur.com/article/291302>
- Compañías comercializadoras de gas licuado crean nuevo gremio empresarial*. (7 de agosto de 2018). *Revista Energía*:  
<https://revistaenergia.pe/hidrocarburos/companias-comercializadoras-de-gas-licuado-crean-nuevo-gremio-empresarial/>
- Del Río Monges, J. A. (2018). ¿Por qué le conviene a México eliminar gradualmente su dependencia energética respecto a los combustibles fósiles? *Pluralidad y Consenso*, 8(37).  
<http://www.revista.ibd.senado.gob.mx/index.php/PluralidadyConsenso/article/view/536>
- García Darása, F., Colomer Mendoza, F. J., Robles Martínez, F., & Aranda, G. (2013). *Análisis comparativo entre los modelos de generación de biogás aplicados a las emisiones de un relleno sanitario en México*.  
<http://www.redisa.net/doc/artSim2013/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Analisis%20Comparativo%20Modelos%20Generacion%20de%20Biogas%20Verteredero%20Mexico.pdf>
- Guardado Chacón, J. A. (2007). *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas*. Cubasolar.  
[http://www.ideassonline.org/public/pdf/CUBASOLAR\\_Disenoyconstruccion\\_de\\_plantas\\_de\\_biogas.pdf](http://www.ideassonline.org/public/pdf/CUBASOLAR_Disenoyconstruccion_de_plantas_de_biogas.pdf)
- Jáuregui, A. (18 de noviembre de 2001). *7 elementos de metodología de investigación de mercados*. <https://www.gestiopolis.com/7-elementos-metodologia-investigacion-mercados/>
- Navickas, K., Venslauskas, K., Petrauskas, A., Zuperka, V., & Nekrosius, A. (mayo de 2013). Energy balances of biogas production from industrial wastes and energy plants. *12th International Scientific Conference: Engineering for rural development*, 4642-467.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133276041>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2010). *Control de Peso del Gas Doméstico Comercializado en Cilindros en las Plantas Envasadoras - Procedimiento General*.  
<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1389.htm>
- Perú: 8 millones de hogares utilizan gas licuado como fuente de energía*. (7 de agosto de 2018). *Revista Andina*: <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-8-millones-hogares-utilizan-gas-licuado-como-fuente-energia-720250.aspx>
- Psyma*. (2021). <https://www.psyma.com/es/>

- Quipuzco Ushñahua, L., Baldeón Quispe, W., & Tang Cruz, O. (2011). Evaluación de la calidad de biogas y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 27(14).  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/690/543>
- Rangel de Oliveira, A. J., Novaes Barreto, L., Zamboti Fortes, M., Paes da Costa, F. M., Dos Santos Moreira, L., & Moreira Cesar Borba, B. S. (2017). Analysis of Waste Biogas (Landfills) applied to Power Generation. *Revista de Ingeniería Energética*, 38(3), 175-187.
- Universidad de Nacional de Cuyo. (s.f.). *Manual de uso y construcción de biodigestores*. <http://imd.uncuyo.edu.ar/manual-de-uso-de-biodigestores>





**ANEXOS**

## Anexo 1: Simulación

```
Simulation: Simulación biogás

FLWSHEET SUMMARY

ID  Type  Label          Stream Numbers
 1  SCDS          5  2  -3  -4
 2  HTXR          1  -5
 3  DIVI          4  -6  -7
 4  CSEP          3  -8  -9
 5  GIBS         11  8  -10

Stream Connections

Stream      Equipment      Stream      Equipment      Stream      Equipment
           From      To           From      To           From      To
 1              2           5           2           1           9           4
 2              1           6           3           10          5
 3           1      4           7           3           11          5
 4           1      3           8           4           5

Calculation mode : Sequential
Flash algorithm   : Electrolyte

Equipment Calculation Sequence
 2  1  3  4  5

No recycle loops in the flowsheet.

Flash Damping factor      0.30
```

Calculation mode : Sequential  
Flash algorithm : Electrolyte

Equipment Calculation Sequence  
2 1 3 4 5

No recycle loops in the flowsheet.

Flash Damping factor 0.30

Overall Mass Balance	kmol/h		kg/h	
	Input	Output	Input	Output
Methane	37.506	0.010	601.707	0.168
Carbon Dioxide	24.812	62.307	1091.956	2742.128
Water	434.907	510.242	7834.843	9192.000
Nitrogen	354.964	354.964	9943.951	9943.951
Oxygen	94.682	19.515	3029.724	624.476
Hydrogen	0.341	0.000	0.687	0.000
Hydrogen Sulfide	0.348	0.345	11.871	11.755
Sulfur Dioxide	0.000	0.003	0.000	0.219
H+	0.000	0.000	0.000	0.000
OH-	0.000	0.000	0.000	0.000
HCO3-	0.001	0.001	0.090	0.090
HS-	0.000	0.000	0.000	0.000
CO3--	0.000	0.000	0.000	0.000
S--	0.000	0.000	0.000	0.000
SO3--	0.000	0.000	0.000	0.000
HSO3-	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total</b>	<b>947.561</b>	<b>947.389</b>	<b>22514.830</b>	<b>22514.791</b>

Overall Energy Balance	MJ/h	
	Input	Output
Feed Streams	-137295	
Product Streams		-165923
Total Heating	57.6474	
Total Cooling	-28685.7	
Power Added	0	
Power Generated	0	

Total -165923 -165923

COMPONENTS

	ID #	Name	Formula
1	2	Methane	CH4
2	49	Carbon Dioxide	CO2
3	62	Water	H2O
4	46	Nitrogen	N2
5	47	Oxygen	O2
6	1	Hydrogen	H2
7	50	Hydrogen Sulfide	H2S
8	51	Sulfur Dioxide	O2S
9	1002	H+	H
10	1004	OH-	HO
11	1060	HCO3-	CHO3
12	1028	HS-	HS
13	1059	CO3--	CO3
14	1024	S--	S
15	1026	SO3--	O3S
16	1030	HSO3-	HO3S

THERMODYNAMICS

K-value model : NRTL  
Electrolyte model : eNRTL 1986 using true species  
No correction for vapor fugacity  
Enthalpy model : Latent Heat  
Liquid density : Library

Std vapor rate reference temperature is 0 C.  
Atmospheric pressure is 1.0132 bar.

NRTL Parameters:  $T_{ij} = A_{ij} + B_{ij}/T + C_{ij} * \ln(T) + D_{ij} * T$  (T Deg K)

I	J	Bij	Bji	Alpha	Aij	Aji	Cij	Cji	Dij	Dji
3	8	-372.40	2383.66	0.104	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Warning : BIP matrix is less than 50 % full.

ELECTROLYTE DATA INPUT

Electrolyte model : eNRTL 1986

	ID #	Species
1	1002	H+
2	1004	OH-
3	1005	H2O
4	1024	S--
5	1025	SO2
6	1026	SO3--
7	1028	HS-
8	1029	H2S
9	1030	HSO3-
10	1058	CO2
11	1059	CO3--
12	1060	HCO3-

No. of reactions                    7

Reaction Stoichiometrics and Parameters:

Reaction     $\ln K = A + B / T + C \ln T + D * T + E * T * T$ ; T, deg K

Reaction 1        Base = Molal

A	B	C	D	E
-1.9621e+000	6.3740e+002	0.0000e+000	-1.5134e-002	0.0000e+000

Species	Stoichiometrics	Form
5	-1.0	SO2
3	-1.0	H2O
1	1.0	H+
9	1.0	HSO3-

Reaction 2        Base = Molal

A	B	C	D	E
-2.1274e+001	1.3334e+003	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000

Species	Stoichiometrics	Form
9	-1.0	HSO3-
1	1.0	H+
6	1.0	SO3--



```

Reaction 3      Base = Molal
  A           B           C           D           E
2.1860e+002 -1.2995e+004 -3.3547e+001 0.0000e+000 0.0000e+000

Species      Stoichiometrics      Form
  8           -1.0           H2S
  1            1.0           H+
  7            1.0           HS-

Reaction 4      Base = Molal
  A           B           C           D           E
2.2007e+002 -1.2432e+004 -3.5482e+001 0.0000e+000 0.0000e+000

Species      Stoichiometrics      Form
 12           -1.0           HCO3-
  1            1.0           H+
 11            1.0           CO3--

Reaction 5      Base = Molal
  A           B           C           D           E
1.4093e+002 -1.3446e+004 -2.2477e+001 0.0000e+000 0.0000e+000

Species      Stoichiometrics      Form
  3           -1.0           H2O
  1            1.0           H+
  2            1.0           OH-

Reaction 6      Base = Molal
  A           B           C           D           E
2.3548e+002 -1.2092e+004 -3.6782e+001 0.0000e+000 0.0000e+000

Species      Stoichiometrics      Form
 10           -1.0           CO2
  3           -1.0           H2O
  1            1.0           H+
 12            1.0           HCO3-

Reaction 7      Base = Molal
  A           B           C           D           E
-7.4890e+000 -7.2112e+003 0.0000e+000 0.0000e+000 0.0000e+000

```

Species	Stoichiometrics	Form
7	-1.0	HS-
1	1.0	H+
4	1.0	S--

Henry's Constants:  $\ln H = A + B / T + C \ln T + D * T$   
H = kg-atm/mole; T, deg K

	A	B	C	D
2 Carbon Dioxide	9.4491e+001	-6.7890e+003	-1.1452e+001	-1.0454e-002
5 Oxygen	1.0459e+001	-1.0854e+003	0.0000e+000	0.0000e+000
7 Hydrogen Sulfide	3.4260e+002	-1.3237e+004	-5.5055e+001	5.9565e-002
8 Sulfur Dioxide	6.8418e+001	-5.5788e+003	-8.7615e+000	0.0000e+000

Electrolyte NRTL parameters

Idi	Idj	TijA	TijB	TijC	TjiA	TjiB	TjiC	Alpha
1058	1005	10.064	-3268.14	0	10.064	-3268.14	0	0.2
1005	1029	-3.674	1155.9	0	-3.674	1155.9	0	0.2
1005	1025	-29.976	-3371	0	-2.055	2459.7	0	0.13977

IDm	IDc	IDa	TmcaA	TmcaB	TmcaC	TcamA	TcamB	TcamC	Alp
1005	1002	1030	19.685	1987.7	0	-19.389	1404.3	0	0.22164

Electrolyte enthalpy model.  
EQUIPMENT SUMMARIES



### SCDS Rigorous Distillation Summary

Equip. No.	1
Name	
No. of stages	10
1st feed stage	1
2nd feed stage	10
Est. dist. rate (kmol/h)	0.4486
Est. T top C	10.9613
Est. T bottom C	27.9613
Top pressure bar	1.3000
Initial flag	6
Calc Reflux mole (kmol/h)	431.8000
Simulation model	1
Calc Reflux mass kg/h	7786.2319
Column type	1
Column diameter m	0.5000
Column length m	3.0000
Thickness (top) m	0.0016
Thickness (bot) m	0.0016
Cost of packing \$/m <sup>3</sup>	300.0000
Volume of packing m <sup>3</sup>	15.9200
Install factor	3.0000
Column purchase \$	18303
Column installed \$	54910
Cost estimation flag	1
Shell weight kg	68
Cost of shell \$	3366
Platform & ladder \$	1789
Cost of packings \$	4776
No of sections	1
Total purchase \$	18303
Total installed \$	54910
Packing height (1) m	1.2000
Packing size mm	50.0000
Pack. surface m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	88.0000
Pack void fraction	0.9710
Vapor recondensing	1

Optimization flag	1
Calc. tolerance	0.0008
Heat Transfer option	1

#### Heat Exchanger Summary

Equip. No.	2
Name	
1st Stream T Out C	0.0100
Calc Ht Duty MJ/h	-230.4335
LMTD Corr Factor	1.0000
1st Stream Pout bar	1.3000
P1 out specified bar	1.3000

#### Divider Summary

Equip. No.	3
Name	
Output stream #2	0.0077
Normalize ratios flag	1

#### Component Separator Summary

Equip. No.	4
Name	
Top Temp Spec	25.0000
Bottom Temp Spec	25.0000
Heat duty MJ/h	57.6474
Component No. 1	1.0000
Component No. 2	1.0000
Component No. 3	1.0000
Component No. 4	1.0000

Component No. 5	1.0000
Component No. 6	1.0000
Component No. 7	0.0100

### Gibbs Reactor Summary

Equip. No.	5
Name	
Thermal mode	2
Reaction Phase	1
Temperature C	130.0000
Heat duty MJ/h	-28455.2559
Overall Heat of Rxn (MJ/h)	-30167.1309
Inert Component	4
Inert Component	9
Inert Component	10
Inert Component	11
Inert Component	12
Inert Component	13
Inert Component	14
Inert Component	15
Inert Component	16

STREAM PROPERTIES				
Stream No.	1	2	3	4
Name				
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	431.7874	68.1734	65.0691	434.8916
Mass flow kg/h	7785.8022	1815.3702	1759.3848	7841.7891
Temp C	7.0293	38.0000	0.0472	7.0322
Pres bar	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
Vapor mole fraction	0.0000	1.000	1.000	0.0000
Enth MJ/h	-1.2404E+005	-13258.	-12596.	-1.2493E+005
Tc C	374.0031	-28.1384	-40.8135	374.0025
Pc bar	221.1433	51.9766	54.5888	221.1425
Std. sp gr. air = 1	0.623	0.919	0.934	0.623
Degree API	10.2558	285.7991	294.5931	10.2557
Average mol wt	18.0316	26.6287	27.0387	18.0316
Actual dens kg/m3	999.2948	1.3428	1.5547	999.2953
Actual vol m3/h	7.7913	1351.9414	1131.6234	7.8473
Std liq m3/h	7.7999	5.3537	5.2980	7.8560
Std vap $\theta$ C m3/h	9677.9297	1528.0139	1458.4365	9747.5068
- - Vapor only - -				
Molar flow kmol/h		68.1734	65.0691	
Mass flow kg/h		1815.3702	1759.3846	
Average mol wt		26.6287	27.0387	
Actual dens kg/m3		1.3428	1.5547	
Actual vol m3/h		1351.9414	1131.6234	
Std liq m3/h		5.3537	5.2980	
Std vap $\theta$ C m3/h		1528.0139	1458.4365	
Cp kJ/kg-K		1.3680	1.2954	
Z factor		0.9967	0.9955	
Visc N-s/m2		1.384e-005	1.246e-005	
Th cond W/m-K		0.0276	0.0235	
- - Liquid only - -				
Molar flow kmol/h	431.7874			434.8916
Mass flow kg/h	7785.8022			7841.7891
Average mol wt	18.0316			18.0316
Actual dens kg/m3	999.2948			999.2952
Actual vol m3/h	7.7913			7.8473
Std liq m3/h	7.7999			7.8560
Std vap $\theta$ C m3/h	9677.9297			9747.5068
Cp kJ/kg-K	4.2071			4.2061
Z factor	0.0013			0.0013
Visc N-s/m2	0.001421			0.001421

Th cond W/m-K	0.5774			0.5774
Surf. tens. N/m	0.0749			0.0749
Stream No.	5	6	7	8
Name				
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	431.7873	431.5430	3.3487	64.7315
Mass flow kg/h	7785.8013	7781.4063	60.3818	1747.8807
Temp C	0.0100	7.0322	7.0322	25.0000
Pres bar	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
Vapor mole fraction	0.0000	0.0000	0.0000	1.000
Enth MJ/h	-1.2427E+005	-1.2397E+005	-961.96	-12532.
Tc C	373.9943	374.0025	374.0025	-41.5684
Pc bar	221.1226	221.1427	221.1427	54.3751
Std. sp gr. air = 1	0.623	0.623	0.623	0.932
Degree API	10.2558	10.2557	10.2557	296.2313
Average mol wt	18.0316	18.0316	18.0316	27.0020
Actual dens kg/m3	999.5589	999.2952	999.2952	1.4210
Actual vol m3/h	7.7892	7.7869	0.0604	1230.0651
Std liq m3/h	7.7999	7.7955	0.0605	5.2836
Std vap @ C m3/h	9677.9287	9672.4512	75.0558	1450.8698
- - Vapor only - -				
Molar flow kmol/h				64.7315
Mass flow kg/h				1747.8807
Average mol wt				27.0020
Actual dens kg/m3				1.4210
Actual vol m3/h				1230.0651
Std liq m3/h				5.2836
Std vap @ C m3/h				1450.8698
Cp kJ/kg-K				1.3342
Z factor				0.9967
Visc N-s/m2				1.350e-005
Th cond W/m-K				0.0264
- - Liquid only - -				
Molar flow kmol/h	431.7873	431.5430	3.3487	
Mass flow kg/h	7785.8013	7781.4063	60.3818	
Average mol wt	18.0316	18.0316	18.0316	
Actual dens kg/m3	999.5589	999.2952	999.2952	
Actual vol m3/h	7.7892	7.7869	0.0604	
Std liq m3/h	7.7999	7.7955	0.0605	
Std vap @ C m3/h	9677.9287	9672.4512	75.0558	

Cp kJ/kg-K	4.2227	4.2095	4.2047
Z factor	0.0013	0.0013	0.0013
Visc N-s/m <sup>2</sup>	0.001720	0.001421	0.001421
Th cond W/m-K	0.5658	0.5774	0.5774
Surf. tens. N/m	0.0761	0.0749	0.0749
Stream No.	9	10	11
Name			
- - Overall - -			
Molar flow kmol/h	0.3376	512.1594	447.6000
Mass flow kg/h	11.5036	14661.5010	12913.6563
Temp C	25.0000	130.0000	25.0000
Pres bar	1.3000	1.0000	1.0000
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000
Enth MJ/h	-6.9705	-40987.	0.47923
Tc C	100.4000	-64.7983	-141.8279
Pc bar	90.0779	34.0992	36.0460
Std. sp gr. air = 1	1.177	0.988	0.996
Degree API	45.7178	235.3272	292.0304
Average mol wt	34.0758	28.6268	28.8509
Actual dens kg/m <sup>3</sup>	1.8045	0.8544	1.1642
Actual vol m <sup>3</sup> /h	6.3750	17159.0879	11092.5791
Std liq m <sup>3</sup> /h	0.0144	38.0088	38.6525
Std vap @ C m <sup>3</sup> /h	7.5666	11479.3613	10032.3486
- - Vapor only - -			
Molar flow kmol/h	0.3376	512.1594	447.6000
Mass flow kg/h	11.5036	14661.5010	12913.6563
Average mol wt	34.0758	28.6268	28.8509
Actual dens kg/m <sup>3</sup>	1.8045	0.8544	1.1642
Actual vol m <sup>3</sup> /h	6.3750	17159.0879	11092.5791
Std liq m <sup>3</sup> /h	0.0144	38.0088	38.6525
Std vap @ C m <sup>3</sup> /h	7.5666	11479.3613	10032.3486
Cp kJ/kg-K	1.0034	1.1021	1.0112
Z factor	0.9905	0.9997	0.9999
Visc N-s/m <sup>2</sup>	1.260e-005	2.079e-005	1.831e-005
Th cond W/m-K	0.0146	0.0311	0.0255



FLOW SUMMARIES:

Stream No.	1	2	3	4
Stream Name				
Temp C	7.0293	38.0000	0.0472	7.0322
Pres bar	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
Enth MJ/h	-1.2404E+005	-13258.	-12596.	-1.2493E+005
Vapor mass frac.	0.00000	1.0000	1.0000	0.00000
pH value	4.2272	0.0000	0.0000	4.2249
Ionic str. molal	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001
Total kmol/h	431.7874	68.1734	65.0691	434.8916
Total kg/h	7785.8022	1815.3702	1759.3846	7841.7891
Total std L m3/h	7.7999	5.3537	5.2980	7.8560
Total std V m3/h	9677.93	1528.01	1458.44	9747.51
Flow rates in kg/h				
Methane	0.1689	601.5380	601.5388	0.1681
Carbon Dioxide	11.8443	1080.1116	1080.0033	11.9524
Water	7773.4355	61.4072	5.5265	7829.3169
Nitrogen	0.0043	38.1962	38.1956	0.0049
Oxygen	0.0035	21.8148	21.8137	0.0046
Hydrogen	0.0001	0.6871	0.6871	0.0001
Hydrogen Sulfide	0.2554	11.6153	11.6198	0.2509
Sulfur Dioxide	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
H+	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005
OH-	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HCO3-	0.0897	0.0000	0.0000	0.0901
HS-	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002
CO3--	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
S--	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SO3--	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HSO3-	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Stream No.	5	6	7	8
Stream Name				
Temp C	0.0100	7.0322	7.0322	25.0000
Pres bar	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
Enth MJ/h	-1.2427E+005	-1.2397E+005	-961.96	-12532.
Vapor mass frac.	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
pH value	4.2871	4.2249	4.2249	0.0000
Ionic str. molal	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
Total kmol/h	431.7873	431.5430	3.3487	64.7315
Total kg/h	7785.8013	7781.4063	60.3818	1747.8807

H+	0.0000	0.0000	0.0000
OH-	0.0000	0.0000	0.0000
HCO3-	0.0000	0.0000	0.0000
HS-	0.0000	0.0000	0.0000
CO3--	0.0000	0.0000	0.0000
S--	0.0000	0.0000	0.0000
SO3--	0.0000	0.0000	0.0000
HSO3-	0.0000	0.0000	0.0000

DISTILLATION PROFILE

Unit type : SCDS Unit name: Eqp # 1

Stg	* Net Flows *				Vapor kmol/h	Feeds kmol/h	Product' kmol/h	Duties MJ/h
	LiqT C	VapT C	Pres bar	Liquid kmol/h				
1	0.0	0.0	1.30	431.80		431.79	65.07	
2	0.0	0.1	1.30	431.80	65.08			
3	0.0	0.1	1.30	431.81	65.09			
4	0.0	0.1	1.30	431.81	65.09			
5	0.1	0.2	1.30	431.81	65.09			
6	0.1	0.6	1.30	431.82	65.10			
7	0.3	1.8	1.30	431.83	65.10			
8	0.7	4.5	1.30	431.85	65.11			
9	1.7	9.8	1.30	432.01	65.14			
10	7.0	20.7	1.30		65.29	68.17	434.89	

Total liquid entering stage 1 at 0.017 C, 431.787 kmol/h.  
Total liquid entering stage 10 at 7.032 C, 432.007 kmol/h.

Heating Curves Summary

Eqp # 1 Unit type : SCDS Unit name:  
Eqp # 2 Unit type : HTXR Unit name:

Stream 1

NP	Temp C	Pres bar	Del H MJ/h	Vapor kg/h	Liquid kg/h	Vap mole frac.	Vap mass frac.
1	7.0	1.3	0.000	0	7786	0.0000	0.0000
2	6.3	1.3	23.0	0	7786	0.0000	0.0000
3	5.6	1.3	46.1	0	7786	0.0000	0.0000
4	4.9	1.3	69.1	0	7786	0.0000	0.0000
5	4.2	1.3	92.2	0	7786	0.0000	0.0000
6	3.5	1.3	115.	0	7786	0.0000	0.0000
7	2.8	1.3	138.	0	7786	0.0000	0.0000
8	2.1	1.3	161.	0	7786	0.0000	0.0000
9	1.4	1.3	184.	0	7786	0.0000	0.0000
10	0.7	1.3	207.	0	7786	0.0000	0.0000
11	0.0	1.3	230.	0	7786	0.0000	0.0000

Rev 08-07

INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>3%</b>	<b>8%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ulima.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad de Lima</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>doi.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.osinergmin.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Fuente de Internet	