



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

ÁREA
PROYECTOS NUEVOS

TEMA
ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA PARA PRODUCIR
ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS
GENERADO POR LA DESCOMPOSICIÓN DE LA BASURA
EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

AUTOR
VILLACRESES CHIRIBOGA ANDRÉS ULFREDO

DIRECTOR DE TRABAJO
ING. IND. LIZARZABURU MORA ANNABELLE SALLY MSc.

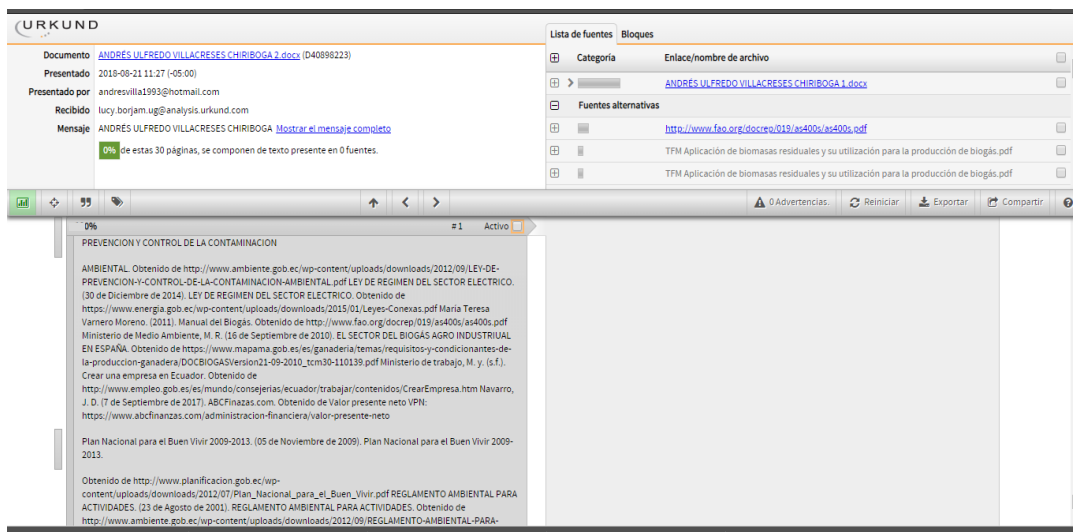
GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA/CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN**

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado Ing. Ind. Lizarzaburu Mora Annabelle Sally MSc, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por Villacreses Chiriboga Andrés Ulfredo, C.C.: 0950165993, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Se informa que el trabajo de titulación: Estudio técnico de un sistema para producir energía eléctrica a partir del biogás generado por la descomposición de la basura en la ciudad de Guayaquil, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio Urkund quedando el 0 % de coincidencia.



URKUND

Documento: [ANDRÉS ULFREDO VILLACRESES CHIRIBOGA 2.docx](#) (D40896223)

Presentado por: 2019-08-21 11:27 (-05:00)
andresvill1993@hotmail.com

Recibido: lucy.borjam.ug@analysis.arkund.com

Mensaje: ANDRÉS ULFREDO VILLACRESES CHIRIBOGA [Mostrar el mensaje completo](#)

0% De estas 30 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	ANDRÉS ULFREDO VILLACRESES CHIRIBOGA 1.docx
Fuentes alternativas	http://www.fao.org/docrep/019/as400/as400s.pdf
	TFM Aplicación de biomásas residuales y su utilización para la producción de biogás.pdf
	TFM Aplicación de biomásas residuales y su utilización para la producción de biogás.pdf

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

AMBIENTAL. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf> LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO. (30 de Diciembre de 2014). LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO. Obtenido de <https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Leyes-Conexas.pdf> Maria Teresa Varnero Moreno. (2011). Manual del Biogás. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/019/as400/as400s.pdf> Ministerio de Medio Ambiente, M. R. (16 de Septiembre de 2010). EL SECTOR DEL BIOGÁS AGRO INDUSTRIAL EN ESPAÑA. Obtenido de https://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/DOC/BIOGASVersion21-09-2010_tcm30-116139.pdf Ministerio de trabajo, M. y. (s.f.). Crear una empresa en Ecuador. Obtenido de <http://www.empleo.gob.es/es/mundo/consejerias/ecuador/trabajar/contenidos/CrearEmpresa.htm> Navarro, J. D. (7 de Septiembre de 2017). ABCFinanzas.com. Obtenido de Valor presente neto VPN: <https://www.abcfinanzas.com/administracion-financiera/valor-presente-neto>

Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. (05 de Noviembre de 2009). Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES. (23 de Agosto de 2001). REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/REGLAMENTO-AMBIENTAL-PARA->

<https://secure.arkund.com/view/40039049-623884-433315>

Ing. Ind. Lizarzaburu Mora Annabelle Sally MSc.

C.C. _____

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Villacreses Chiriboga Andrés Ulfredo

C.C.: 0950165993

DEDICATORIA

Dedico de manera especial este trabajo a mis padres Ulfredo Jesús Villacreses Magallanes y Viviana Janeth Chiriboga Vásquez, por el esfuerzo que hicieron en darme educación, inculcarme valores, responsabilidad y respeto, gracias por su apoyo incondicional lo que ha permitido que culmine mi carrera universitaria.

De igual forma doy gracias a mi abuela Rosa María Vásquez Ramos por su apoyo durante todo el trayecto de mi carrera universitaria, a mis hermanos y hermanas doy gracias por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por a cumplir uno de mis propósitos y esperando que siempre sea su voluntad en cada paso de mi vida.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo que me dieron durante toda mi carrera universitaria.

A mis compañeros y amigos que conocí durante mis años de estudios les agradezco por todo su apoyo y experiencias dentro y fuera de la facultad.

Agradezco a la Universidad de Guayaquil, profesores de la facultad de Ingeniería Industrial por el conocimiento y experiencia impartidos en las aulas de clases durante los años de estudios que tuve, a la Ing. Annabelle Sally Lizarzaburu Mora y al Ing. Luis Pilacuan Bonete por su apoyo, conocimiento, experiencias y guía durante todo el proceso de titulación.

A todos ellos bendiciones y muchas gracias por su apoyo.

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

Perfil del Proyecto

N°	Descripción	Pág.
1.1	Antecedentes	2
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación e importancia	3
1.4	Objetivos de la Investigación	4
1.4.1	Objetivo General	4
1.4.2	Objetivos Específicos	4
1.5	Marco Teórico	4
1.5.1	Procesos de Biodigestión	4
1.5.2	Digestión anaeróbica	5
1.5.3	Fermentación anaeróbica	5
1.5.4	Respiración anaeróbica	6
1.5.5	Productos finales de la digestión anaerobia	8
1.5.6	El biogás	8
1.5.7	Características Generales del Biogás	8
1.5.8	Fundamentos y etapas de la fermentación Metanogénica	9
1.5.9	Hidrólisis	9
1.5.10	Etapas fermentativa o acidogénica	11
1.5.11	Etapas acetogénica	12
1.5.12	Etapas metanogénica	12
1.5.13	Microorganismos involucrados en cada fase de digestión anaeróbica	13
1.5.14	Bacterias que participan de la hidrólisis	14
1.5.15	Bacterias que participan de la acidogénesis	14
1.5.16	Bacterias que participan de la acetogénesis	14
1.5.17	Bacterias que participan de la metanogénesis	15
1.5.18	Especies metanotróficas	15

N°	Descripción	Pág.
1.5.19	Beneficios ambientales de la biodigestión anaeróbica	15
1.6	Marco legal	17
1.6.1	Ley de Gestión Ambiental	19
1.6.2	Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	19
1.6.3	Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas	20
1.7	Marco financiero	23
1.7.1	Análisis financiero	23
1.7.2	Análisis económico	23
1.7.3	Inversión Fija	24
1.7.4	Capital de operaciones	24
1.7.5	Valor Presente Neto (VPN)	24
1.7.6	Tasa interna de retorno (TIR)	25
1.8	Metodología	25

Capítulo II

Estudio de Mercado y Técnico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Estudio de Mercado	26
2.1.1	Identificación del producto	26
2.1.2	Análisis del Mercado	27
2.1.3	Demanda	27
2.1.4	Demanda de energía Ecuador	28
2.1.5	Oferta	29
2.1.6	Oferta nacional de energía eléctrica a partir del Biogás	31
2.1.7	Producción de Biogás en el Ecuador	32
2.1.8	Situación de relleno sanitario	33
2.1.9	Cantidad a Producir	34
2.1.10	Reducción de emisión de CO ₂ .	35
2.1.11	Precios.	35
2.1.11.1	Vigencia de los Precios.	36
2.1.11.2	Precio de la Energía a partir del 2009.	36
2.1.12	Canales de Distribución	36

N°	Descripción	Pág.
2.2	Estudio Técnico	37
2.2.1	Determinación de tamaño de la planta	37
2.2.2	Localización	39
2.2.2.1	Orientación de la planta	39
2.2.3	Ingeniería del proyecto	39
2.2.4	Diseño del producto	39
2.2.5	Diseño del proceso productivo	40
2.2.5.1	Proceso de degradación de desechos orgánicos	40
2.2.5.2	Proceso de extracción del Biogás	40
2.2.5.1	Succionador de gas	41
2.2.5.2	Proceso de quemado de gases	41
2.2.5.3	Separador ciclónico	41
2.2.5.4	Motor generador	41
2.2.5.5	Transformadores	41
2.2.6	Selección de maquinarias y equipos	41
2.2.7	Organización y Administración	42
2.2.7.1	Especialización	42
2.2.7.2	Unidad de Mando	42
2.2.7.3	Planes a mediano y corto plazo	43
2.2.7.4	Marco legal de la Empresa	44

Capítulo II

Análisis Económico y Financiero

N°	Descripción	Pág.
3.1	Análisis Económico y Financiero	46
3.1.1	Análisis Económico	46
3.1.2	Inversión	46
3.1.3	Inversión Inicial	46
3.1.1	Inversión fija	47
3.1.2	Capital de operaciones	50
3.1.2.1	Mano de obra Directa	50
3.1.2.2	CIF (Costos Indirectos de Fabricación) o Carga Fabril	50

N°	Descripción	Pág.
3.1.2.3	Gastos Administrativos	53
3.1.2.4	Gastos de Ventas	53
3.1.3	Inversión total	53
3.1.4	Financiamiento	54
3.1.5	Análisis de costos	56
3.1.5.1	Costos de Producción	56
3.1.5.2	Costo Unitario de Producción (CUP)	56
3.1.5.3	Determinación del Precio de Venta	57
3.2	Evaluación económica	57
3.2.1	Punto de Equilibrio	57
3.2.2	Estado de Resultados	61
3.2.1	Evaluación financiera (TIR, VAN, VPN, Periodo de recuperación del capital)	62
3.2.1.1	Flujo de Caja	62
3.2.1.2	Tasa interna de retorno	64
3.2.1.3	Valor Actual Neto	65
3.2.1.4	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	66
3.2.1.5	Coeficiente Costo- Beneficio	66
3.2.1.6	Resumen de Criterio Financieros	67
3.3	Conclusiones y Recomendaciones	68
3.3.1	Conclusiones	68
3.4	Recomendaciones	68
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	69
	ANEXOS	71
	BIBLIOGRAFÍA	91

Índice de Tablas

N°	Descripción	Pág.
1	Características Generales del Biogás	8
2	Potencial de Calentamiento de los Gases de Efecto Invernadero.	17
3	Demanda de Energía Eléctrica Guayaquil	29
4	Capacidad Neta de Generación de Energía Eléctrica del Relleno Sanitario Las Iguanas	32
5	Estimación de Biogás Recuperable	34
6	Energía Eléctrica no Renovable	35
7	Estimación de Áreas para Planta	38
8	Condiciones Ideales para la Digestión Anaeróbica	39
9	Identificación de Equipos y/o Elementos	41
10	Personal Requerido Inicial del Proyecto	43
11	Inversión Fija	47
12	Inversión Inicial del Equipo de Generación e Instalación	47
13	Sistema De Evaporación De Lixiviados	48
14	Costo Total Estimado de Máquinas y Equipos	48
15	Resumen Ingeniería Civil e Instalación	48
16	Resumen Ingeniería y Administración	49
17	Equipos y Muebles De Oficina	49
18	Otros Activos	50
19	Capital De Operación	50
20	CIF (Costos Indirectos de Fabricación)	50
21	Seguro de Máquinas y Equipos	51
22	Suministros de Producción	51
23	Otros Suministros	52
24	Suministros de Planta	53
25	Inversión Total	53
26	Financiamiento	54
27	Aportaciones de Capital Propio	54
28	Pago de Interés por Año	55
29	Costo de Producción	56
30	Ingreso anual con precio obtenido	57

N°	Descripción	Pág.
31	Ingreso Anual con precio según Conelec Resolución No. 017/12	57
32	Costos Fijo y Variables	58
33	Estado de Resultados	61
34	Tasa Interna de Retorno	63
35	Tasa Interna de Retorno	64
36	Valor Actual Neto	65
37	Periodo de Recuperación de la Inversión	66

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Fermentación Anaeróbica de Glucosa en Etanol	6
2	Respiración Anaeróbica de la Glucosa	7
3	Esquema de Reacciones de la Digestión Anaeróbica de Materiales Poliméricos	11
4	Demanda de Energía Ecuador	28
5	Evolución Histórica Demanda Proyectada de Energía Eléctrica por Grupo de Consumo	29
6	Plantas de Biogás por País en UE y Producción Anual de Energía Primaria a Partir del Biogas	31
7	Producción Total de Energía Eléctrica	33
8	Proceso del Biogás en la Obtención y Distribución de Energía Eléctrica	37
9	Proceso de la Obtención de Biogás para la Generación de Energía Eléctrica	38
10	Diagrama Punto de Equilibrio	60

Índice de Anexos

N°	Descripción	Pág.
1	Bacterias que Participan en el Proceso de Fermentación durante las cuatro Fases.	72
2	Capacidad Estimada de Energía Eléctrica Sector A	73
3	Capacidad Estimada de Energía Eléctrica Sector C	74
4	Capacidad Estimada de Energía Eléctrica Sector D	75
5	Estimación De Ingresos de Desechos Al Relleno Sanitario Las Iguanas	76
6	Precio Preferentes Energías Renovables	77
7	Distribución de Máquinas y Equipos	78
8	Organigrama Básico Inicial del Proyecto	79
9	Inversión Inicial Obra Civil, Perforación e Instalación	80
10	Mano de Obra Directa	83
11	Mano de Obra Indirecta	84
12	Depreciación, Reparación y Mantenimiento	85
13	Impuestos y Depreciación	86
14	Costo de Operación y Mantenimiento para Producción de Energía Eléctrica	87
15	Gastos Administrativos	88
16	Gastos de Ventas	89
17	Amortización de Financiamiento	90



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA/CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA PARA PRODUCIR ENERGÍA
ELÉCTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS GENERADO POR LA
DESCOMPOSICIÓN DE LA BASURA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Autor: Andrés Ulfredo Villacreses Chiriboga

Tutor: Ing. Ind. Lizarzaburu Mora Annabelle Sally Msc.

Resumen

Realizar un Estudio técnico de un sistema para producir energía eléctrica mediante la utilización del biogás el cual es generado por la descomposición de los desechos orgánicos de la basura. La energía eléctrica obtenida está destinada para el consumo de los sectores residenciales cercanos al relleno sanitario las Iguanas ubicado en el Km 14,5 vía a Daule ciudad de Guayaquil y tiene la capacidad de cubrir 1,512 % del total de la demanda de energía eléctrica de la ciudad de Guayaquil. Para efecto de estudio se tomó como demanda, el consumo actual residencial de energía eléctrica. Un estudio realizado por Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd. en 2007, permitió determinar el tamaño de la planta, su localización, cantidad de máquinas y equipos necesarios, la Ingeniería de Proyecto, y el diseño organizacional. El proyecto requiere una inversión total de \$ 17.737.309,22 correspondido \$ 16.689.583,00 (94,09%) de la inversión fija y \$ 1.047.726,22 (5,91%) al capital operaciones, tomando como financiamiento un préstamo otorgado por la Corporación Financiera Nacional por un valor correspondiente del 80 % de la inversión fija (\$ 13.351.666,40). Se calculó los indicadores financieros reflejando una tasa interna de retorno de 20,80% y un Valor Actual Neto de \$ 23.421.538,19 y un periodo de recuperación de la inversión de 7 años y un coeficiente de costo beneficio de 1,32. En conclusión los indicadores financieros indican la factibilidad, rentabilidad y beneficio de la inversión del proyecto.

Palabras Claves: Biogás, electricidad, factibilidad, Guayaquil, proyecto.



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA/CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**TECHNICAL STUDY OF A SYSTEM TO PRODUCE ELECTRIC POWER
FROM THE BIOGAS GENERATED BY THE DECOMPOSITION OF GARBAGE
IN THE CITY OF GUAYAQUIL**

Author: Villacreses Chiriboga Andres Ulfredo

Advisor: Ind. Eng. Lizarzaburu Mora Annabelle Sally MSc.

Abstract

To carry out a technical study of a system to produce electric power, through the use of biogas which is generated by the decomposition of the organic wastes of garbage. The obtained electric power is dedicated for the consumption of the residential sectors close to the sanitary filler Las Iguanas located in the Km 14,5 via Daule, city of Guayaquil, and it has the capacity to cover 1,512% of the total demand of electric power of the city. For study purposes, the residential current consumption of electric power was considered. A study carried out by Eastern Research Group, Inc. and Coal Trade, Ltd. in 2007, allowed to determine the size of the plant, its location, quantity of machines and necessary equipment, the Engineering of the Project, and the organizational design. The project requires a total investment of \$17.737.309,22 corresponding \$16.689.583,00 (94,09%) to the fixed investment and \$1.047.726,22 (5,91%) to the capital operations, taking as financing a loan granted by the National Financial Corporation for a value corresponding to the 80% of the fixed investment (\$13.351.666,40). The financial indicators were calculated reflecting an internal rate of return of 20,80%, a Net Current Value of \$23.421.538,19, and a period of 7 years for investment recovery and a coefficient of cost-benefit of 1,32. In conclusion the financial indicators indicate the feasibility, profitability and benefit of the investment of the project.

Keywords: Biogas, electricity, feasibility, Guayaquil, project.

Introducción

El presente trabajo de titulación tiene como tema “Estudio técnico de un sistema para producir energía eléctrica a partir del biogás generado por la descomposición de la basura en la ciudad de Guayaquil” en donde se realizó la respectiva investigación por medio de fuentes primarias y secundarias.

El trabajo de titulación se ha dividido por capítulos para su mejor comprensión de la investigación realizada.

Capítulo I: Abarca el planteamiento del problema, formulación y sistematización del mismo, antecedentes, objetivos de la investigación, justificativos y marco teórico donde se detalla conceptos y las características del biogás generado por la descomposición de la basura.

Capítulo II: Comprende el estudio de mercado y técnico, que inicia con la recopilación, procesamiento y análisis de la información más relevante de la situación actual del mercado y su demanda de energía eléctrica, luego con la información de la investigación, permite tomar decisiones acerca de las opciones tecnológicas en equipos, maquinarias y las instalaciones necesarias para la obtención de energía eléctrica a partir del biogás.

Capítulo III: Análisis Económico y Financiero, en este capítulo se detalla las inversiones necesarias para realizar el proyecto, como la inversión inicial, inversión fija, capital de operación, y otros factores tales como: financiamiento, costo de mano de obra, depreciaciones, estado de resultado y flujo de caja para conocer el periodo de retorno del TIR y el VAN. Además de su respectiva conclusión y recomendación del Proyecto.

Capítulo I

Perfil del Proyecto

1.1 Antecedentes

La generación de nuevas fuentes de energía limpia no es solo algo del presente, ha sido un tema de investigación y de constante evolución durante todo este tiempo por personas que desean un mejor planeta.

El obtener fuentes de energía ha contribuido e impactado de gran manera al medio ambiente, mediante la utilización de elementos de reciclaje tales como residuos de caña de azúcar, residuos animales, residuos de vegetación, caucho, materia orgánica, etc. Y estos elementos son conocidos como biomasa los cuales son quemados para obtener fuentes de energía. Así mismo existen otras formas de obtener energía mediante la utilización de paneles solares que captan la energía de la radiación solar para producir energía limpia y no contaminante, de igual manera existen los parques eólicos que aprovechan los vientos que hacen mover unas aspas y estos a su vez hacen girar una turbina que finalmente generan energía eléctrica.

La utilización de recursos renovables como el biogás no es algo nuevo para para sociedad. En el año 3000 AC la primera civilización en usar el Biogás como la limpieza anaerobia de los residuos fue la Sumeria la cual sobresalió sobre las demás culturas de aquel tiempo, y así mismo muchas otras civilizaciones después de la Sumeria usaron el biogás para diferentes usos.

En 1984 en Dinamarca se construyó la primera planta de obtención de Biogás. A raíz de este ambicioso proyecto se pretendió demostrar el potencial que tenía esta planta para generar energía y así contribuir desde un punto ambiental a la disminución de gases contaminantes hacia la atmósfera.

En la actualidad países como Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela, México, cuentan con plantas de procesamiento de Biogás para la obtención de energía eléctrica, que aportan entre 2 a 5 MW de energía a zonas rurales de país.

1.2 Planteamiento del problema

En el Ecuador aproximadamente hay 14'483.499 de habitantes, y solo la ciudad de Guayaquil cuenta con 2'350.915, de acuerdo con la tasa de crecimiento poblacional de 1,5 % que es obtenida de informes del INEC, de los cuales diariamente generan un

aproximado de 4000 Toneladas de desechos que son recolectados y trasladados por el consorcio Puerto Limpio para su tratamiento y disposición final en el relleno sanitario las Iguanas ubicado en el km 14,5 vía a Daule. En el relleno sanitario las Iguanas ha funcionado desde el año 1994 hasta la actualidad y cuenta con un terreno de 190 hectáreas para disposición de desechos, oficinas, talleres mecánicos, piscinas y carreteras. En la actualidad el relleno sanitario alberga más de 230 millones de desechos y solo el sector D se encuentra en operación.

Entre los desechos recolectados existen residuos de comida, papel, plástico, cartón, vidrio, textil, etc. Pero, para la obtención de biogás es necesario contar con residuos Orgánicos, los cuales de acuerdo con un informe del relleno sanitario las Iguanas este representa un 58 % del total de la basura recolectada, estos residuos son trasladados hacia una celda diaria para ser compactados y enterrados con un material arcilloso que impedirá el ingreso de agua y oxígeno a la masa de desechos. Los desechos orgánicos enterrados se descomponen en un medio anaeróbico generando así biogás que es liberado por un sistema de chimeneas al ambiente.

Actualmente los desechos en descomposición generan gases tales como metano, CO₂, CO, vapor de agua, amoníaco, ácido sulfhídrico, trazas (VOC) y mercaptanos. Todos estos gases son contaminantes que acrecientan a diario el problema del calentamiento global en el mundo. El gas metano afecta a la naturaleza 21 veces más que el dióxido de carbono (CO₂).

El proyecto tiene la finalidad de aprovechar este biogás para producir energía eléctrica y así contribuir a la reducción del impacto ambiental que afecta al país.

1.3 Justificación e importancia

El proyecto es generar energía a partir del Biogás, el cual es el resultado de la descomposición de los residuos orgánicos ya no es solo idea, su aplicación en este último año se ha dado en Quito con 5MW y Cuenca con 1 MW de energía eléctrica que contribuye para abastecer a las comunidades aledañas.

El aprovechamiento de este biogás para producir energía eléctrica aporta de gran manera al medio ambiente, disminuyendo los desechos y emisiones de gases tales como: metano, CO₂, CO, vapor de agua, amoníaco, ácido sulfhídrico, trazas (VOC) y mercaptanos que son el resultado de la descomposición de residuos orgánicos, estos gases serán aprovechados para obtener energía eléctrica.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General.

Producir energía eléctrica mediante la extracción del biogás generado por la descomposición de residuos orgánicos, y contribuyendo a la disminución del impacto ambiental generado por los gases de la descomposición.

1.4.2 Objetivos Específicos.

1. Utilizar los gases generados por la descomposición de los desechos orgánicos como fuentes de obtención de energía limpia.
2. Disminuir las emisiones de gases generados por la descomposición de los desechos orgánicos, y aportar a la reducción del impacto ambiental ocasionado por dichos gases.
3. Analizar la factibilidad del proyecto de generación de energía eléctrica mediante el uso del Biogás y contribuir por medio del análisis al desarrollo de nuevos procesos de obtención de energía eléctrica.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Procesos de Biodigestión.

El mejor empleo de despojos que menciona (María Teresa Varnero Moreno, 2011) dice:

El correcto manejo de los residuos orgánicos se logra a través de diferentes tratamientos que implican un reciclaje de estas materias orgánicas, transformándolas en productos con valor agregado. El reciclaje de materia orgánica ha recibido un fuerte impulso con el alto costo de los fertilizantes químicos, con la búsqueda de alternativas no tradicionales de energía, así como también, la necesidad de vías de descontaminación y eliminación de residuos. La población microbiana juega un importante papel en las transformaciones de estos residuos orgánicos especialmente si se considera que disponen de un amplio rango de respuestas frente a la molécula de oxígeno, componente universal de las células. Esto permite establecer bioprocesos en función de la presencia o ausencia de oxígeno, con el objeto de tratar adecuadamente diversos residuos orgánicos.

La ausencia de oxígeno en la los desechos orgánicos compactados crea una atmósfera de degradación eficiente.

1.5.2 Digestión anaeróbica.

El despojo orgánico indicado por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un sustrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g. H_2 O_2). Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico. En la digestión anaeróbica, los microorganismos metanogénicos desempeñan la función de enzimas respiratorios y, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas. De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo. El proceso anaeróbico se clasifica como fermentación anaeróbica o respiración anaeróbica dependiendo del tipo de aceptores de electrones.

1.5.3 Fermentación anaeróbica.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

En una fermentación anaeróbica, la materia orgánica es catabolizada en ausencia de un aceptor de electrones externo mediante microorganismos anaeróbicos estrictos o facultativos a través de reacciones de oxidación-reducción bajo condiciones de oscuridad. El producto generado durante el proceso acepta los electrones liberados durante la descomposición de la materia orgánica. Por lo tanto, la materia orgánica actúa como dador y aceptor de electrones. En la fermentación, el sustrato es parcialmente oxidado y, por lo tanto, sólo una pequeña cantidad de la energía contenida

en el sustrato se conserva. La Figura 1 muestra la fermentación anaeróbica de glucosa en etanol. Es importante destacar que la mayor parte (dos tercios) del metano se produce mediante fermentación anaeróbica en el cual el acetato actúa como dador y aceptor de electrones. La producción de metano mediante esta vía se conoce comúnmente como metanogénesis acetotrófica. La fermentación anaeróbica se puede aplicar para la recuperación de biocombustibles (e.g. hidrógeno y butanol) y productos bioquímicos (nisina y ácido láctico).

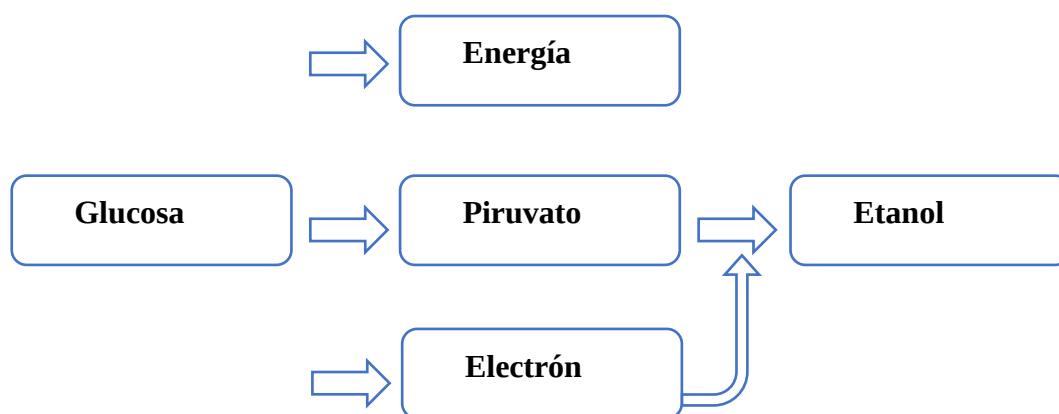


Figura N° 1 Fermentación Anaeróbica de Glucosa en Etanol. Información tomada de (María Teresa Varnero Moreno, 2011), elaborado por el autor

1.5.4 Respiración anaeróbica.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

La respiración anaeróbica es un proceso biológico de óxido-reducción de monosacáridos y otros compuestos en el que el aceptor terminal de electrones es una molécula inorgánica distinta del oxígeno, y más raramente una molécula orgánica. La realizan exclusivamente algunos grupos de bacterias y para ello utilizan una cadena transportadora de electrones análoga a la de las mitocondrias en la respiración aeróbica. No debe confundirse con la fermentación, que es un proceso también anaeróbico, pero en el que no participa nada parecido a una cadena transportadora de electrones y el aceptor final de electrones es siempre una molécula orgánica. La respiración anaeróbica requiere aceptores de electrones externos para la disposición de los electrones liberados durante la degradación de la materia orgánica (Figura 2). Los aceptores de electrones en este caso pueden ser CO_2 , SO_4^{2-} o NO_3 . La energía liberada

es mucho mayor a la que se produce durante la fermentación anaeróbica. Cuando el CO_2 acepta los electrones liberados por la materia orgánica, se reduce a gas metano (CH_4). La producción de CH_4 mediante esta vía se conoce como metanogénesis hidrogenotrófica y es responsable de un tercio de la producción total de metano. Ciertos microorganismos anaeróbicos también utilizan el CO_2 como aceptor de electrones y reducen el hidrógeno a ácido acético. La presencia de sulfato en un ambiente anaeróbico desvía parte de la materia orgánica hacia la reducción de sulfato mediante un grupo especializado de bacterias anaeróbicas conocido como bacterias reductoras de sulfato. La liberación de sulfuro de hidrógeno, gas de olor penetrante, es característico en ambientes anaeróbicos en los cuales el sulfato actúa como aceptor de electrones. Cuando el nitrato (NO_3^-) actúa como aceptor de electrones, se reduce a gas nitrógeno. Este corresponde a un proceso biológico estándar para la remoción de compuestos nitrogenados en las aguas residuales. El grupo de bacterias involucradas en este proceso se conocen como bacterias reductoras de nitrato o desnitrificadoras.

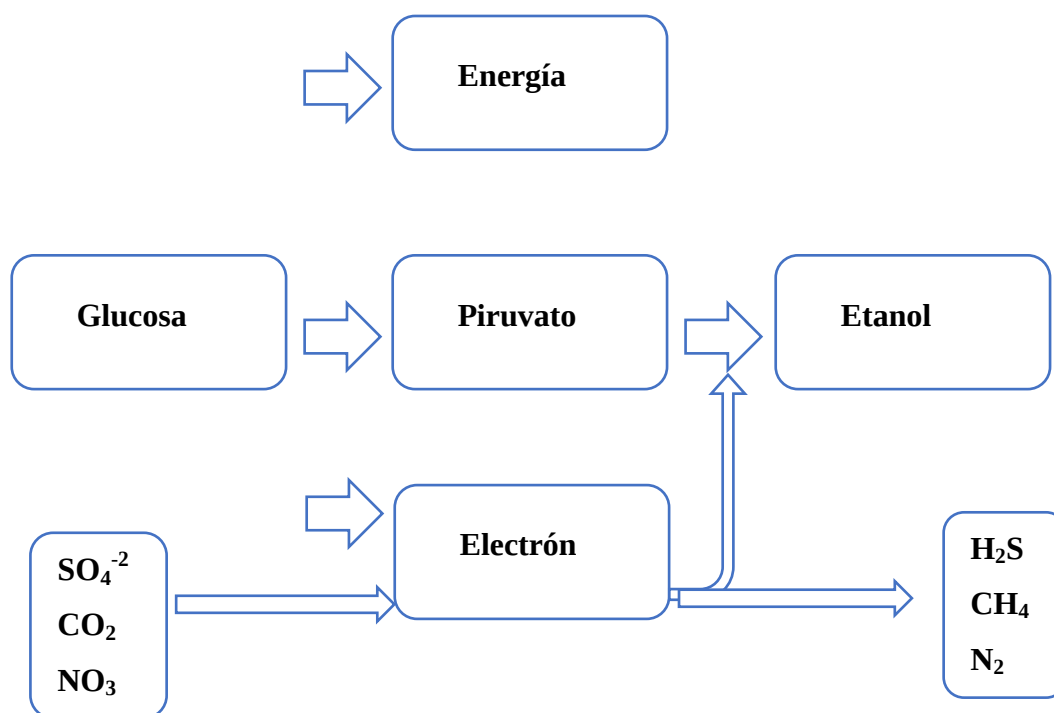


Figura N° 2 Respiración Anaeróbica de la Glucosa. Información tomada de (María Teresa Varnero Moreno, 2011), elaborado por el autor

1.5.5 Productos finales de la digestión anaerobia.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

“Los principales productos del proceso de digestión anaerobia, en sistemas de alta carga orgánica y en mezcla completa, son el biogás y un bioabono que consiste en un efluente estabilizado”.

1.5.6 El biogás.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.

1.5.7 Características Generales del Biogás.

El biogás tiene propiedades específicas que se indican en la Tabla 1.

Tabla N° 1 Características Generales del Biogás

Composición	55 – 70% metano (CH ₄) 30 – 45% dióxido de carbono (CO ₂) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

Información tomada de (María Teresa Varnero Moreno, 2011), elaborado por el autor

1.5.8 Fundamentos y etapas de la fermentación Metanogénica.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

La digestión anaeróbica es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases o etapas: Hidrólisis, Etapa fermentativa o acidogénica, Etapa acetogénica. Etapa Metanogénica. La primera fase es la hidrólisis de partículas y moléculas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) que son hidrolizadas por enzimas extracelulares producidas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos. Como resultado se producen compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga) que serán metabolizados por las bacterias acidogénicas dando lugar, principalmente, a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y otros productos intermedios. Los ácidos grasos de cadena corta son transformados en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono, mediante la acción de los microorganismos acetogénicos. Por último, los microorganismos metanogénicos producen metano a partir de ácido acético, H_2 y CO_2 . “En la Figura 3 se muestra esquemáticamente las distintas fases del proceso de digestión anaeróbica, los microorganismos que intervienen en cada una de ellas y los productos intermedios generados.

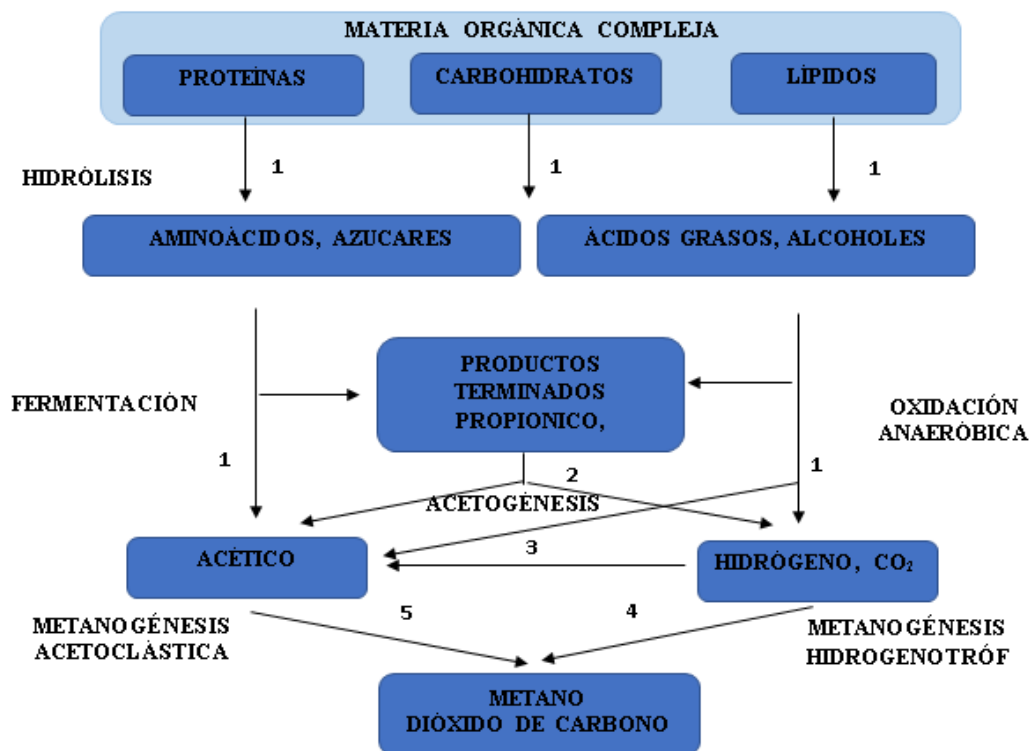
1.5.9 Hidrólisis.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

La materia orgánica polimérica no puede ser utilizada directamente por los microorganismos a menos que se hidrolicen en compuestos solubles, que puedan atravesar la pared celular. La hidrólisis es el primer paso necesario para la degradación anaeróbica de sustratos orgánicos complejos. Por tanto, es el proceso de hidrólisis el que proporciona sustratos orgánicos para la digestión anaeróbica. La hidrólisis de estas moléculas complejas es llevada a cabo por la acción de enzimas extracelulares producidas por microorganismos hidrolíticos.

La etapa hidrolítica puede ser el proceso limitante de la velocidad global del proceso sobre todo cuando se tratan residuos con alto contenido de sólidos. Además, la hidrólisis depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulico, de la composición bioquímica del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del tamaño de partículas, del nivel de pH, de la concentración de NH_4^+ y de la concentración de los productos de la hidrólisis. Cualquier sustrato se compone de tres tipos básicos de macromoléculas: hidratos de carbono, proteínas y lípidos. Las proteínas constituyen un sustrato muy importante en el proceso de digestión anaeróbica debido a que además de ser fuente de carbono y energía, los aminoácidos derivados de su hidrólisis tienen un elevado valor nutricional. Las proteínas son hidrolizadas en péptidos y aminoácidos por la acción de enzimas proteolíticas llamadas proteasas. Parte de estos aminoácidos son utilizados directamente en la síntesis de nuevo material celular y el resto son degradados a ácidos volátiles, dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y sulfuro en posteriores etapas del proceso. La degradación de los lípidos en ambientes anaeróbicos comienza con la ruptura de las grasas por la acción de enzimas hidrolíticas denominadas lipasas produciendo ácidos grasos de cadena larga y glicerol. La velocidad de degradación de los materiales lignocelulósicos compuestos principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa es tan lenta que suele ser la etapa limitante del proceso de hidrólisis. Esto es debido a que la lignina es muy resistente a la degradación por parte de los microorganismos anaeróbicos afectando también a la biodegradabilidad de la celulosa, de la hemicelulosa y de otros hidratos de carbono. Los principales productos de la hidrólisis de la celulosa son celobiasa y glucosa, mientras que la hemicelulosa produce pentosas, hexosas y ácidos urónicos. La tasa de hidrólisis, en general, aumenta con la temperatura. La tasa de hidrólisis depende, también, del tamaño de las partículas, debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas. Los pretratamientos físico-químicos, cuyo principal efecto es la reducción del tamaño de las partículas, producen un aumento en la tasa de hidrólisis, y si esta fase es la limitante del proceso

anaerobio, supone un beneficio para el proceso general, produciendo menores tiempos de retención y tamaños de reactor menores.



Los números indican la población bacteriana responsable del proceso: 1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrógeno; 3: bacterias homoacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5: bacterias metanogénicas acetoclásticas.

Figura N° 3 Esquema de Reacciones de la Digestión Anaeróbica de Materiales Poliméricos Información tomada de (María Teresa Varnero Moreno, 2011), elaborado por el autor

1.5.10 Etapa fermentativa o acidogénica.

Durante esta etapa tiene lugar la fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que puedan ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico, H₂) y compuestos orgánicos más reducidos (propiónico, butírico, valérico, láctico y etanol principalmente) que tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas en la siguiente etapa del proceso. La importancia de la presencia de este grupo de bacterias no sólo radica en el hecho que produce el alimento para los grupos de bacterias que actúan posteriormente, sino que, además eliminan cualquier traza del oxígeno disuelto del sistema. Este grupo de microorganismos se compone de bacterias facultativas y anaeróbicas obligadas, colectivamente denominadas bacterias formadoras de ácidos.

1.5.11 Etapa acetogénica.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

Mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (H_2 y acético), otros (etanol, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos) deben ser transformados en productos más sencillos, como acetato (CH_3COO^-) e hidrógeno (H_2), a través de las bacterias acetogénicas. Representantes de los microorganismos acetogénicos son *Syntrophomonas wolfei* y *Syntrophobacter wolini*. Un tipo especial de microorganismos acetogénicos, son los llamados homoacetogénicos. Este tipo de bacterias son capaces de crecer heterotróficamente en presencia de azúcares o compuestos monocarbonados (como mezcla H_2/CO_2) produciendo como único producto acetato. Al contrario que las bacterias acetogénicas, éstas no producen hidrógeno como resultado de su metabolismo, sino que lo consumen como sustrato. Según se ha estudiado, el resultado neto del metabolismo homoacetogénico permite mantener bajas presiones parciales del hidrógeno y, por tanto, permite la actividad de las bacterias acidogénicas y acetogénicas. Los principales microorganismos homoacetogénicos que han sido aislados son *Acetobacterium woodii* o *Clostridium aceticum*. A esta altura del proceso, la mayoría de las bacterias anaeróbicas han extraído todo el alimento de la biomasa y, como resultado de su metabolismo, eliminan sus propios productos de desecho de sus células. Estos productos, ácidos volátiles sencillos, son los que van a utilizar como sustrato las bacterias metanogénicas en la etapa siguiente.

1.5.12 Etapa metanogénica.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

En esta etapa, un amplio grupo de bacterias anaeróbicas estrictas actúa sobre los productos resultantes de las etapas anteriores. Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de biometanización. Los microorganismos

metanogénicos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H_2/CO_2 , formato, metanol y algunas metilaminas. Los organismos metanogénicos se clasifican dentro del dominio Archaea y tienen características comunes que los diferencian del resto de procariotas. Se pueden establecer dos grandes grupos de microorganismos, en función del sustrato principal que metabolizan: hidrogenotróficos, que consumen H_2/CO_2 y fórmico y acetoclásticos, que consumen acetato, metanol y algunas aminas. Se ha demostrado que un 70% del metano producido en los reactores anaeróbicos se forma a partir de la descarboxilación de ácido acético, a pesar de que, mientras todos los organismos metanogénicos son capaces de utilizar el H_2 como aceptor de electrones, sólo dos géneros pueden utilizar acetato. Los dos géneros que tienen especies acetotróficas son *Methanosarcina* y *Methanothrix*. El metano restante proviene de los sustratos ácido carbónico, ácido fórmico y metanol. El más importante es el carbónico, el cual es reducido por el hidrógeno, también producido en la etapa anterior.

1.5.13 Microorganismos involucrados en cada fase de digestión anaeróbica.

La indagación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

Las especies de microorganismos involucrados en el proceso varían dependiendo de los materiales que serán degradados. Los alcoholes, ácidos grasos, y los enlaces aromáticos pueden ser degradados por la respiración anaeróbica de los microorganismos. Estos utilizan, entre otros nutrientes, el nitrato, azufre, sulfato, carbonato, fumarato o Fe (III) como aceptores de electrones, por lo que pueden denominarse reductores de nitrato, reductores de sulfato, etc.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

Sin embargo, otros microorganismos también compiten por el nitrato como aceptor de electrones, por lo que el nitrato se reduce rápidamente a amonio y el nitrato como reductor juega un papel secundario en los procesos de fermentación. Los reductores de sulfato participan activamente en la degradación de compuestos con poco oxígeno, tales como lactato y etanol. En la primera y segunda fase de la degradación,

participan bacterias de al menos 128 órdenes de 58 especies y 18 géneros. Las especies que se presentan principalmente son *Clostridium*, *Ruminococcus*, *Eubacterium* y *Bacteroides*. En la tercera y cuarta fase de la degradación, se encuentran principalmente bacterias metanogénicas. En la actualidad, se han identificado 81 especies, de 23 géneros, 10 familias y 4 órdenes. Además, existen diversos microorganismos que pertenecen al sistema ecológico de un biorreactor y que participan indirectamente en la degradación. Por ejemplo, *Staphylococcus*, especie se desarrolla con frecuencia en los digestores, puede provocar riesgos para la salud del personal que opera el digestor si no se toman las medidas sanitarias necesarias. En las cuatro fases de la degradación, las especies *Acetobacter* y *Eubacterium* tienen una participación similar en el proceso (ver Anexo N°1).

1.5.14 Bacterias que participan de la hidrólisis.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona: “Los microorganismos de muchos géneros son los responsables de la hidrólisis. Entre estos destacan: *Bacteroides*, *Lactobacillus*, *Propionibacterium*, *Sphingomonas*, *Sporobacterium*, *Megasphaera*, *Bifidobacterium*”.

1.5.15 Bacterias que participan de la acidogénesis.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

La mayoría de los microorganismos acidogénicos también participan de la hidrólisis. El género *Clostridium*, *Paenibacillus* y *Ruminococcus* están presentes en todas las fases del proceso de fermentación, pero son dominantes en la fase acidogénica. El grupo *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* representa el segundo grupo más grande de microorganismos durante las dos primeras fases de la descomposición. Sin embargo, en la fase metanogénica representan menos del 5% del total de microorganismos. Esto indica que estos grupos son los principales responsables de la degradación de compuestos monoméricos.

1.5.16 Bacterias que participan de la acetogénesis.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

Estas bacterias sólo pueden sobrevivir en simbiosis con el género que consume hidrógeno. Todos los microorganismos acetogénicos tienen un período de regeneración de hasta 84 h. Las bacterias acetogénicas

reductoras de sulfato son capaces de degradar lactato y etanol, pero no son capaces de degradar ácidos grasos y compuestos aromáticos

1.5.17 Bacterias que participan de la metanogénesis.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

La última fase de la descomposición anaeróbica se encuentra dominada por un grupo especial de microorganismos, las Arqueas metanogénicas. Estas se caracterizan a través del co-factor F420, el cual actúa en presencia de hidrogenasas como transportador de H₂. Este puede detectarse por su autofluorescencia en un microscopio óptico. Las metanogénicas activas aparecen en la segunda fase de la fermentación, la fase de acidogénica. Sin embargo, obviamente el número de Arqueas metanogénicas aumenta en la fase metanogénica. Las principales especies están representadas por Methanobacterium, Methanospirillum hungatii, y Methanosarcina.

1.5.18 Especies metanotróficas.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

Las especies metanotróficas (especies que consumen metano) se encuentran presentes en todas partes, pero no son deseables en una planta de producción de biogás. La mayoría de estos son aeróbicos. Estos microorganismos utilizan el oxígeno para degradar el metano y obtener su energía. Los productos metabólicos son el agua y el dióxido de carbono. Los metanotróficos aeróbicos degradan aproximadamente el 17% de todo el metano en la atmósfera. Además de estos, existe otro grupo de metanotróficos, que es capaz de consumir metano, sin necesidad de oxígeno. Estos se encuentran en su mayoría en los sedimentos marinos. Los microorganismos metanotróficos sintetizan sus lípidos a partir del metano.

1.5.19 Beneficios ambientales de la biodigestión anaeróbica.

La investigación realizada por (María Teresa Varnero Moreno, 2011) menciona:

Al igual que el gas natural, el biogás tiene una amplia variedad de usos, pero al ser un derivado de la biomasa, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás. La presión económica sobre los productos agrícolas convencionales se encuentra en continuo aumento. Muchos

agricultores se ven obligados a renunciar a su producción, principalmente debido a que sus tierras no presentan rendimientos rentables. Sin embargo, en muchos países la producción de biogás se encuentra subvencionada o presenta incentivos económicos (por ejemplo, los proyectos MDL), proporcionando a los agricultores un ingreso adicional. Por lo tanto, en el sector agrícola, la implementación de tecnologías de digestión anaeróbica puede permitir obtener importantes beneficios económicos, ambientales y energéticos. Por otra parte, permite una gestión mejorada de nutrientes, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la captura y uso de biogás.

Cuando los residuos orgánicos se someten a una degradación aeróbica, se generan compuestos de bajo poder energético como CO_2 y H_2O . Gran parte de la energía se pierde y se libera a la atmósfera. Se estima que la pérdida de energía de un proceso aeróbico es aproximadamente veinte veces superior al de un proceso anaeróbico. En el caso de la degradación anaeróbica, se generan productos del metabolismo con alto poder energético (por ejemplo, alcoholes, ácidos orgánicos y metano), los cuales sirven como nutrientes de otros organismos (alcoholes, ácidos orgánicos), o bien son utilizados con fines energéticos por la sociedad (biogás). Otro beneficio ambiental importante de las plantas de biogás es la significativa reducción de la presión sobre los rellenos sanitarios. De esta forma se reducen significativamente los costos de la disposición de residuos orgánicos, e incluso se obtienen sub-productos con valor agregado (e.g. bioabono). Además, el tratamiento anaeróbico de los residuos orgánicos contribuye a la protección de las aguas subterráneas, reduciendo el riesgo de lixiviación de nitratos. Por otra parte, la digestión anaeróbica elimina el problema de emisión de olores molestos, como, por ejemplo, el olor a amoníaco, producto de la acumulación de excretas y orina sin tratar. La promoción e implantación de sistemas de producción de biogás colectivos -varias granjas-, y de co-digestión -tratamiento conjunto de residuos orgánicos de diferentes orígenes en una zona geográfica, usualmente agropecuarios e industriales- permite, además, la implantación de sistemas de gestión integral de residuos orgánicos por zonas geográficas, con beneficios sociales, económicos y ambientales. La digestión anaerobia se

puede llevar a cabo con uno o más residuos con las únicas premisas de que sean líquidos, contengan material fermentable, y tengan una composición y concentración relativamente estable. La co-digestión es una variante tecnológica que puede solucionar problemas o carencias de un residuo, si son compensadas por las características de otro. El metano es un gas que en la atmósfera terrestre contribuye al efecto invernadero. El contenido de metano en la atmósfera se ha duplicado desde la última era de hielo a 1,7 ml m⁻³ en la actualidad. Este valor se ha mantenido constante en los últimos años. El metano contribuye un 20% al efecto invernadero antropogénico. Entre las fuentes de metano de origen humano, más del 50% corresponde a la ganadería y hasta el 30% provienen a partir del cultivo de arroz. Con el fin de poder comparar el efecto de los diferentes gases de efecto invernadero, a cada uno se le asigna un factor que representa una medida de su efecto invernadero o potencial de calentamiento global, en comparación con el CO₂ que se utiliza como “gas de referencia” (Tabla 3). El CO₂ equivalente de gases de efecto invernadero se puede calcular multiplicando el potencial de efecto invernadero en relación con la masa del gas respectivo. Indica la cantidad de CO₂ que produciría el mismo efecto invernadero en 100 años, es decir, el CH₄ es un gas de efecto invernadero más potente que el CO₂ en un factor de 21.

Tabla N° 2 *Potencial de Calentamiento de los Gases de Efecto Invernadero.*

Gas	Potencial de Calentamiento
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
SF ₄	23900
PFC	9200
HFC	11700

Información tomada de (María Teresa Varnero Moreno, 2011), elaborado por el autor

1.6 Marco legal

Para establecer el marco legal e institucional de las energías renovables en el Ecuador es necesario mencionar la política nacional bajo la cual se desarrollan estos energéticos,

que tiene como su origen la Constitución de la República, que entre sus articulados considera la promoción y uso de las energías renovables.

En (CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008) menciona:

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

En (CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008) menciona:

“Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia”

En (CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008) menciona:

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

En (CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008) menciona:

Art. 415.- El Estado Central y los Gobiernos Autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano de uso del suelo. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional de agua y de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

También es necesario destacar que el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno Nacional, denominado: “Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013”, establece algunos objetivos y políticas sobre el desarrollo de las energías renovables, como:

En (Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013, 2009)menciona:

“Objetivo 4: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable”

En (Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013, 2009)menciona:

“Política 4.3: Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles”

En (LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO, 2014) Menciona:

“Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) R.O.S. 43 del 10 de octubre de 1996 Capítulo IX, Artículo 63, donde el Estado se compromete a fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales”

En (LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO, 2014) Menciona:

”En el Capítulo XI, Artículo 67 de la misma ley, se incluyen ciertas ventajas arancelarias, así como exoneraciones del Impuesto a la Renta para incentivar la producción energética basada en energía renovable como solar, eólica, geotérmica, biomasa, etc.”

1.6.1 Ley de Gestión Ambiental.

En (LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION, 2004) menciona:

Art. 20.- Para el inicio y desarrollo de actividades que presuma riesgo ambiental debe contar la respectiva licencia, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

1.6.2 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

En (LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, 2004) menciona:

Art. 1. - Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire: a) Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y

similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y, b) Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

1.6.3 Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas.

En (REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES, 2001) menciona:

Art. 7: A fin de ejecutar las funciones atribuidas por la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley y los demás Reglamentos aplicables al sector eléctrico en el área de protección ambiental, le compete al CONELEC.

- a) Cumplir y hacer cumplir la legislación ambiental aplicable a las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, así como las disposiciones que se deriven de este Reglamento.
- b) Aprobar los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y sus correspondientes Planes de Manejo Ambiental (PMA) de los proyectos u obras de generación, transmisión y distribución, excepto para los casos contemplados en el artículo 10, literal d) de este reglamento.
- c) Incorporar en el Plan de Electrificación las políticas ambientales del Estado, evaluar conjuntamente con el Ministerio de Energía y Minas el cumplimiento y efectividad de las mismas y, sobre esta base, proponer las modificaciones que permitan alcanzar el desarrollo sustentable del sector.
- d) Dictar instructivos de aplicación de la Ley y sus reglamentos, en materia de protección del ambiente, los cuales se emitirán mediante Reglaciones”.
- e) Dictar, de acuerdo con la Ley, las regulaciones referentes a parámetros técnicos de tolerancia y límites permisibles, a los cuales deben sujetarse las actividades eléctricas, a fin de atenuar los efectos negativos en el ambiente. Para el efecto observará las directrices impuestas por el Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable de acuerdo con la Ley de Gestión Ambiental y coordinará al respecto con el Ministerio del

Ambiente en función del artículo 9, literal d) de la indicada Ley de Gestión Ambiental.

- f) Controlar la realización de los Planes de Manejo Ambiental de las empresas autorizadas que se encuentren operando en actividades de generación, transmisión o distribución de energía eléctrica, sobre la base de las auditorías ambientales que deberán practicarse.**
- g) Diseñar y aplicar, en coordinación con los organismos públicos competentes, incentivos para estimular la protección y manejo sustentable de los recursos naturales que son aprovechados por los proyectos eléctricos, así como fomentar el desarrollo y uso de tecnologías limpias y el uso de recursos energéticos no convencionales.**
- h) Llevar el registro de empresas y consultores individuales calificados por el Ministerio del Ambiente, para realizar los estudios y auditorías ambientales en el sector eléctrico**
- i) Aplicar las sanciones por incumplimiento de las disposiciones ambientales previstas en este Reglamento, las cuales deberán incluirse en los respectivos contratos de concesión, permiso o licencia”**
- j) Requerir de los agentes, generadores, el transmisor y los distribuidores, los documentos e información necesaria para verificar el cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales, estando facultado para realizar las inspecciones y verificaciones que al efecto resulten necesarias**
- k) Asegurar la publicidad de las decisiones de aplicación general e instructivos en materia ambiental, incluyendo los antecedentes sobre la base de los cuales fueron expedidos**
- l) Receptar y analizar el informe anual que le corresponde presentar al Director Ejecutivo del CONELEC, en el cual necesariamente se incorporará la parte inherente al cumplimiento de las políticas y normas ambientales aplicables al sector eléctrico, y**
- m) Permitir el acceso de la ciudadanía a la información ambiental de acuerdo a lo estipulado por la Ley de Gestión Ambiental. Quienes soliciten dicha información serán responsables de su uso y respetarán la propiedad intelectual**

El CONELEC cumplirá estas obligaciones a través de la Dirección o Unidad Administrativa que estructurará para el efecto. El otorgamiento por parte del CONELEC de concesiones, permisos y licencias señalado en el Reglamento de la materia se halla condicionado al cumplimiento previo de las normas ambientales contenidas en el presente Reglamento y en los instructivos que al efecto emita el Directorio del CONELEC. Para la aplicación del presente Reglamento, el CONELEC en uso de sus facultades, emitirá las Regulaciones que considere necesarias.

Art. 10. Ministerio del Ambiente le compete:

En (REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES, 2001) menciona:

- a) Supervisar y evaluar el cumplimiento de la política y normativa ambiental nacional en el sector eléctrico**
- b) Coordinar con el CONELEC la gestión ambiental eléctrica a fin de impulsar su eficiencia y desarrollar capacidades institucionales en los diferentes procesos administrativos y técnicos ambientales**
- c) Otorgar las licencias ambientales de los proyectos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica que le sean presentados por los interesados y cuyos EIAD hayan sido calificados y aprobados previamente por el CONELEC**
- d) Analizar los Estudios de Impacto Ambiental y otorgar las licencias ambientales de los proyectos objeto de concesiones genéricas**

Art. 11. Ministerio de Energía y Minas.

En (REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES, 2001) menciona:

De conformidad con lo previsto en el artículo 12 del Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley, el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Subsecretaría de Protección Ambiental, dentro del ámbito de su competencia, coordinará con el CONELEC, la aplicación de las políticas ambientales en el sector eléctrico.

Art. 13. Los concesionarios y titulares de permisos y licencias.

En (REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES, 2001) menciona:

Los concesionarios y titulares de permisos y licencias para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, serán responsables de la aplicación de las normas legales, reglamentos, regulaciones e instructivos impartidos por el CONELEC, dentro del marco general del Sistema

Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. En especial les corresponde:

- a) Presentar a consideración y calificación del CONELEC el EIA y su correspondiente PMA, de todo nuevo proyecto, obra o instalación a que se refiere el artículo 19, literal a); el Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD), estudio que, luego de aprobado por dicha Institución, será remitido por el interesado al Ministerio del Ambiente para que se le conceda la Licencia Ambiental respectiva.**

1.7 Marco financiero

1.7.1 Análisis financiero.

En un proyecto de (DUARTE, JIMENEZ ARIAS, & RUIZ TIBANÁ , ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, 2007).menciona:

El análisis financiero de un proyecto se efectúa para determinar su impacto a precios de mercado o precios financieros, para los inversionistas interesados en su ejecución, no se trata de un estado de resultados o de ganancias y pérdidas, ni una situación de caja o de efectivo como lo presentan algunos autores, va más allá de eso. Se trata de determinar la rentabilidad de la inversión a efectuar en el proyecto, su valor presente neto en un año dado y la rentabilidad anual de la inversión propuesta. Comparando al inversionista con un ahorrador.

1.7.2 Análisis económico.

En un proyecto de (DUARTE, JIMENEZ ARIAS, & RUIZ TIBANÁ , ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, 2007).menciona:

El análisis económico tiene como objetivo, determinar los beneficios y costos desde el punto de vista del país, la población y su impacto en la economía. La evaluación económica, se encamina en determinar el precio económico de los factores de producción, eliminando las distorsiones existentes en el mercado y la subvaloración o sobrevaloración de los bienes en los mercados tanto nacionales como internacionales. En este sentido, a continuación, se presenta brevemente un método que transforma los precios financieros en precios económicos. Para comprender mejor los métodos empleados, se procede a realizar aproximaciones sucesivas; partiendo primero de los precios económicos en un mercado sin

distorsiones (competencia perfecta) y luego se procede a analizar los efectos producidos por los diferentes tipos de distorsiones que eventualmente existen en el mercado.

1.7.3 Inversión Fija.

Inversión Fija Se refiere a todo tipo de activos cuya vida útil es mayor a un año y cuya finalidad es proveer las condiciones necesarias para que la empresa lleve a cabo sus actividades (Hernández, 2011).

❖ Inversión fija

- Terreno
- Construcciones
- Maquinaria y equipos diversos
- Equipo de transporte
- Equipo de computo
- Laboratorios
- Y demás equipos auxiliares

1.7.4 Capital de operaciones.

En la actualidad (Rodas, 2012) dice: “El capital de trabajo, como su nombre lo indica es el fondo económico que utiliza la Empresa para seguir reinvertiendo y logrando utilidades para así mantener la operación corriente del negocio”

1.7.5 Valor Presente Neto (VPN).

En la actualidad (Navarro, 2017) dice:

El valor presente neto (VPN) es una herramienta que sirve como indicador para medir y determinar la viabilidad de una inversión o un proyecto en términos de rentabilidad y ganancia, el cual proporciona a partir de su análisis un marco de referencia para la toma de decisiones. Por ejemplo, si se quiere invertir en un nuevo activo o proyecto, gracias a este indicador se puede analizar si es viable o no o si realmente conviene llevar a cabo dicha inversión. El VPN o NPV por sus siglas en inglés, se obtiene restando el monto inicialmente invertido con el valor presente de los flujos que se proyectan recibir en el futuro. Su análisis es trascendental porque permite hacer comparaciones claras entre la inversión a realizar y los flujos de dinero que producirá en el futuro. En últimas, utilizando el análisis de este indicador se logrará conocer cuál es el rendimiento mínimo que se debe

ganar sobre un proyecto o la compra de un activo para no alterar la sostenibilidad de la empresa y sus finanzas, o bien para disminuir el riesgo de no perder la inversión.

1.7.6 Tasa interna de retorno (TIR).

En la actualidad (Arturo, 2014) dice:

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).

1.8 Metodología

La metodología será conforme a la recopilación de información, la misma que puede ser de fuentes primarias, mediante la investigación y encuestas propias, en cambio la fuente secundaria es aquella información que es tomada de trabajos ya realizados o efectuados por otras personas, instituciones o Universidades a nivel nacional o internacional que debido a su experiencia en el desarrollo de energía eléctrica utilizando el Biogás, a partir de estos proyectos se obtendrá información más confiable.

El proceso siguiente consiste en desarrollar la investigación, en donde se puntualizarán ideas concretas de la información obtenida de las diversas fuentes. Además, en donde se realizará un estudio sobre la obtención de energía eléctrica a partir del biogás, se definirá que es el biogás, su descomposición y características.

Luego se realizará un estudio de mercado y estudio técnico, que inicia con la recopilación, procesamiento y análisis de la información más relevante de la situación actual del mercado y su demanda de energía eléctrica, luego con la información de la investigación, permite tomar decisiones acerca de las opciones tecnológicas en equipos, maquinarias y las instalaciones necesarias para la obtención de energía eléctrica a partir del biogás.

Finalmente se efectúa el Análisis Económico y Financiero, en donde se detalla las inversiones necesarias para realizar el proyecto, como la inversión inicial, inversión fija, capital de operación, y otros factores tales como: financiamiento, costo de mano de obra, depreciaciones, estado de resultado y flujo de caja para conocer el periodo de retorno del TIR y el VAN.

Capítulo II

Estudio de Mercado y Técnico

2.1 Estudio de Mercado

Un estudio de mercado es un proceso de recopilación, análisis e interpretación de la información obtenida de un mercado actual, este proceso se lo realiza tanto a clientes y a competencia directa e indirecta.

El estudio de mercado permite enfocarse y visualizar la viabilidad que tiene un proyecto, la creación de un producto, e incluso el hecho de dar un servicio a un mercado objetivo, teniendo en cuenta que permite la toma de decisiones mediante la información obtenida de la investigación.

2.1.1 Identificación del producto.

El biogás es un producto que se obtiene por medio del proceso de digestión anaeróbica, que es la descomposición de los desechos orgánicos encontrados en la basura y los cuales se aíslan en un ambiente sin interacción o contacto con el oxígeno.

El relleno sanitario Las Iguanas genera biogás con las siguientes características:

- Metano (CH_4) entre 55 - 70%
- Dióxido de carbono (CO_2) entre 30 – 45%
- Hidrogeno (H_2) entre 1 – 10 %
- Nitrógeno (N_2) entre 0.5 – 3%
- Ácido sulfhídrico (H_2S) 0.1%

El componente principal del biogás es el metano que tiene entre un 55-70% de participación, lo cual le da su característica de combustibilidad al biogás. El valor o poder calorífico del biogás estará dado por el nivel de concentración del metano el cual está entre 20 – 25 MJ/m³, comparando con el gasóleo esta entre 40 – 42,523 MJ/m³.

El uso del biogás como fuente para obtener energía eléctrica limpia, permite contribuir con el medio ambiente al no liberar dicho gas hacia la atmósfera, ya que en su composición cuenta con gases de efecto invernadero que contaminan el ambiente.

El biogás tiene diferentes usos tales como:

- Producción de calor o vapor.
- Generación de electricidad o combinación de calor y electricidad.
- Combustible para vehículos

2.1.2 Análisis del Mercado

La mayor participación a nivel mundial en el incremento de potencia (MW) y de la creación de nuevas plantas de Biogás fue en el año 2016 y se dio en Europa, Norteamérica y en Asia, con una producción de biogás de 4.700 (MW) a una potencia de 7.400 (MW).

Sin embargo, en el último informe estadístico que publicó la Asociación Europea del Biogás (EBA) en junio del 2018, da a Alemania como la mayor productora de biogás o gas verde en la Unión Europea con una producción de biogás de 9.400 gigavatios hora (GWh) al año y a Reino Unido en segundo lugar con un aporte de 3.663 gigavatios hora (GWh) al año.

(Rico, 2013) Menciona:

Fuera del continente europeo, el informe dirige el foco hacia Norteamérica y Asia como zonas donde el biogás industrial alcanzará un desarrollo más notorio. “La mayoría de las plantas se construirán en Estados Unidos, Canadá, China, India y Japón, anuncian, y el crecimiento en el primer país se deberá principalmente al desarrollo de una gran red de distribución, considerada como una de las más grandes del mundo. De China y la India destacan sus grandes potenciales de biomasa disponible para producir biogás y los estándares de producción, cada vez más cercanos a los de Europa. Por último, recuerdan el gran paso dado por Japón en 2012 con la aprobación de nuevas tarifas que benefician al biogás y su expansión.

2.1.3 Demanda

Un estudio realizado por la ONU (La Organización de las Naciones Unidas) en el año 2017 indica que para el año 2025 en todo el mundo se habrán construidos y constituidos más de 100.000 plantas de Biogás para la obtención de energía eléctrica limpia.

En Chile se realizó un estudio en el año 2010 por parte de la ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), en donde de las 31 empresas que utilizan el biogás en su proceso productivo en Chile, solo 5 de estas empresas usan el Biogás para la generación de energía eléctrica limpia.

En el año 2017 un estudio realizado por **Red agrícola Chile**, indica que el potencial del sector Silvoagropecuaria Chileno fue de 11.000 gigavatios hora (GWh) al año de producción de Biogás, lo que en términos de conversión representa 700 megavatios eléctricos (MW). Estos 700 MW son aproximadamente el 4,11% de la capacidad eléctrica instalada en Chile en el año 2017 que fue de 17.000 (MW).

En Perú en el año 2017, la producción total de energía eléctrica para la red fue de 48,993.25 gigavatios hora (GWh).

Entre las diversas fuentes de obtención de energía eléctrica son:

- Fuentes eólicas 1065.23 GWh (2.17%)
- Fuentes solares 288.17 GWh (0.51%)
- En biomasa y biogás 147.00 GWh (0.3%)

En Colombia en el año 2016 se generaron 65.935 gigavatios hora (GWh) de electricidad que son aportados directamente hacia el Sistema Interconectado Nacional (SIN). La producción a partir de Biomasa fue de 597.81 gigavatios hora (GWh), lo que equivale a un aproximado de 0,9 % del total producido en el 2016, el bagazo como Biomasa y el biogás fueron las principales fuentes de materia prima para la obtención de energía eléctrica limpia y amigable con el medio ambiente.

2.1.4 Demanda de energía Ecuador

En la actualidad el Ecuador cuenta con una capacidad instalada de 8.036,34 (MW), pero solo la demanda máxima cubre el 47 %de eso, al requerir de 3.746 (MW), el 53 % restante de la energía que se puede generar no se usa según informe del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

A continuación, se muestran dos gráficas acerca del consumo histórico de energía eléctrica y la demanda de energía proyectada en el Ecuador hasta el año 2022 y al igual que su crecimiento anual proyectado.

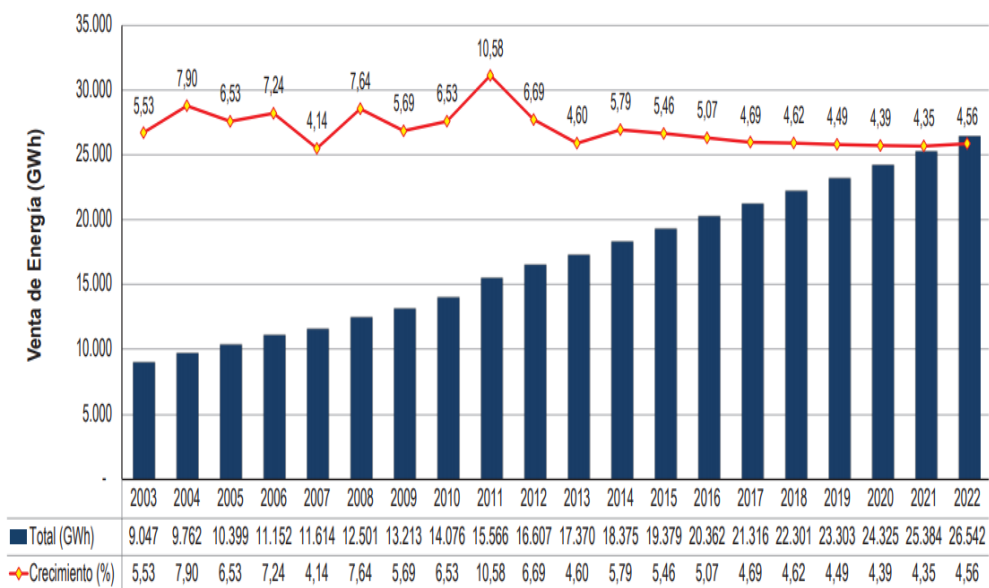


Figura N° 4 Demanda de Energía Ecuador. Información tomada de (CONELEC C. N., 2013), elaborado por el autor

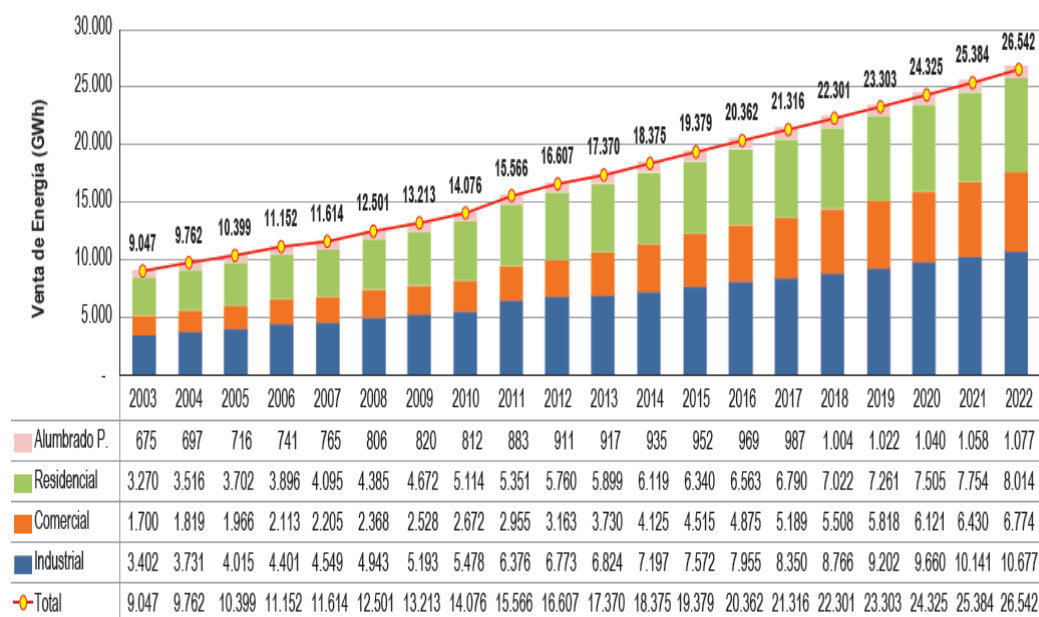


Figura N° 5 Evolución Histórica Demanda Proyectada de Energía Eléctrica por Grupos De Consumo. Información tomada de (CONELEC C. N., 2013), elaborado por el autor

A continuación, se muestra la demanda - consumo de energía eléctrica en la ciudad de Guayaquil, por los diferentes sectores como: residencial, comercial, industrial y alumbrado público según estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano (Preliminar) del año 2017.

Tabla N° 3 Demanda de Energía Eléctrica Guayaquil

CNEL GUAYAQUIL				
Descripción	Precio Medio	GWh	%	
	USD/KWh			
Residencial	\$ 10,17	1587,54	33,31%	
comercial	\$ 10,41	1178,33	24,72%	
Industrial	\$ 9,46	1393,75	29,24%	
A. Publico	\$ 11,64	607,01	12,73%	
Total		4.766,63	100,00%	

Información tomada de (ARCONEL, 2017), elaborado por el autor

La energía obtenida del proyecto está destinada al uso residencial de los sectores más cercanos al relleno sanitario las Iguanas. La energía eléctrica obtenida tiene cobertura de 1,512 % en lo que concierne a residencial de la demanda total en la ciudad de Guayaquil.

2.1.5 Oferta

En un estudio realizado por EurObserv'ER en el año 2013, dio a conocer el potencial de la Unión Europea (UE) en la producción de Biogás para la generación de energía eléctrica.

La alternativa de la Unión Europea (UE) de usar el biogás para generar electricidad, calefacción e incluso como combustible para transporte, se ha vuelto flexible y sostenible, lo cual permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera.

La Comisión Europea (CE) realizó un estudio en el año 2016 acerca de Optimal use of biogas from waste streams (Uso óptimo de biogás a partir de flujos de residuos) en donde se determinó que solo tres países de la Unión Europea son responsables de más del 77 % de la producción de Biogás entre los cuales tenemos a Alemania, Reino Unido e Italia. Además, en el estudio que hizo la Comisión Europea da sugerencia acerca de cómo maximizar el potencial de producción de Biogás en Europa.

A continuación, se muestran a los países que tuvieron mayor capacidad de producción de Biogás en el año 2012 los cuales son:

- Alemania
- Reino Unido
- Estados Unidos
- Italia
- Australia
- España
- Países Bajos
- Francia
- Canadá
- Suecia

Los señores (Gómez & Camazón, 2016) menciona:

Según datos de la Asociación Europea de Biogás (EBA, European Biogas Association) correspondientes al año 2014, en Europa hay 17240 plantas de biogás, lo que corresponde a una potencia total instalada de 8293 MW eléctricos. Los datos desglosados por países pueden verse en la figura 6.

Los mayores productores de biogás son Alemania con 10786 plantas (la mayoría de ellas pequeñas, con una potencia media instalada de 400 kW eléctricos) e Italia con 1491 plantas. En España hay actualmente 39 plantas de producción de biogás. La digestión industrial de cultivos energéticos es el método por el cual se genera la mayor cantidad del biogás en la UE (69 % del total), siendo Alemania, Italia, República Checa y Austria los países con mayor producción de biogás de este tipo. Le sigue el biogás de vertedero y FORSU (21.6 %), principal fuente para la generación de biogás en Reino Unido, Francia,

Portugal, España e Irlanda. Por último, la producción de biogás a partir de los lodos de las EDAR (9.4 %) prevalece en Suecia y en Polonia. A partir de la combustión de biogás en 2014 se produjeron en la UE 63.3 TWh de electricidad, lo que equivale al consumo anual de 14.9 millones de hogares.

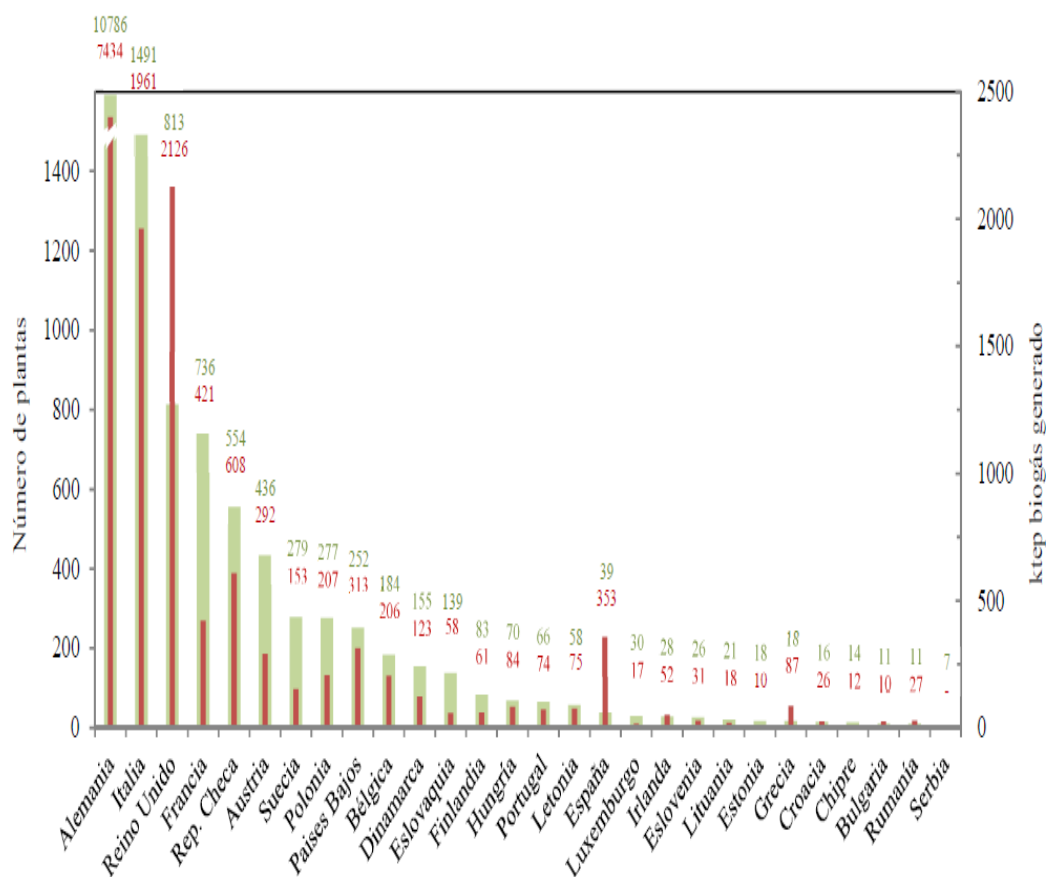


Figura N° 6 Plantas de Biogás por País en UE y Producción Anual de Energía Primaria a Partir del Biogás. Información tomada de (Gómez & Camazón, 2016), elaborado por el autor

Planta de Biogás instalada por país en la UE (Barras verdes) y producción anual de energía primaria a partir del Biogás en 2014 expresada en ktep (Miles de Toneladas equivalente de Petróleo) (Barras rojas).

2.1.6 Oferta nacional de energía eléctrica a partir del Biogás.

El potencial de Ecuador para generar energía eléctrica a partir del Biogás está dado por la cantidad de desecho orgánico almacenado en el relleno sanitario Las Iguanas. Un estudio realizado por Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd. en 2007, determinó la capacidad que tiene para generar y ofertar energía eléctrica el relleno sanitario Las Iguanas. A continuación, se muestra una tabla con los valores totales correspondientes a la capacidad neta en (MW) del relleno sanitario por cada periodo según lo estimado en el estudio.

Tabla N° 4 *Capacidad Neta de Generación de Energía Eléctrica del Relleno Sanitario Las Iguanas*

Año	Exportada MWH 5% Carga Parasita
2007	93558
2008	90467
2009	87825
2010	85560
2011	100200
2012	101986
2013	105959
2014	106149
2015	108517
2016	111055
2017	113780
2018	116662
2019	119730
2020	121681
2021	122642
2022	195918
2023	180669
2024	166775
2025	154041
2026	142426
2027	131784

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

2.1.7 Producción de Biogás en el Ecuador.

Según la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad en diciembre del año 2017 solo el 73,63% de la energía eléctrica producida en el país provino solo de recursos renovables. En cambio, el 26,30% de la energía eléctrica producida en el país tiene origen no renovable, como por ejemplo las Termoeléctricas que usan combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

La aportación del Biogás como se indica en el gráfico 2 fue del 0.10% lo que representa aproximadamente 3.75 (MW) energía eléctrica renovable.

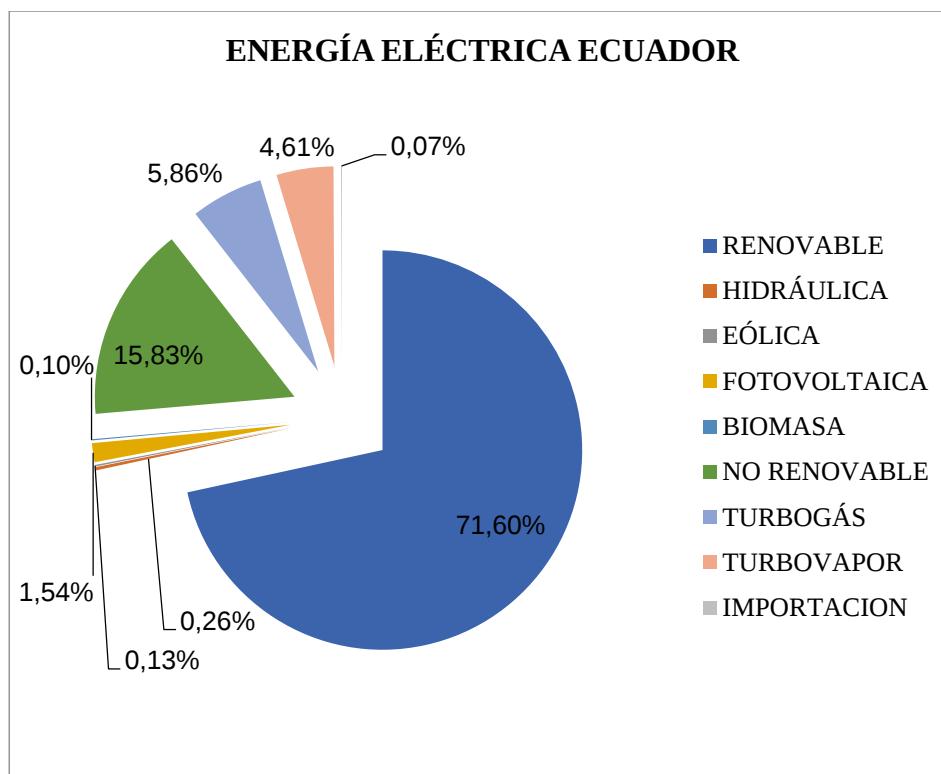


Figura N° 7 Producción Total de Energía Eléctrica. Información tomada de (EL UNIVERSO, 2018), elaborado por el autor

La construcción de la nueva planta de aprovechamiento de Biogás se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca, y podrá generar a partir del año 2019 la energía eléctrica que abastecerá a unas 7.300 familias de la parroquia Santa Ana, con un consumo mensual promedio de 160 kWh. La planta de aprovechamiento de Biogás tiene una producción prevista que será de 2 megavatios (MW), los cuales aportarán de forma directa al Sistema Nacional Interconectado de Ecuador (SNI).

En cambio, la capacidad para generar energía eléctrica de la Planta de Biogás en Quito es de 5 megavatios por hora (MWh) que es igual que abastecer a 25.000 hogares al año.

2.1.8 Situación de relleno sanitario.

El relleno sanitario las Iguanas es propiedad de La muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, Ecuador, y es administrada por la operadora privada ILM Las Iguanas y recibe desechos tanto comerciales como domésticos de la ciudad de Guayaquil desde el año 1994.

Un dato estadístico proporcionado por El relleno sanitario Las Iguanas indica que el año 2007 recibió 2361 Ton/día de desechos domésticos, tomando como base el año 2007 hasta la actualidad, los desechos han aumentado a 1,7 % aproximadamente lo que significa que paso de 2361 Ton/día a 4000 Ton/día. De acuerdo con el estudio realizado por Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd. en 2007 se espera que el relleno sanitario Las Iguanas para el año 2021 contenga aproximadamente 23 millones de tonelada de desechos.

Un análisis de la Información proporcionada por Municipalidad de Guayaquil indica que el relleno sanitario en el año 2007 en una prueba de bombeo se determinó emitía aproximadamente 6.939 Nm³/h de Biogás, lo que en un 50 % sería metano. La tasa mencionada anteriormente podría llegar hasta 14.700 Nm³/h de Biogás, si se continúa con relleno de desechos hasta el 2022.

En el **Anexo N° 5** se observa la estimación de ingresos de desechos orgánicos al relleno sanitario Las Iguanas que Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd. en 2007 realizó para el estudio de Prefactibilidad del Potencial del Biogás.

2.1.9 Cantidad a Producir.

La producción del Biogás de acuerdo con las estimaciones que hizo Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd en su estudio de Pre factibilidad del Potencial del Biogás en septiembre del 2007 determinó lo siguiente:

Tabla N° 5 *Estimación de Biogás Recuperable*

Año	Promedio M3/hr Recuperable Sector A	Promedio M3/hr Recuperable Sector C	Promedio M3/hr Recuperable Sector D	Promedio M3/h Recuperable Sitio Entero
2.015	2.661	1.103	4.426	8.190
2.016	2.477	1.024	4.880	8.381
2.017	2.309	950	5.328	8.587
2.018	2.152	882	5.770	8.804
2.019	2.007	820	6.208	9.035
2.020	1.874	763	6.546	9.183
2.021	1.750	711	6.794	9.255
2.022	1.635	662	12.487	14.784
2.023	1.529	618	11.487	13.634
2.024	1.430	576	10.578	12.584
2.025	1.339	537	9.749	11.625
2.026	1.253	502	8.993	10.748
2.027	1.173	469	8.303	9.945

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

2.1.10 Reducción de emisión de CO₂.

Para la reducción de emisiones se considera que todo el metano será usado para generar energía eléctrica o para combustión. La estimación de reducción de emisiones por los sectores A, C Y D del relleno sanitario se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 6 *Energía Eléctrica no Renovable*

	Energía Eléctrica	
	MW	%
Energías no Renovables	975.198	98.58%
Proyecto de Generación	14.00	1.421%
Total	985.198	100%

Información tomada de (EL UNIVERSO, 2018), elaborado por el autor

Con los valores obtenidos el proyecto de generación de energía eléctrica a partir del Biogás reduce en 1.421 % el uso de energías no renovables en el Ecuador.

A continuación, se calcula las toneladas de CO₂ que se reducen por la participación del proyecto, en la disminución y uso de fuentes no renovables.

$$TCO_{2eq.} = EF_{grip} \times MWh_{exported}$$

Dónde:

$TCO_{2eq.}$ Reduccion de emision total en toneladas equivalentes de dioxido de carbono

EF_{grip} Factor de emisiones de red para Ecuador = 0.66531 tCO₂/MWh

$MWh_{exported}$ Numero total de mega – watt horas exportado a la red

$$TCO_{2eq.} = EF_{grip} \times MWh_{exported}$$

$$TCO_{2eq.} = 0.66531 \text{ tCO}_2 \times 110376,00 \text{ MWh}$$

$$TCO_{2eq.} = 73.434,25 \text{ t CO}_2$$

2.1.11 Precios.

Los precios por tipo de energía fueron obtenidos de la regulación CONELEC - RESOLUCIÓN No. 017/12, (ver **Anexo N° 6**) los cuales (CONELEC, 2012). **Dice:** “son la

energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos por kWh”

2.1.11.1 Vigencia de los Precios.

(REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06, 2006) Indica:

Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 12 años a partir de la fecha de suscripción del contrato de permiso, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2008. Cumplido el periodo de vigencia indicado en el párrafo inmediato anterior, las centrales renovables no convencionales operarán en el MEM, con un tratamiento similar a cualquier central de tipo convencional, de acuerdo con las normas vigentes a esa fecha.

De igual forma, para el caso de las centrales renovables no convencionales que pertenezcan a los sistemas aislados, terminado el periodo de vigencia, seguirán operando con un tratamiento similar a las centrales convencionales, de acuerdo con las normas que rijan sobre la materia a esa fecha.

2.1.11.2 Precio de la Energía a partir del 2009.

(REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06, 2006) Indica:

Para aquellos proyectos cuyos contratos se suscriban o por incremento de capacidad se modifiquen a partir del año 2009, el CONELEC realizará una revisión de los precios de la energía y su periodo de vigencia, los que serán aplicables únicamente para los casos antes señalados a partir de ese año y por un período de vigencia que el CONELEC lo definirá en esa fecha. Para la revisión de los precios y fijación del plazo de vigencia, indicados en el párrafo inmediato anterior, el CONELEC realizará el estudio correspondiente basado en referencias internacionales de este tipo de energías, la realidad de precios del mercado eléctrico ecuatoriano o cualquier otro procedimiento que estime conveniente.

2.1.12 Canales de Distribución.

La distribución de la energía eléctrica limpia obtenida del biogás generado por el relleno sanitario las iguanas ubicado en el km 14,5 vía a Daule en la ciudad de Guayaquil, va a ser distribuida por la Corporación Nacional de Electricidad (CNELEP), a un precio de

0,096 (cUSD/KWh) acorde a la resolución No. 017/12 dictada en el año 2012 por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

El proceso de distribución de la energía eléctrica obtenida a partir del Biogás será enviado a una subestación cercana al relleno sanitario que regulará los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica que luego es suministrada a las industrias y hogares más cercanos.

A continuación, en la figura N° 8 se muestra el proceso del biogás desde la recolección de desechos orgánicos, filtrado y bombeo, transformación del biogás en energía eléctrica y su distribución final hacia al mercado objetivo.

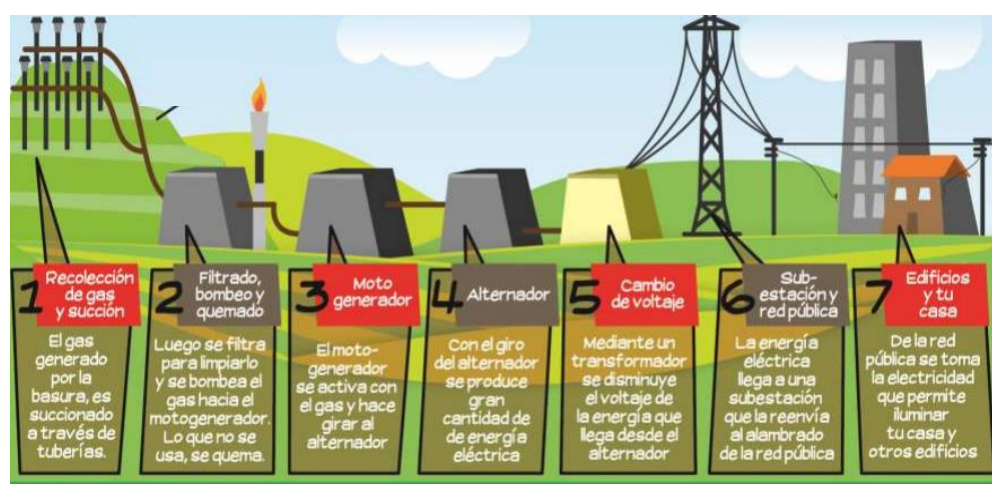


Figura N° 8 Proceso del Biogás en la Obtención y Distribución de Energía Eléctrica. Información tomada de (EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA EMAC), elaborado por el autor

2.2 Estudio Técnico

Un estudio técnico permite analizar sobre las diferentes opciones tecnológicas para producir un bien o un servicio que se requiera en el mercado. Además, que ayuda a determinar el tamaño de la planta de manera óptima, su localización, ingeniería del proyecto y por último sobre la organización y administración de la planta.

2.2.1 Determinación de tamaño de la planta.

Para determinar el tamaño de la planta basta con conocer algunas condiciones y/o variables que permitan determinar la capacidad de instalada del proyecto tales como la demanda, mano de obra, monto de inversión, capacidad de máquinas, distribución de equipos en la planta, etc.

Tabla N° 7 Estimación de Áreas para Planta

Descripción	Cantidad	Dimensiones		Área Requerida m2
		Largo	Ancho	
Anillo Perimetral (10m*3m)	1	10	3	30
Quemador (2m*2m)	2	4	4	16
Motor Generador Eléctrico de Bujía (1 MW) (2m*1m)	14	28	14	392
Caseta de Monitoreo (4m*4m)	1	4	4	16
Sopladores/Succionadora (10m*3m)	1	10	3	30
Tuberías de Alimentación de Quemador a Motor Generador Eléctrico (8m*8m)	1	8	8	64
Espacios (Camineras y distancias entre equipos)	1	20	20	400
Total		84	56	948

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

En la tabla se puede observar que se necesita de un área estimada de 948 m2, en donde estaría ubicada la planta de generación eléctrica. Para la disposición de equipos ver **Anexo N°7**.



Figura N° 9 Proceso de la Obtención de Biogás para la Generación de Energía Eléctrica. Información tomada de (Virano, 2011), elaborado por el autor

2.2.2 Localización.

Se refiere a localización a la ubicación de un objeto en una superficie mediante coordenadas geográficas. La localización de una planta permite visualizar de manera estratégica, económica política e institucional la factibilidad de dicha planta.

Una ubicación estratégica permite ser competitivos en menores precios, reducción de tiempos de transporte de materia prima y así mismo, reducción de tiempo de entrega de producto final a consumidor.

2.2.2.1 Orientación de la planta.

A nivel industrial las plantas se centran a la mejora continua de sus procesos, reducción de tiempos de transporte de materia prima y producto final, adopción de metodologías tales como justo time, automatización y estrategias de competencia que representen a un margen económico rentable.

Las plantas se orientan según a los insumos, procesos, producto y al mercado. La orientación óptima de la planta permite reducir o eliminar espacios más usados, reducción de distancias de flujo de operaciones, control de personal, control de operaciones, reducción de materiales, eficiente empleo del personal y tiempos productivos.

2.2.3 Ingeniería del proyecto.

La ingeniería de proyecto permite analizar y resolver todo aquello que se encuentre relacionado de forma directa e indirecta con la instalación y el pleno funcionamiento de la planta. Esto comprende desde la descripción de los procesos, la adquisición de maquinaria para la producción e incluso la parte legal y la estructura de la organización que tendrá la planta.

2.2.4 Diseño del producto.

Para obtener energía eléctrica limpia a partir del Biogás es necesario que la digestión anaeróbica se encuentre en condiciones tales como se muestran a continuación.

Tabla N° 8 Condiciones Ideales para la Digestión Anaeróbica

Parámetro	Hidrolisis/Acidificación	Formación de CH ₄
Temperatura (°C)	25,0 - 35,0	Mesófilo: 32,0 - 42,0
		Termófilo: 50,0 - 58,0
pH	5,2 - 6,3	6,7 - 7,5
Relación C: N	10,0 - 45,0	20,0 - 30,0
Contenido en solidos (%)	<40	<30

Potencial redox (mV)	300,0 - 400,0	<250
Demanda de Nutrientes C: N:P:S	500:15:5:3	600:15:5:3
Elementos traza	No existen requerimientos específicos	Micronutrientes esenciales: Ni, Co, Mo, Se.

Información tomada de (Ministerio de Medio Ambiente, 2010), elaborado por el autor

2.2.5 Diseño del proceso productivo.

2.2.5.1 Proceso de degradación de desechos orgánicos.

La degradación anaeróbica es un proceso por el cual los desechos orgánicos no tienen contacto alguno con el oxígeno, además que esta degradación genera una serie de gases que se conoce en general como Biogás. Para la extracción del biogás debe pasar inicialmente por una fase aerobia de entre 10 a 15 días que es el proceso de verter los desechos orgánicos, acumularlos y posteriormente compactarlos, luego debe de cumplir las siguientes fases las cuales son:

- La primera fase es la ausencia de oxígeno en los desechos orgánicos enterrados en el relleno. Esta fase dura entre 45 a 60 días.
- La segunda fase anaerobia consiste en la ausencia de metano y de oxígeno. Esta fase dura 2 años.
- La tercera fase anaeróbica es la más extensa y se la llama fase de estabilización y tiene una duración entre 10 a 30 años.

Como resultado de todas estas fases se obtiene el Biogás con un contenido de Metano (CH_4) entre 55 - 70% y Dióxido de carbono (CO_2) entre 30 – 45%, lo demás son trazas de otros gases como hidrogeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico.

2.2.5.2 Proceso de extracción del Biogas.

La acción extraer el biogás del relleno sanitario consiste en hacer perforaciones en la superficie del terreno, estas perforaciones van de acuerdo al nivel de profundidad que se encuentran ubicados los desechos orgánicos en el relleno. Según Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd. en 2007, que llevaron a cabo un estudio en el relleno sanitario Las Iguanas de la ciudad de Guayaquil, determino que el nivel de profundidad para extraer el biogas del relleno esta entre 20 a 25 mt. El medio para extraer el biogás del relleno es mediante tuberías, cuya tubería principal debe de tener un diámetro de 350 mm y que además debe de ser MDPE (Polietileno media densidad). El equipo empleado para la

extracción del biogas es una sopladora/succionadora, como su nombre lo indica succiona el biogas que se encuentra a más de 20 mt de profundidad mediante una red de tuberías.

2.2.5.1 Succionador de gas.

La succionadora permite extraer el gas que se encuentra en las profundidades del relleno sanitario entre 20 a 20 mt. La succionador envía el biogas obtenido del relleno a un filtro para su siguiente proceso.

2.2.5.2 Proceso de quemado de gases.

Este proceso consiste en quemar el excedente de gases mediante un proceso de alta eficiencia para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera. Además, que permite la eliminación sólidos y humedad a una temperatura de 1000 °C.

2.2.5.3 Separador ciclónico.

El succionador permite separar los gases, sólidos y humedad que se encuentran en la mezcla de biogas succionada del relleno sanitario. Al ser separadas por medio de otro conducto estas son eliminadas inmediatamente y enviadas al motor generador en condiciones de calidad y de cantidad del gas.

2.2.5.4 Motor generador.

El motor generador recibe el biogás por medio de tuberías sin presencia de algún tipo de solido o humedad. Este gas es quemado lo cual permite que exista combustión que impulse al movimiento de turbinas, las cuales generan energía eléctrica dependiendo de la capacidad del equipo y del suministro de biogas (m³/h).

2.2.5.5 Transformadores.

La función de los transformadores es de recibir la energía generada por los motores generadores y elevar su voltaje salida hacia la subestación.

2.2.6 Selección de maquinarias y equipos.

En la selección de equipos se toma en consideración aquellos que intervienen de forma directa en el proceso productivo de energía eléctrica a partir del biogas. Entre los equipos y/o elementos a continuación se muestran los siguientes:

Tabla N° 9 Identificación de Equipos y/o Elementos

Identificación de Equipos	
Prefijo	Descripción
AP	Anillo Perimetral
AQ	Antorchas de Quemado

MGE	Motor Generador Eléctrico
CC	Cárcamo de Condensado
SS	Sopladores/Succionadora
TA	Tuberías de Alimentación de Quemador a Motor Generador Eléctrico
C	Colector
CP	Cabezal de Pozo
EM	Equipo de Medición
V	Válvulas
T	Transformador
SC	Separador Ciclónico

Información tomada de investigación campo, elaborado por el autor

2.2.7 Organización y Administración.

En la organización y administración se encuentran inmersos los recursos que realizan la planeación de operaciones, organización de personal, delegación de funciones, dirección y control, etc.

La coordinación de operaciones, el uso óptimo de materia prima, de la correcta distribución de la planta orientada a la mejora continua, compromiso por parte de cada colaborador, hará que su participación en el mercado se competitiva.

2.2.7.1 Especialización.

Para obtener eficiencia en la organización y administración debe de ser ejecutadas por personas especialista y conocedoras del tema de funcionamiento de todas las actividades y/o operaciones de la organización.

2.2.7.2 Unidad de Mando.

La unidad de mando puede ser individual (Una sola persona da la dirección o directrices) o colectiva (Más de una persona es delegada la dirección), pero tiene un objetivo específico dar instrucciones sobre una operación en particular a una persona.

La administración se basará en sus operaciones mediante organigramas, manuales de procedimientos, manuales de operaciones y niveles jerárquicos de autoridad, cuya finalidad será de establecer las funciones delegadas, responsabilidades y obligaciones del personal que de alguna forma participe en la empresa. La creación de procedimiento garantiza de forma segura y continua la ejecución de trabajos sin interferir con los deberes, responsabilidades y obligaciones de cada colaborador.

2.2.7.3 Planes a mediano y corto plazo.

Los planes del proyecto a mediano plazo tienen como finalidad de empezar sus actividades con 13 personas distribuidas como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla N° 10 Personal Requerido Inicial del Proyecto

Número de funcionarios	Cargo	Principal Función	Modalidad de Contratación
1	Grte. General	Administrar, finanzas, recursos económicos	Tiempo Completo
1	Recepcionista	Atención al cliente, programación de visitas	Tiempo Completo
1	Analista de selección	Control y selección de personal	Tiempo Completo
4	Operarios	Encargados del proceso productivo	Tiempo Completo
1	Contador	Sistema contable	Tiempo Completo
1	Asistente Contable	Sistema contable	Tiempo Completo
1	Comercial	Coordinar con producción sobre costo de generación eléctrica	Tiempo Completo
1	Supervisor	Supervisión administrativa y operativa en general	Tiempo Completo
3	Mecánicos	Encargados del Mantenimiento de equipos y/o reparación	Tiempo Completo
2	Servicios Varios	Servicios Generales	Tiempo Completo

Información tomada de investigación campo, elaborado por el autor

A largo plazo se espera aumentar la capacidad de la planta y la contratación de personal, mediante la instalación de nuevos equipos tales como motor generador y succionadoras de biogás que permitan duplicar la capacidad de generación de energía eléctrica limpia. El organigrama de la organización permite visualizar las jerarquías de los mandos desde la gerencia general hasta los operadores de planta. (Ver **Anexo 7**)

2.2.7.4 Marco legal de la Empresa.

Se constituye como empresa al conjunto de recursos organizados, con la finalidad de generar por medio de un capital actividades de producción o el intercambio de bienes y servicios y cuya finalidad es satisfacer la demanda de un mercado. Para constituir una empresa debe de ser constituida legalmente por factores tales como:

- Número de socios
- Capital social
- Gastos de constitución de la empresa
- Trámites legales
- Obligaciones fiscales
- Obligaciones laborales

La ley de compañías en el Ecuador estipula que la constitución de la empresa puede ser:

- Sociedad anónima
- Sociedad de responsabilidad limitada.

Conforme a la SUPERCOM (Superintendencia de compañías) el trámite para realizar la constitución de una empresa anónima debe ser según (Ministerio de trabajo) dice

- 1. Se debe de decidir qué tipo de compañía se va a constituir**
- 2. Escoger y reservar el nombre de la empresa en la superintendencia de compañías.**
- 3. Apertura la cuenta de integración de capital en la institución bancaria de su elección (el monto para compañía limitada Cía. Ltda es 400 dólares y para Sociedad anónima S. A. es 800 dólares)**
- 4. Contrato o acto constitutivo y estatutos de la compañía que se trate, y elevar a escritura pública la constitución de la compañía (se puede realizar en cualquier notaría).**
- 5. Presentar en la Superintendencia de Compañías, la papeleta de la cuenta de integración del capital y 3 copias de la escritura pública con oficio del abogado**

- 6. Retirar resolución aprobatoria u oficio con correcciones a realizar en la Superintendencia de Compañías luego de esperar el tiempo establecido (48 horas)**
- 7. Publicar en un periódico de amplia circulación, los datos indicados por la Superintendencia de Compañías y adquirir 3 ejemplares del mismo**
- 8. Marginar las resoluciones para el Registro Mercantil en la misma notaría donde se elevó a escritura pública la constitución de la empresa**
- 9. Designar representante Legal y el administrador de la empresa, e inscribir en el Registro Mercantil el nombramiento de ellos**
- 10. Presentar en la Superintendencia de Compañías los documentos: Escritura inscrita en el registro civil, un ejemplar del periódico donde se publicó la creación de la empresa, copia de los nombramientos del representante legal y administrador, copia de la Cédula de Identidad de los mismos, formulario de RUC (Registro Único de Contribuyentes) cumplimentado y firmado por el representante**
- 11. Esperar a que la Superintendencia, una vez revisados los documentos le entregue el formulario del RUC, el cumplimiento de obligaciones y existencia legal, datos generales, nómina de accionistas y oficio al banco**
- 12. Entregar en el Servicio de Rentas Internas (SRI), toda la documentación anteriormente recibida de la Superintendencia de Compañías, para la obtención del RUC**
- 13. Así mismo, el empleador debe registrarse en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) aportando copia de RUC, copia de C.I., y papeleta de representante legal, copia de nombramiento del mismo, copia de contratos de trabajo legalizados en el Ministerio de Relaciones Laborales y copia de último pago de agua, luz o teléfono y afiliarse a sus trabajadores.**
- 14. Se debe obtener el permiso de funcionamiento emitido por el Municipio del domicilio, así como el permiso del Cuerpo de Bomberos.**

Capítulo III

Análisis Económico y Financiero

3.1 Análisis Económico y Financiero

3.1.1 Análisis Económico.

Con la ayuda de la Ingeniería conceptual se precisa la viabilidad técnica y económica del proyecto que es la base para la Ingeniería básica y de detalle. La Ingeniería conceptual permite analizar y estudiar el inicio del proyecto en lo que concierne lo siguiente:

- Capacidad de producción.
- Normativas legales y regulación.
- Descripción de procesos de fabricación.
- Descripción general de las instalaciones de la empresa.
- Elaboración de diagramas de bloques, distribución de planta, diagramas de flujos, diagramas de recorridos, diagramas de procesos, elaboración de planos de áreas, etc.
- Estimación de personal requerido por área.
- Estimación del área requerida para la planta
- Lista de maquinarias y equipos (Preliminar).
- Estimación económica de la inversión requerida.

Con la información obtenida de la ingeniería conceptual se determina la inversión requerida y los costos fijos, los gastos operativos de la planta, costo construcción de la planta, costos de maquinaria y equipos, etc.

3.1.2 Inversión.

La inversión es un proceso por el cual se desembolsa o se entrega cierta cantidad de recurso financiero, con la finalidad de crear, renovar, ampliar o mejorar la capacidad operativa de las instalaciones de la empresa u organización.

3.1.3 Inversión Inicial.

Dentro de la inversión inicial interviene el cálculo del presupuesto para la construcción de la planta, adquisición de máquinas y equipos, materiales, gastos de personal, asesoramiento profesional por instituciones que se dedican a este tipo de proyectos de generación de energía eléctrica, permisos de funcionamiento de la empresa y permisos ambientales.

3.1.1 Inversión fija.

La inversión fija incluye gastos tales como seguridad, equipos de oficinas, máquinas y equipos, instalaciones terreno, insumos etc. Son aquellos gastos que permanecen constantes durante todas las operaciones de la empresa y no son afectados si la producción aumenta o disminuye. A continuación, se muestra una tabla con la estimación de la inversión fija.

Tabla N° 11 Inversión Fija

Descripción	Total USD
Construcción	\$ 450.000,00
Máquinas y Equipos	\$ 15.842.808,00
Equipos y Mueble de oficina	\$ 45.975,00
Ingeniería y Administración	\$ 350.000,00
Otros Activos	\$ 800,00
Total	\$ 16.689.583,00

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Según el estudio que realizó Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd el relleno sanitario las Iguanas tiene una capacidad total para generar 14 MW de energía eléctrica limpia. A continuación, se detalla una tabla con el costo estimado de la inversión de los equipos de generación de energía eléctrica.

Tabla N° 12 Inversión Inicial del Equipo de Generación e Instalación

Descripción	Total USD
Sistema de Recolección de Gas (Anexo 9)	\$ 4.278.808,00
Planta Generadora de Energía Neta	\$ 7.280.000,00
Sistema de Evaporación de Lixiviado	\$ 3.780.000,00
Transformadores, interruptores y mediciones	\$ 504.000,00
Total	\$ 15.842.808,00

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Para el control de lixiviados es necesario disponer de un sistema de evaporación, que consiste en evaporar los residuos o fluidos líquidos de la descomposición de la basura, estos líquidos son transportados por medio de una red de tuberías que se encuentra por

debajo de la basura compactada en el relleno sanitario, estos fluidos llegan al sistema en e inmediatamente empieza el proceso de evaporación.

A continuación, se muestra una tabla con el costo del sistema de evaporación.

Tabla N° 13 Sistema De Evaporación De Lixiviados

Descripción	Capacidad	Costo USD
Sistema de Evaporación de Lixiviados	18,75 m3/h	\$ 3.780.000,00

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Ahora mediante la información obtenida se podrían estimar los valores totales para la construcción e instalación de la planta generadora de Biogás. A continuación, se muestra; en resumen, por tabla separadas, los valores de Ingeniería civil e instalación, máquinas y equipos, Ingeniería, herramientas y repuestos.

Tabla N° 14 Costo Total Estimado de Máquinas y Equipos

Descripción	Costo USD
Máquinas y Equipos	\$ 15.842.808,00

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

El costo total de máquinas y equipos para la generación de energía eléctrica es de \$ **15.842.808,00**.

Tabla N° 15 Resumen Ingeniería Civil e Instalación

Descripción	Total USD
Ingeniería Civil e Instalación de Motor de Bujía 1MW	\$ 250.000
Conexión de Red (Por planta)	\$ 200.000
Total	\$ 450.000

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

El costo por Ingeniería Civil y además de la instalación de los equipos para la generación de energía es de \$ **450.000**.

Lo que comprende la instalación de cada motor de bujía de 1MW en su lugar de operación, con su respectiva base de empotramiento del equipo y la conexión correspondiente para su alimentación.

Tabla N° 16 Resumen Ingeniería y Administración

Descripción	Total USD	
Ingeniería y Administración	\$	350.000
(Motor generador Bujía 10 MW)		
Total	\$	350.000

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

El costo por ingeniería y la administración del proyecto es de **\$ 350.000**. Para el amueblamiento de oficinas administrativas es necesario contar con ciertos equipos y muebles los cuales se detallan a continuación.

Tabla N° 17 Equipos y Muebles De Oficina

Descripción	Cantidad	Costo		Total
Suministro de oficinas	1	\$	500,00	\$ 500,00
(Papel de impresión, carpetas, bolígrafo, etc.)				
Muebles de oficina	1	\$	3.500,00	\$ 3.500,00
(Escritorio, mesas, sillas etc.)				
Aire acondicionado 24000 BTU	4	\$	1.050,00	\$ 4.200,00
Impresora Laser	1	\$	625,00	\$ 625,00
Vehículos	1	\$	25.000,00	\$ 25.000,00
Computador y programas	6	\$	2.000,00	\$ 12.000,00
Teléfonos	6	\$	25,00	\$ 150,00
Total				\$ 45.975,00

Información tomada de investigación campo, elaborado por el autor

Otros activos. – Este rubro toma en consideración aquellos activos intangibles como es el gasto de constitución de Compañía.

- El gasto para sociedad anónimas es de \$ 800,00
- Y para Compañías limitadas el monto es de \$ 400

Para el proyecto se toma como gasto \$ 800,00 por constitución de una sociedad anónima.

Tabla N° 18 Otros Activos

Descripción	USD
Gasto de Constitución de la Sociedad	\$ 800,00

Información tomada de (eltelegrafo, 2016), elaborado por el autor

3.1.2 Capital de operaciones.

En el capital de operaciones es la suma de todos aquellos recursos que de una forma directa o indirecta intervienen en el proceso productivo de la empresa como mano de obra directa, materiales directos, CIF (costos indirectos de fabricación), gastos de ventas y gastos administrativos.

Tabla N° 19 Capital De Operación

Descripción	Costo USD
Mano de Obra Directa	\$ 40.067
CIF (Costos Indirectos de Fabricación)	\$ 1.993.658
Gastos Administrativos	\$ 52.400
Gastos de Ventas	\$ 9.327
Total	\$ 2.095.452

Información tomada de investigación campo, elaborado por el autor

3.1.2.1 Mano de obra Directa.

En la tabla a continuación se muestra el costo que tiene la mano de obra directa en la operación de máquinas y equipos que intervienen en el proceso de producción de energía eléctrica limpia a partir del biogás. (Ver **Anexo N°10**)

3.1.2.2 CIF (Costos Indirectos de Fabricación) o Carga Fabril.

Los CIF representan la suma de los rubros de mano de obra indirecta, materiales indirectos, depreciación de máquinas y equipos, suministros mantenimiento y reparación, etc. Los cuales se muestran a continuación.

Tabla N° 20 CIF (Costos Indirectos de Fabricación)

Descripción	Costo
Mano de Obra Indirecta (Ver Anexo N° 11)	\$ 30.516
Depreciación	\$ 957.731
Reparación y Mantenimiento	\$ 835.998

Seguros	\$	100.000
Suministros de Fabrica	\$	69.413
Total	\$	1.993.658

Información tomada de (eltelegrafo, 2016), elaborado por el autor

La mano de obra indirecta. - Es el recurso humano que no interviene con el proceso de elaboración del producto (Generación de Energía Eléctrica Limpia a partir del Biogás). (Ver Anexo N°11)

Otros rubros. - Son aquellos conformados por la depreciación de maquinarias y equipos, seguros, mantenimiento y reparación. Para determinar la depreciación de maquinarias y equipos se aplica la formula a continuación.

$$\text{Depreciacion} = \frac{\text{Costo de Activos} - \text{Valor de Salvamento}}{\text{Vida Útil}}$$

Los valores de depreciación, reparación y mantenimiento se encuentran en el **Anexo 12** y **Anexo13**.

Tabla N° 21 Seguro de Máquinas y Equipos

Descripción	Costo
Seguro	\$ 100.000

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

El valor del seguro para cubrir cualquier problema en las máquinas y equipos de generación de energía eléctrica es de \$ 100.000.

Tabla N° 22 Suministros de Producción

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio USD	Total USD	Total USD Anual
Consumo de energía sistema de gas	KWh	70	\$ 0,0897	\$ 6,28	\$ 55.004,04
Consumo de energía de evaporador de	KWh	15	\$ 0,0897	\$ 1,35	\$ 11.786,58

lixiviados

Total de Consumo de \$ 66.790,62
Energía Anual

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

El valor del consumo de energía eléctrica importada para las máquinas y equipos se visualiza en el **Anexo 14**.

Otros suministros. - Son aquellos tales como equipo de protección personal, utensilio de limpieza, señalización, etc.

Tabla N° 23 Otros Suministros

Descripción	Cantidad	Precio USD	Total USD
Loberol de trabajo	12	\$ 20	\$ 240
Cascos Industriales	6	\$ 49	\$ 294
Gafas Industriales	12	\$ 5	\$ 60
Guantes Industriales	36	\$ 10	\$ 360
Botas industriales	6	\$ 35	\$ 210
Orejas 3M	6	\$ 25	\$ 150
Mascarillas de Filtro 3M	6	\$ 25	\$ 150
Filtro de Partículas	18	\$ 4	\$ 72
Señalizaciones (Área de peligro, área restringida, Ruido alto, Movimiento de carga, etc.)	20	\$ 3,5	\$ 70
Escobas	8	\$ 2	\$ 16
Botiquín de primeros auxilios	2	\$ 40	\$ 80
Cloro Líquido para limpieza (1 Galón/mes)	12	\$ 1,5	\$ 18
Trapeador	4	\$ 3,5	\$ 14
Guantes de limpieza	12	\$ 2,0	\$ 24

Cubo escurridor	2		\$	-
Mascarilla desechable	720	\$	1,2	\$ 864
Valor Total			\$	2.622

Información tomada de Investigación campo, elaborado por el autor

Suministros de la Planta. – Los suministros de la planta están conformados por los valores de los suministros de producción y los valores de otros suministros.

Tabla N° 24 *Suministros de Planta*

Descripción	Cantidad
Suministros de Producción	\$ 66.790,62
Otros Suministros	\$ 2.622
Total	\$ 69.412,62

Información tomada de investigación campo, elaborado por el autor

3.1.2.3 Gastos Administrativos.

Los gastos administrativos comprenden los salarios del personal de la administración tales como: gerente general, recepción, analista de selección, contador y de servicios generales. (Ver **Anexo N°15**)

3.1.2.4 Gastos de Ventas.

Son gastos relacionados con la venta y costeo del producto (Energía Eléctrica a partir del Biogás), en el cual se incluye el salario del personal comercial/ventas). A continuación, se detalla el gasto por el salario del personal comercial/ventas. (Ver **Anexo N°16**)

3.1.3 Inversión total.

La inversión total es la suma de los valores de inversión fija más los valores de capital de operación, los cuales se muestran a continuación.

Tabla N° 25 *Inversión Total*

Descripción	Sueldo	%
Inversión Fija	\$ 16.689.583,00	94,09%
Capital de Operación	\$ 1.047.726,22	5,91%
Total	\$ 17.737.309,22	100,00%

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007) e investigación de campo, elaborado por el autor

3.1.4 Financiamiento.

El financiamiento del proyecto es otorgado por la Corporación Financiera Nacional (CFN), por un crédito de activos fijos y sus valores se muestran a continuación.

- “Proyecto nuevo: hasta el 70%.
- Proyectos en marcha: hasta el 100%.
- Proyectos forestales en marcha: para adquisición de terreno: hasta el 70% de su valor.
- Proyectos de generación eléctrica: hasta el 80%”. (CFN, s.f.)

El presente proyecto está enfocado en la generación de energía eléctrica a partir del Biogás, generado por la descomposición de la basura, lo que corresponde a un crédito del 80% del valor de los activos fijos. El monto máximo de monto de financiamiento que otorga la CFN es de USD 25 millones hasta un plazo de 15 años en función del análisis del flujo de caja del proyecto. A continuación, se podrán apreciar los valores concernientes al financiamiento.

Tabla N° 26 *Financiamiento*

Descripción	Sueldo	%
Inversión Fija (80%)	\$ 13.351.666,40	75,27%
Capital de Propio	\$ 4.385.642,82	24,73%
Total	\$ 17.737.309,22	100,00%

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), (CFN, s.f.) e investigación de campo, elaborado por el autor

El financiamiento del proyecto es de \$ 13.351.666,40 lo que equivale a un 75,27 % del total de la inversión de todo el proyecto con una tasa de interés anual del 7,98 % en 60 pagos trimestrales (15 años). De acuerdo con el anexo 1 Tasa de interés y anexo 2 Simulación de crédito.

Con respecto al financiamiento del capital propio, tendrá 5 socios los cuales tendrán un aporte económico como se muestra en la tabla.

Tabla N° 27 *Aportaciones de Capital Propio*

Capital Propio	Financiamiento	Socios	Aportación
\$ 4.385.643	\$ 13.351.666,40	5	\$ 877.128,56

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), (CFN, s.f.) e investigación de campo, elaborado por el autor

Con el monto de \$ 877.128,56 de aportación de cada socio se cubre el capital propio requerido para el proyecto. Para determinar el monto de pago mensual a la Corporación Financiera Nacional, es necesario establecer los siguientes datos:

- Crédito solicitado (c) = \$ 13.351.666,40
- Interés Anual (I) = 7,98 %
- Interés Trimestral (i) = 1,9379 %
- Plazo de pagos (t) = 15 años
- Numero de pagos (n) = 60 pagos

$$Pago = \frac{C \times i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

$$Pago = \frac{\$ 13.351.666,40 \times 1,9379\%}{1 - (1 + 1,9379\%)^{-60}}$$

$$Pago = \$ 378.350,13$$

Los valores calculados de la amortización para el proyecto se visualizan en el **Anexo N° 17**. La empresa por concepto de interés pagara a la Corporación Financiera Nacional un total de \$ 9.349.341,47 en el lapso de 15 años. A continuación, se muestra los valores correspondientes de interés a pagar por año.

Tabla N° 28 Pago de Interés por Año

N° Cuota	Fechas de Pago	%
2018	\$ 258.746,59	3,19%
2019	\$ 1.011.354,42	12,46%
2020	\$ 971.291,14	11,97%
2021	\$ 928.030,81	11,43%
2022	\$ 881.318,31	10,86%
2023	\$ 830.878,15	10,24%
2024	\$ 776.412,86	9,57%
2025	\$ 717.601,24	8,84%
2026	\$ 807.112,73	9,94%
2027	\$ 567.542,36	6,99%

2028	\$	492.062,87	6,06%
2029	\$	410.560,13	5,06%
2030	\$	322.553,46	3,97%
2031	\$	227.523,87	2,80%
2032	\$	124.910,91	1,54%
2033	\$	21.441,62	0,26%
Total	\$	8.117.034,98	100,00%

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

En la tabla N° 28 se aprecia el total a pagar por interés de \$ 8.117.034,98 a la CFN.

3.1.5 Análisis de costos.

3.1.5.1 Costos de Producción.

Los costos de producción son aquellos que intervienen de forma directa con la producción y son la suma de los valores de: Mano de obra directa, materiales directos y los CIF (Costos indirectos de Fabricación) o carga fabril.

Tabla N° 29 Costo de Producción

Descripción	Costo Anual	%
	USD	
Mano de Obra Directa	\$ 40.067,01	1,97%
CIF (Costos Indirectos de Fabricación)	\$ 1.993.658,32	98,03%
Total	\$ 2.033.725,33	100,00%

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

El total de costos de producción son igual a \$ 2.033.725,33

3.1.5.2 Costo Unitario de Producción (CUP).

El costo unitario de producción representa el costo de una unidad producida, en este caso sería el costo por KWh. Para determinar el costo se utilizará la siguiente formula a continuación.

$$CUP = \frac{\text{Capital de Operaciones} + \text{Gasto Financiero anual}}{\text{Volumen de produccion}}$$

$$CUP = \frac{\$ 2.095.452,00 + \$ 119.603,54}{110.376.000,00 \text{ KWh}}$$

$$CUP = 0,02133 \$/KWh$$

El costo de producir un KWh es de \$ 0,02133, en condiciones que la planta esté operando a un 90% es decir con una generación de 110.376.000,00 KWh, el 10 % restante es por paros y mantenimiento de las máquinas y equipos.

3.1.5.3 Determinación del Precio de Venta.

El precio de venta para un solo producto se determina mediante el costo unitario de producción más un margen de utilidad. Para el proyecto de generación de energía eléctrica se toma 45 % como margen de Utilidad. Entonces el precio de venta queda así:

Precio de Venta = Costo Unitario + (Costo Unitario x Margen de Utilidad)

Precio de Venta = \$ 0,02133 + (\$ 0,02133 x 0,45)

Precio de Venta Obtenido = \$ 0,03093 kWh

Precio de Venta CONELEC = \$ 0,096 KWh

Si la empresa comercializa el KWh a \$ 0,03093 a una producción constante obtendría el siguiente ingreso.

Tabla N° 30 Ingreso anual con precio obtenido

Producción KW		\$/KWh	\$/KW anual
110.376.000,00	\$	0,03093	\$ 3.413.588,60119

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

En el caso que la empresa comercialice el KWh según el CONELEC - RESOLUCIÓN No. 017/12, a \$ 0,096 obtendría el siguiente ingreso.

Tabla N° 31 Ingreso Anual con precio según Conelec Resolución No. 017/12

Producción KW		\$/KWh	\$/KW anual
110.376.000,00	\$	0,096	\$ 10.596.096,00000

Información tomada de CONELEC - RESOLUCIÓN No. 017/12 e investigación de campo, elaborado por el autor

Con el precio de \$ 0,096 obtendría un ingreso de aproximadamente un \$ 10.596.096,00000 anualmente.

3.2 Evaluación económica

3.2.1 Punto de Equilibrio.

El punto de equilibrio representa la situación actual en la que se encuentra la empresa u organización y además permite visualizar la rentabilidad que tiene. Para el cálculo del

punto de equilibrio es necesario conocer los costos fijos totales, Ventas totales, costos totales y costos variables.

Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes o con mínimos niveles de variación dependiendo de la producción y los costos variables son aquellos que varían si la producción crece o decrece. A continuación, se muestra una tabla con los costos fijos y variables.

Tabla N° 32 Costos Fijo y Variables

Costos	Fijos	Variables
Mano de obra Directa		\$ 40.067,01
Mano de obra Indirecta		\$ 30.516,43
Reparación y Mantenimiento	\$ 835.998,25	
Seguros	\$ 100.000,00	
Suministros	\$ 69.412,62	
Depreciación	\$ 957.731,02	
Gastos Administrativos		\$ 52.400,22
Gastos de Ventas		\$ 9.326,90
Gasto Financiero (2018)	\$ 258.746,59	
Total	\$ 2.221.888,48	\$ 132.310,56

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007) e investigación de campo, elaborado por el autor

Con los datos obtenidos de costos fijos, variables y ventas se puede plantear una gráfica y visualizar en qué punto la empresa tendrá un margen de ganancia.

Para el precio de venta unitario se tomó el precio dispuesto por CONELEC para proyectos de generación energía eléctrica a partir del biogás según la resolución No. 017/12 es de 0,096 \$/KWh.

- Costos fijos Totales = \$ 2.221.888,48
- Costo Variables Totales = \$ 132.310,56
- Capacidad de Equipo de Generación Anual = 110.376.000,00 KWh
- Precio de Venta Unitario CONELEC = 0,096 \$/KWh
- Costo Variable Unitario = 0,002133 \$/KWh

$$\text{Costo Variable Unitario} = \frac{\text{Costo Variables Totales}}{\text{Total Producido (KWh)}}$$

$$\text{Costo Variable Unitario} = \frac{\$ 132.310,56}{110.376.000,00 \text{ KWh}}$$

$$\text{Costo Variable Unitario} = 0,002133 \$/\text{KWh}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costo Fijos Totales}}{\text{Precio de venta unitario} - \text{Costo variable Unitario}}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\$ 2.221.888,48}{0,096 \$ / \text{KWh} - 0,002133 \$ / \text{KWh}}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = 29.755.669,586 \text{ KWh}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = 29.755 \text{ MWh}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costo Fijos Totales}}{1 - \left(\frac{\text{Precio de venta unitario}}{\text{Costo variable Unitario}} \right)}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\$ 2.221.888,48}{1 - \left(\frac{0,096 \$/\text{KWh}}{0,002133 \$/\text{KWh}} \right)}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \$ 2.856.544,28$$

Los valores para el cálculo del punto de equilibrio se visualizan en el **Anexo N°17**.

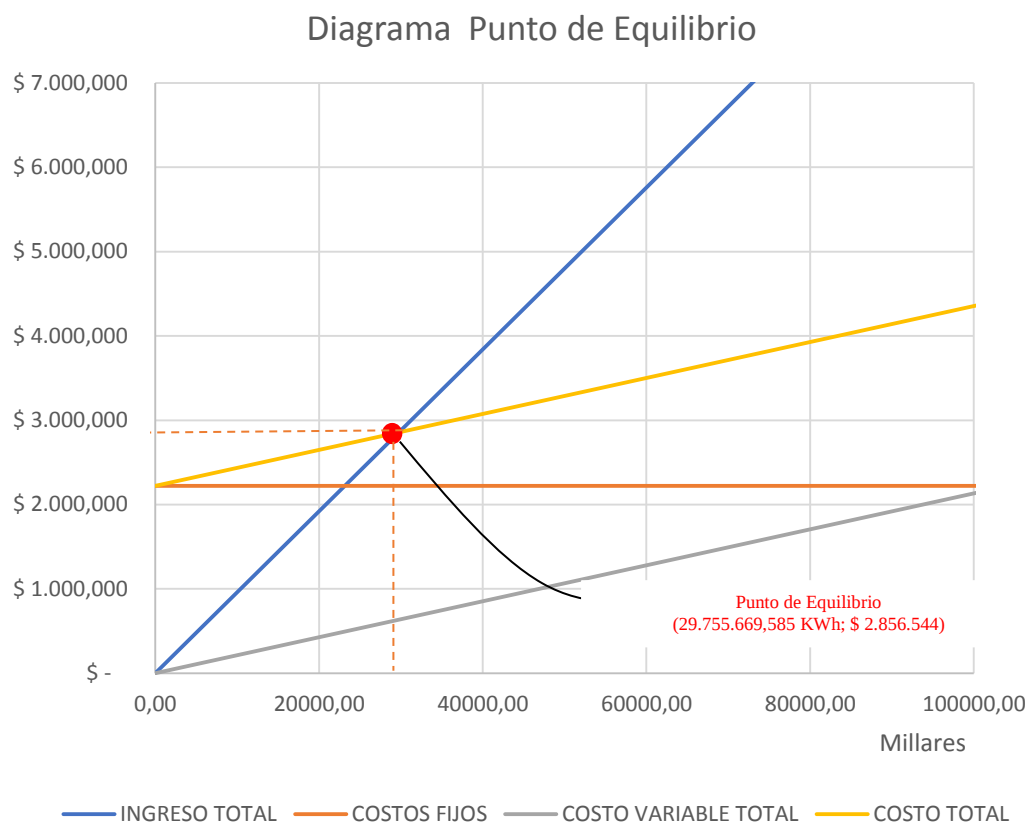


Figura N° 10 Diagrama Punto de Equilibrio. Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

El punto de equilibrio encontrado brinda un análisis muy importante, ya que a partir de este punto el proyecto generará ganancias.

3.2.2 Estado de Resultados.

Tabla N° 33 Estado de Resultados

Descripción	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos por Ventas	\$ 5.298.048	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096	\$ 10.596.096
Costos																
(-)Costos de Produccion	\$ 1.016.863	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725	\$ 2.033.725
Mano de Obra Directa	\$ 20.034	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067	\$ 40.067
Carga Fabril	\$ 996.829	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658	\$ 1.993.658
Utilidad Bruta	\$ 4.281.185	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371	\$ 8.562.371
Margen Bruto	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%	80,81%
(-)Gastos Administrativos	\$ 26.200	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400	\$ 52.400
(-)Gastos de Ventas	\$ 4.663	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327	\$ 9.327
Utilidad Operativa	\$ 4.250.322	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644	\$ 8.500.644
Margen Operativo	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%	80,22%
(-)Gastos Financieros	\$ 258.747	\$ 1.011.354	\$ 971.291	\$ 928.031	\$ 881.318	\$ 830.878	\$ 776.413	\$ 717.601	\$ 607.113	\$ 567.542	\$ 492.063	\$ 410.560	\$ 322.553	\$ 227.524	\$ 124.911	\$ 21.442
Utilidad Liquida	\$ 3.991.575	\$ 7.489.289	\$ 7.529.352	\$ 7.572.613	\$ 7.619.325	\$ 7.669.765	\$ 7.724.231	\$ 7.783.042	\$ 7.693.531	\$ 7.933.101	\$ 8.008.581	\$ 8.090.083	\$ 8.178.090	\$ 8.273.120	\$ 8.375.733	\$ 8.479.202
(-)Participacion de Trabajadores (1	\$ 598.736	\$ 1.123.393	\$ 1.129.403	\$ 1.135.892	\$ 1.142.899	\$ 1.150.465	\$ 1.158.635	\$ 1.167.456	\$ 1.154.030	\$ 1.189.965	\$ 1.201.287	\$ 1.213.513	\$ 1.226.714	\$ 1.240.968	\$ 1.256.360	\$ 1.271.880
Utilidad antes de Impuesto	\$ 3.392.839	\$ 6.365.896	\$ 6.399.950	\$ 6.436.721	\$ 6.476.426	\$ 6.519.301	\$ 6.565.596	\$ 6.615.586	\$ 6.539.501	\$ 6.743.136	\$ 6.807.294	\$ 6.876.571	\$ 6.951.377	\$ 7.032.152	\$ 7.119.373	\$ 7.207.322
(-)Impuesto a la Renta (25 %)	\$ 848.210	\$ 1.591.474	\$ 1.599.987	\$ 1.609.180	\$ 1.619.107	\$ 1.629.825	\$ 1.641.399	\$ 1.653.896	\$ 1.634.875	\$ 1.685.784	\$ 1.701.823	\$ 1.719.143	\$ 1.737.844	\$ 1.758.038	\$ 1.779.843	\$ 1.801.830
Utilidad Neta a Distribuir	\$ 2.544.629	\$ 4.774.422	\$ 4.799.962	\$ 4.827.541	\$ 4.857.320	\$ 4.889.475	\$ 4.924.197	\$ 4.961.689	\$ 4.904.626	\$ 5.057.352	\$ 5.105.470	\$ 5.157.428	\$ 5.213.532	\$ 5.274.114	\$ 5.339.530	\$ 5.405.491
Margen Neto a Distribuir	48,03%	45,06%	45,30%	45,56%	45,84%	46,14%	46,47%	46,83%	46,29%	47,73%	48,18%	48,67%	49,20%	49,77%	50,39%	51,01%

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

El estado de resultado o también conocido como estado de pérdidas o ganancias. El estado de resultado permite visualizar de manera muy detallada los ingresos, egresos y saldos de la empresa durante un periodo de tiempo.

En el estado de resultado se determinó los márgenes correspondientes a Margen Bruto, Margen Operativo y Margen Neto, los cuales permiten hacer un análisis rápido acerca de la factibilidad del proyecto, y los cuales se mencionan a continuación.

- Margen Bruto 2018: 80,81 %
- Margen Operativo 2018: 80,22 %
- Margen Neto 2018: 48,03 %

3.2.1 Evaluación financiera (TIR, VAN, VPN, Periodo de recuperación del capital).

Para la evaluación financiera es necesario el uso de indicadores tales como el TIR (Tasa Interna de Retorno), (VAN) Valor Actual Neto, el (PRI) Periodo de recuperación del capital y Índice de Rentabilidad que permiten analizar y dar seguimiento a la factibilidad del proyecto.

3.2.1.1 Flujo de Caja.

El flujo de caja permite analizar el movimiento del dinero neto que ingresa o sale de una empresa o en un proyecto específico y en un periodo determinado. Para el proyecto se tomó una tasa de descuento anual del 15%.

Tabla N° 34 Tasa Interna de Retorno

Descripción	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos por Ventas		\$ 5.298.048,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00	\$ 10.596.096,00
Inversion Total (Inversion Inicial+CO)	\$ 17.737.309,22																
Recurso de Socios	\$ 4.385.642,82																
Prestami Bancario	\$ 13.351.666,40																
Costos																	
Costos de Produccion		\$ 1.016.862,66	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33	\$ 2.033.725,33
Utilidad Bruta		\$ 4.281.185,34	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67	\$ 8.562.370,67
Gastos Administrativos		\$ 26.200,11	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22	\$ 52.400,22
Gastos de Ventas		\$ 4.663,45	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90	\$ 9.326,90
Utilidad Operativa		\$ 4.250.321,78	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55	\$ 8.500.643,55
Gastos Financieros		\$ 258.746,59	\$ 1.011.354,42	\$ 971.291,14	\$ 928.030,81	\$ 881.318,31	\$ 830.878,15	\$ 776.412,86	\$ 717.601,24	\$ 807.112,73	\$ 567.542,36	\$ 492.062,87	\$ 410.560,13	\$ 322.553,46	\$ 227.523,87	\$ 124.910,91	\$ 21.441,62
Utilidad Liquida		\$ 3.991.575,19	\$ 7.489.289,14	\$ 7.529.352,41	\$ 7.572.612,74	\$ 7.619.325,25	\$ 7.669.765,41	\$ 7.724.230,69	\$ 7.783.042,31	\$ 7.693.530,82	\$ 7.933.101,20	\$ 8.008.580,68	\$ 8.090.083,43	\$ 8.178.090,09	\$ 8.273.119,68	\$ 8.375.732,64	\$ 8.479.201,93
Participacion de Trabajadores (15%)		\$ 598.736,28	\$ 1.123.393,37	\$ 1.129.402,86	\$ 1.135.891,91	\$ 1.142.898,79	\$ 1.150.464,81	\$ 1.158.634,60	\$ 1.167.456,35	\$ 1.154.029,62	\$ 1.189.965,18	\$ 1.201.287,10	\$ 1.213.512,51	\$ 1.226.713,51	\$ 1.240.967,95	\$ 1.256.359,90	\$ 1.271.880,29
Utilidad antes de Impuesto		\$ 3.392.838,91	\$ 6.365.895,77	\$ 6.399.949,55	\$ 6.436.720,83	\$ 6.476.426,46	\$ 6.519.300,60	\$ 6.565.596,09	\$ 6.615.585,96	\$ 6.539.501,20	\$ 6.743.136,02	\$ 6.807.293,58	\$ 6.876.570,91	\$ 6.951.376,58	\$ 7.032.151,73	\$ 7.119.372,74	\$ 7.207.321,64
Impuesto a la Renta (25 %)		\$ 848.209,73	\$ 1.591.473,94	\$ 1.599.987,39	\$ 1.609.180,21	\$ 1.619.106,62	\$ 1.629.825,15	\$ 1.641.399,02	\$ 1.653.896,49	\$ 1.634.875,30	\$ 1.685.784,00	\$ 1.701.823,39	\$ 1.719.142,73	\$ 1.737.844,14	\$ 1.758.037,93	\$ 1.779.843,19	\$ 1.801.830,41
Utilidad Neta a Distribuir		\$ 2.544.629,18	\$ 4.774.421,82	\$ 4.799.962,16	\$ 4.827.540,62	\$ 4.857.319,85	\$ 4.889.475,45	\$ 4.924.197,07	\$ 4.961.689,47	\$ 4.904.625,90	\$ 5.057.352,01	\$ 5.105.470,18	\$ 5.157.428,18	\$ 5.213.532,43	\$ 5.274.113,80	\$ 5.339.529,56	\$ 5.405.491,23
Amortizacion del prestamo		\$ 119.603,54	\$ 502.046,11	\$ 542.109,39	\$ 585.369,71	\$ 632.082,22	\$ 682.522,38	\$ 736.987,66	\$ 795.799,28	\$ 1.084.637,92	\$ 945.858,17	\$ 1.021.337,65	\$ 1.102.840,40	\$ 1.190.847,06	\$ 1.285.876,65	\$ 1.388.489,61	\$ 735.258,64
Flujo de Caja Efectivo	\$ -17.737.309,22	\$ 2.425.025,64	\$ 4.272.375,72	\$ 4.257.852,78	\$ 4.242.170,91	\$ 4.225.237,63	\$ 4.206.953,07	\$ 4.187.209,40	\$ 4.165.890,19	\$ 3.819.987,98	\$ 4.111.493,84	\$ 4.084.132,53	\$ 4.054.587,79	\$ 4.022.685,37	\$ 3.988.237,14	\$ 3.951.039,95	\$ 5.248.641,19
Flujo de Caja Efectivo Acumulado	\$ -17.737.309,22	\$ -15.312.283,58	\$ -11.039.907,87	\$ -6.782.055,09	\$ -2.539.884,18	\$ 1.685.353,45	\$ 5.892.306,52	\$ 10.079.515,92	\$ 14.245.406,11	\$ 18.065.394,09	\$ 22.176.887,93	\$ 26.261.020,47	\$ 30.315.608,25	\$ 34.338.293,63	\$ 38.326.530,77	\$ 42.277.570,72	\$ 47.526.211,91
TIR (Tasa Interna de Retorno)	20,801%	FACTIBLE															
VAN (Valor Actual Neto)	\$ 23.421.538,19																
Tasa de Descuento VAN	15,000%																
Indice de Rentabilidad IR	1,320																

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Para los valores de ingresos por ventas, gastos administrativos, gastos de ventas y costos de producción en el 2018 se redujo a un 50% por motivos de que no se usa la capacidad total del relleno sanitario, lo que está dado por el aprendizaje, capacitación de personal administrativo y operativo, pruebas, ventas variables e inducciones.

3.2.1.2 Tasa interna de retorno.

La tasa interna de retorno es un indicador de rentabilidad de la inversión, permite además apreciar en porcentajes el beneficio o la pérdida que tendrá la inversión. Para determinar la tasa interna de retorno se debe aplicar la siguiente formula:

$$TIR = \frac{P}{(1 + i)^n}$$

Dónde:

- **P** = Valor de la Inversión Inicial del proyecto
- **F** = valor de flujos de cajas anuales
- **I** = Tasa Interna de Retorno
- **n** = Es el número de periodos o años

Tabla N° 35 Tasa Interna de Retorno

Años	n	P	F	i	P = F/(1+i)^n
2017	0	(\$ 17.737.309,22)			
2018	1		\$ 2.425.025,64	20,80%	\$ 2.007.454,01
2019	2		\$ 4.272.375,72	20,80%	\$ 2.927.709,46
2020	3		\$ 4.257.852,78	20,80%	\$ 2.415.340,98
2021	4		\$ 4.242.170,91	20,80%	\$ 1.992.072,95
2022	5		\$ 4.225.237,63	20,80%	\$ 1.642.470,15
2023	6		\$ 4.206.953,07	20,80%	\$ 1.353.765,00
2024	7		\$ 4.187.209,40	20,80%	\$ 1.115.397,24
2025	8		\$ 4.165.890,19	20,80%	\$ 918.632,85
2026	9		\$ 3.819.987,98	20,80%	\$ 697.309,24
2027	10		\$ 4.111.493,84	20,80%	\$ 621.287,10
2028	11		\$ 4.084.132,53	20,80%	\$ 510.883,40
2029	12		\$ 4.054.587,79	20,80%	\$ 419.853,66
2030	13		\$ 4.022.685,37	20,80%	\$ 344.823,27
2031	14		\$ 3.988.237,14	20,80%	\$ 283.002,81
2032	15		\$ 3.951.039,95	20,80%	\$ 232.086,81
2033	16		\$ 5.248.641,19	20,80%	\$ 255.220,29
Total					\$ 17.737.309,22

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Se observa que la inversión inicial es igual a la suma de los valores P.

$$\text{INVERSIÓN TOTAL} = \sum \text{VALORES P}$$

$$\$ 17.737.309,22 = \$ 17.737.309,22$$

3.2.1.3 Valor Actual Neto.

El valor actual neto permite actualizar los valores de pagos y cobros de un proyecto o una inversión, con la finalidad de conocer si es viable o si puede representar un margen de ganancia o pérdida.

Para el cálculo del valor actual neto se usa la siguiente formula a continuación.

$$VAN = \frac{P}{(1+i)^n}$$

Dónde:

- **P** = Valor de la Inversión Inicial del proyecto
- **F** = valor de flujos de cajas anuales
- **I** = Tasa de descuento establecida para la inversión 15 %
- **n** = Es el número de periodos o años

Tabla N° 36 Valor Actual Neto

Años	N	P	F	i	P = F/(1+i)^n
2017	0	(\$ 17.737.309,22)			
2018	1		\$ 2.425.025,64	15,00%	\$ 2.108.717,95
2019	2		\$ 4.272.375,72	15,00%	\$ 3.230.529,84
2020	3		\$ 4.257.852,78	15,00%	\$ 2.799.607,32
2021	4		\$ 4.242.170,91	15,00%	\$ 2.425.474,99
2022	5		\$ 4.225.237,63	15,00%	\$ 2.100.689,85
2023	6		\$ 4.206.953,07	15,00%	\$ 1.818.781,91
2024	7		\$ 4.187.209,40	15,00%	\$ 1.574.127,11
2025	8		\$ 4.165.890,19	15,00%	\$ 1.361.836,89
2026	9		\$ 3.819.987,98	15,00%	\$ 1.085.879,00
2027	10		\$ 4.111.493,84	15,00%	\$ 1.016.298,40
2028	11		\$ 4.084.132,53	15,00%	\$ 877.856,61
2029	12		\$ 4.054.587,79	15,00%	\$ 757.831,45
2030	13		\$ 4.022.685,37	15,00%	\$ 653.798,83
2031	14		\$ 3.988.237,14	15,00%	\$ 563.652,20
2032	15		\$ 3.951.039,95	15,00%	\$ 485.561,02
2033	16		\$ 5.248.641,19	15,00%	\$ 560.894,83
Total					\$ 23.421.538,19

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

El valor obtenido de VAN por medio de la herramienta Excel es de \$ 23.421.538,19 es igual a la suma de los valores P.

3.2.1.4 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

El PRI es un indicador que permite conocer el periodo de tiempo generalmente en años que se requiere para recuperar la inversión inicial de un proyecto.

A continuación, se muestra una tabla con el detalle de la inversión a recuperar.

Tabla N° 37 Periodo de Recuperación de la Inversión

Años	n	P	F	i	$P = F/(1+i)^n$	P (ACUMULADO)
2017	0	(\$ 17.737.309,22)				\$ 2.108.717,95
2018	1		\$ 2.425.025,64	15,00%	\$ 2.108.717,95	\$ 4.217.435,90
2019	2		\$ 4.272.375,72	15,00%	\$ 3.230.529,84	\$ 7.447.965,74
2020	3		\$ 4.257.852,78	15,00%	\$ 2.799.607,32	\$ 10.247.573,06
2021	4		\$ 4.242.170,91	15,00%	\$ 2.425.474,99	\$ 12.673.048,04
2022	5		\$ 4.225.237,63	15,00%	\$ 2.100.689,85	\$ 14.773.737,89
2023	6		\$ 4.206.953,07	15,00%	\$ 1.818.781,91	\$ 16.592.519,80
2024	7		\$ 4.187.209,40	15,00%	\$ 1.574.127,11	\$ 18.166.646,91
2025	8		\$ 4.165.890,19	15,00%	\$ 1.361.836,89	\$ 19.528.483,80
2026	9		\$ 3.819.987,98	15,00%	\$ 1.085.879,00	\$ 20.614.362,80
2027	10		\$ 4.111.493,84	15,00%	\$ 1.016.298,40	\$ 21.630.661,19
2028	11		\$ 4.084.132,53	15,00%	\$ 877.856,61	\$ 22.508.517,80
2029	12		\$ 4.054.587,79	15,00%	\$ 757.831,45	\$ 23.266.349,25
2030	13		\$ 4.022.685,37	15,00%	\$ 653.798,83	\$ 23.920.148,08
2031	14		\$ 3.988.237,14	15,00%	\$ 563.652,20	\$ 24.483.800,29
2032	15		\$ 3.951.039,95	15,00%	\$ 485.561,02	\$ 24.969.361,31
2033	16		\$ 5.248.641,19	15,00%	\$ 560.894,83	\$ 25.530.256,14

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

En la tabla N° 37 se puede observar que en el periodo o año 2024, séptimo año del proyecto, el valor acumulado de P es \$ 18.166.646,91 mayor a la inversión inicial de \$ 17.737.309,22 lo cual es aceptable. Es decir que para esta fecha ya se habrá recuperado la inversión inicial del proyecto.

3.2.1.5 Coeficiente Costo- Beneficio.

El coeficiente de Costo- Beneficio es un indicador que permite saber si el producto (Energía eléctrica) nos va a representar algún beneficio económico. Para determinar el coeficiente de Costo- Beneficio, es necesario realizar una relación entre las ventas totales sobre los costos totales (Costos Fijos + Costos Variables), lo cual queda de la siguiente forma:

$$\text{Coeficiente costo - Beneficio} = \frac{\text{Valores Actuales Totales}}{\text{Inversion Inicial}}$$

$$\text{Coeficiente costo – Beneficio} = \frac{\$ 23.421.538,19}{\$ 17.737.309,22}$$

$$\text{Coeficiente costo – Beneficio} = 1,32$$

El resultado obtenido del coeficiente Costo- Beneficio indica que por cada dólar invertido obtendremos \$ 0,32 de beneficio.

3.2.1.6 Resumen de Criterio Financieros.

A continuación, se resume los resultados obtenidos de los indicadores financieros tales como el **TIR**, **VAN** y **PRI**.

- Si el **TIR** es mayor que la tasa de descuento, entonces el proyecto es factible (**TIR > Tasa de Descuento**).
 - **TIR:** 20,80 % > 15 %. Es factible.
- Si el **VAN** es mayor que la inversión Inicial, entonces el proyecto es factible. (**VAN > Inversión Inicial**).
 - **VAN:** \$ 23.421.538,19 > **Inversión Inicial:** \$ 17.737.309,22 Es factible.
- Si el **VAN** es mayor a cero, entonces el proyecto es factible (**VAN > 0**)
 - **VAN:** \$ 23.421.538,19 > 0
- Si el **PRI** es menor a la vida útil de proyecto. Para este tipo de proyecto de generación de energía eléctrica mediante el uso del biogás hasta entre 15 a 20 años, dependiendo de la cantidad de desecho que se almacene.
 - **PRI:** 7 años < 20 años.
- Si el coeficiente de costo – beneficio es mayor a 1. Entonces el proyecto es factible.
 - **CCB:** 1,32 > 1

3.3 Conclusiones y Recomendaciones.

3.3.1 Conclusiones.

En la actualidad el 26,30 % de la energía generada en el Ecuador, proviene de fuentes no renovables lo que representa en 85.318.896,00 MWh al año. Con la generación de energía eléctrica a partir del biogás se estima reducir 1,421 % de energía proveniente de fuentes no renovables las cuales contaminan el medio ambiente.

Con la reducción del 1,421 % de energías no renovables, que representan al año 110376,00 MWh de energía eléctrica, se reduce un impacto de 73.434,25 toneladas de CO₂, permitiendo así la reducción de este gas contaminante hacia la atmósfera.

El biogas contiene entre un (55 % -70 %) de Metano que es un gas de efecto invernadero que contamina 21 veces más CO₂. Al usar el biogás como fuente de energía eléctrica se reduce la emisión de este gas en 1.542.119,39 Toneladas de Metano anualmente.

El uso de la capacidad del relleno sanitario las Iguanas en la generación de energía eléctrica (110376,00 MWh) enfocado en los diferentes sectores puede cubrir la demanda residencial en 1,512 %, comercial 2,87 %, industrial 2,24 % o alumbrado público 9,10 % del total de la demanda de energía eléctrica de la ciudad de Guayaquil.

3.4 Recomendaciones

- Se recomienda que se aproveche la capacidad 14 MW que tiene el relleno sanitario las Iguanas para la generación de energía eléctrica limpia, que contribuya a la reducción de emisiones de gases de efectos invernadero
- Se recomienda la inversión en fuentes renovables tales como la biomasa, eólica, biogás, etc. para la generación de electricidad y reducir de manera considerable el uso de fuentes de energías no renovables como las termoeléctricas, turbogás y turbovapor que representan un 26,3 % de la energía eléctrica actualmente generada.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Biogás. - El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico).

Energía Eléctrica. - Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

Energía Renovable. - Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la energía eólica, la geotérmica, la hidroeléctrica, la mareomotriz, la solar, la undimotriz, la biomasa, y los biocarburantes.

Metano. - Gas incoloro, inodoro y muy inflamable, más ligero que el aire, que en la naturaleza se produce por la descomposición de la materia orgánica, especialmente en los pantanos, y se desprende del gas del petróleo, del gas de las turberas, del grisú de las minas de carbón, etc.; se emplea como combustible y para producir cloruro de hidrógeno, amoníaco, acetileno y formaldehído.

Relleno Sanitario. - Es un método diseñado para la disposición final de la basura. Este método consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña.

Lixiviado. - En general se denomina lixiviado al líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.

Inversión. - Es un término económico, con varias acepciones relacionadas con el ahorro, la ubicación de capital, y la postergación del consumo. El término aparece en gestión empresarial, finanzas y en macroeconomía. El vocablo inversión lleva consigo

la idea de utilizar recursos con el objeto de alcanzar algún beneficio, bien sea económico, político, social, satisfacción personal, entre otros.

Financiamiento. - Es el acto de dotar de dinero y de crédito a una empresa, organización o individuo, es decir, esta es la contribución de dinero que se requiere para comenzar o concretar un proyecto, negocio o actividad

ANEXOS

Anexo N° 1 Bacterias que Participan en el Proceso de Fermentación durante las cuatro Fases.

Taxonomía	Especies	Descripción	Metabolismo
Género: Acetobakterium	A. woodii A. paludosum	El género Acetobacter comprenden un grupo de bacilos Gram negativos, móviles que realizan una oxidación incompleta de alcoholes, produciendo una acumulación de ácidos orgánicos como productos finales.	Reducen autotróficamente compuestos poliméricos, oligómeros, monómeros y CO ₂ , utilizando el hidrógeno como fuente de electrones. Estos microorganismos hacen posible la descomposición de los ácidos grasos y compuestos aromáticos.
Género: Eubacterium	E. rectale E. siraeum E. plautii E. cylindroides E. brachy E. desmolans E. callandrei E. limosum	El género Eubacterium consiste en un grupo de bacterias anaeróbicas obligadas Gram – positivas.	La mayoría de las Eubakteria sacarolí-ticas producen butirato como el principal producto de su metabolismo. Muchas especies son capaces de descomponer sustratos complejos a través de mecanismos especiales. Algunas especies se desarrollan autotróficamente, por lo tanto son capaces de cumplir funciones específicas en la descomposición anaeróbica.

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 2 Capacidad Estimada de Energía Eléctrica Sector A

Año	Promedio m3/hr Disponibile 50 %CH4	Capacidad en bruto KW	Capacidad Neta KW
2.007	4.847	9.081	8.626
2.008	4.482	8.397	7.977
2.009	4.150	7.775	7.386
2.010	3.845	7.204	6.843
2.011	3.566	6.681	6.346
2.012	3.311	6.203	5.892
2.013	3.075	5.761	5.472
2.014	2.859	5.356	5.088
2.015	2.661	4.985	4.735
2.016	2.477	4.640	4.408
2.017	2.309	4.326	4.109
2.018	2.152	4.032	3.830
2.019	2.007	3.760	3.572
2.020	1.874	3.511	3.335
2.021	1.750	3.278	3.114
2.022	1.635	3.063	2.909
2.023	1.529	2.864	2.720
2.024	1.430	2.679	2.545
2.025	1.339	2.508	2.382
2.026	1.253	2.347	2.229
2.027	1.173	2.197	2.087

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 3 Capacidad Estimada de Energía Eléctrica Sector C

Año	Promedio m3/hr Disponibile 50 %CH4	Capacidad en bruto KW	Capacidad Neta KW
2.007	2.091	3.917	3.721
2.008	1.921	3.599	3.419
2.009	1.768	3.312	3.146
2.010	1.630	3.053	2.900
2.011	1.504	2.817	2.676
2.012	1.389	2.602	2.471
2.013	1.285	2.407	2.286
2.014	1.190	2.229	2.117
2.015	1.103	2.066	1.962
2.016	1.024	1.918	1.822
2.017	950	1.779	1.690
2.018	882	1.652	1.569
2.019	820	1.536	1.459
2.020	763	1.429	1.357
2.021	711	1.332	1.265
2.022	662	1.240	1.178
2.023	618	1.157	1.099
2.024	576	1.079	1.025
2.025	537	1.006	955
2.026	502	940	893
2.027	469	878	834

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 4 Capacidad Estimada de Energía Eléctrica Sector D

Año	Promedio m3/hr Disponibile 50 %CH4	Capacidad en bruto KW	Capacidad Neta KW
2.007	123	230	218
2.008	424	794	754
2.009	710	1.330	1.263
2.010	983	1.841	1.748
2.011	2.492	4.669	4.435
2.012	2.997	5.615	5.334
2.013	3.486	6.531	6.204
2.014	3.962	7.423	7.051
2.015	4.426	8.292	7.877
2.016	4.880	9.143	8.685
2.017	5.328	9.982	9.482
2.018	5.770	10.810	10.269
2.019	6.208	11.631	11.049
2.020	6.546	12.264	11.650
2.021	6.794	12.729	12.092
2.022	12.487	23.395	22.225
2.023	11.487	21.522	20.445
2.024	10.578	19.819	18.828
2.025	9.749	18.265	17.351
2.026	8.993	16.849	16.006
2.027	8.303	15.556	14.778

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 5 Estimación De Ingresos de Desechos Al Relleno Sanitario Las Iguanas

Año	Ingreso Anual (Ton) Sector A	Ingreso Anual (Ton) Sector C	Ingreso Anual (Ton) Sector D	Ingreso de Desechos Total
1.995	561.089			561.089
1.996	580.727			580.727
1.997	601.052			601.052
1.998	622.089			622.089
1.999	643.862			643.862
2.000	666.397			666.397
2.001	689.721			689.721
2.002	713.862			713.862
2.003	738.847			738.847
2.004	382.353	382.353		764.706
2.005		691.801		691.801
2.006		625.846	156.461	782.307
2.007			850.000	850.000
2.008			879.750	879.750
2.009			910.541	910.541
2.010			942.410	942.410
2.011			975.395	975.395
2.012			1.009.533	1.009.533
2.013			1.044.867	1.044.867
2.014			1.081.437	1.081.437
2.015			1.119.288	1.119.288
2.016			1.158.463	1.158.463
2.017			1.199.009	1.199.009
2.018			1.240.974	1.240.974
2.019			1.284.408	1.284.408
2.020			1.329.363	1.329.363
Total	6.199.999	1.700.000	15.181.899	23.081.898

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

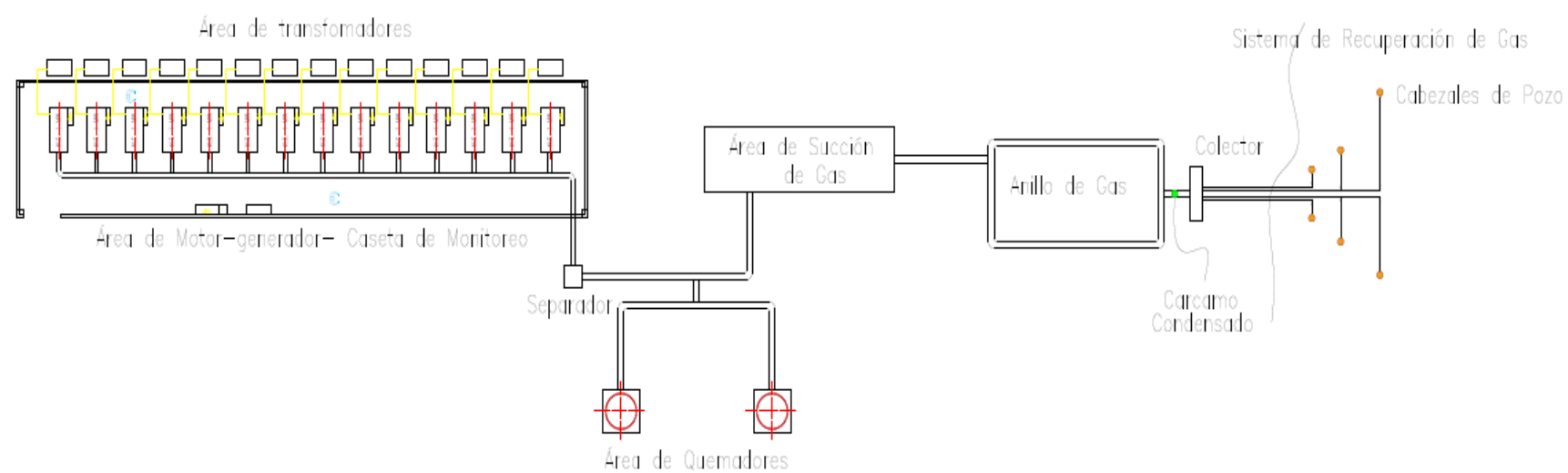
Anexo N° 6 Precio Preferentes Energías Renovables

Centrales	Precio	Precio
	(cUSD/KWh)	(cUSD/KWh)
	Territorio	Territorio
	Continental	Insular
		Galápagos
EÓLICAS	9,13	10,04
FOTOVOLTAICAS	40,03	44,03
SOLAR	31,02	34,12
TERMOELÉCTRICA		
CORRIENTES MARINAS	44,77	49,25
BIOMASA Y BIOGÁS < 5MW	11,05	12,16
BIOMASA Y BIOGÁS > 5MW	9,6	10,56
GEOTÉRMICAS	13,21	14,53

Información tomada de (CONELEC, 2012), elaborado por el autor

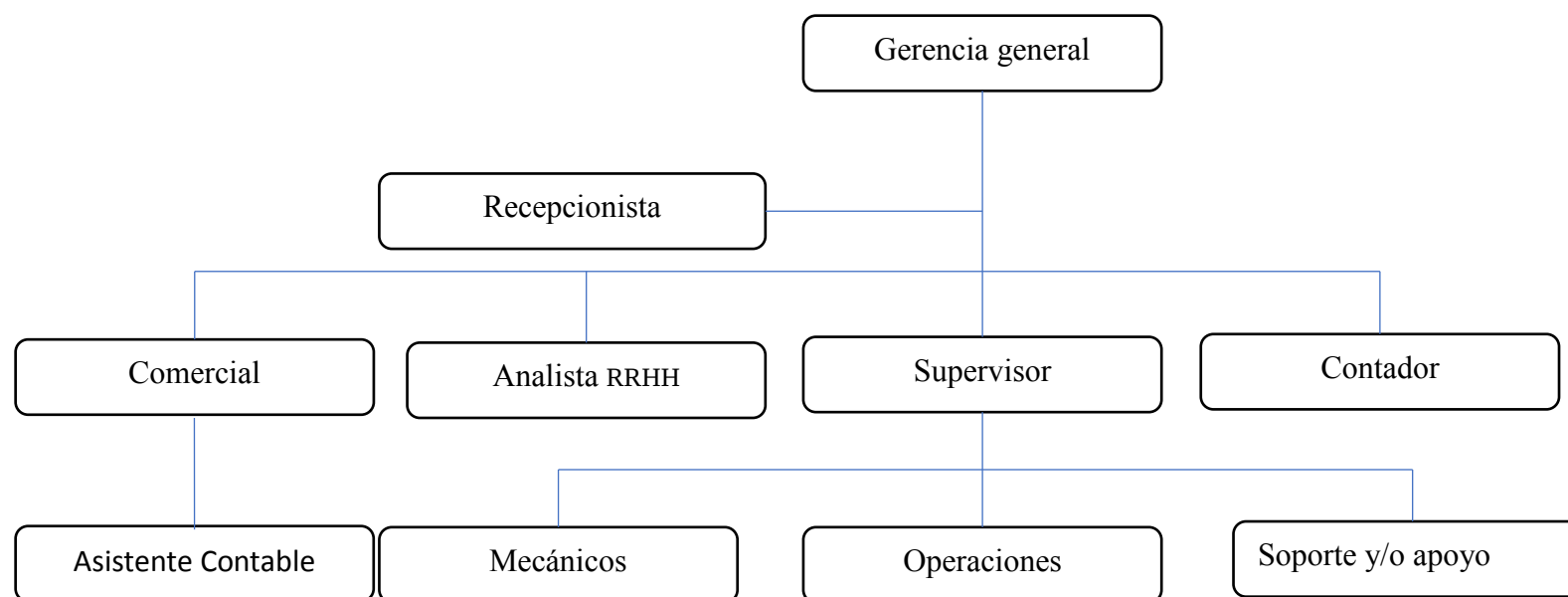
Anexo N° 7 Distribución de Máquinas y Equipos

Proceso de Obtención del Biogás
Para la Generación de Energía Eléctrica



Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Anexo N° 8 Organigrama Básico Inicial del Proyecto



Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Anexo N° 9 Inversión Inicial Obra Civil, Perforación e Instalación

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio USD	Total USD
Pozos				
Movilización de perforadora y remoción al completar		1	\$ 2.000	\$ 2.000
Establecerse en la ubicación	Unidad	202	\$ 75	\$ 15.150
Perforación 300 mm hoyos 0-10 m	Metro	2.020	\$ 100	\$ 202.000
Perforación 300 mm hoyos 10-20 m	Metro	2.020	\$ 100	\$ 202.000
Suministro e instalación de grava	Metro	4.040	\$ 55	\$ 222.200
Suministro e instalación de bentonita	Unidad	202	\$ 30	\$ 6.060
Conversión de chimeneas				
Costo de conversión	Unidad	105	\$ 250	\$ 26.250
Total de Pozos				\$ 675.660
Trabajos de tubería				
Cabezales	Unidad	307	\$ 195	\$ 59.865
Tubería de conexión de pozos	Metro	10.000	\$ 45	\$ 45.000
Tubería de superficie de 250 mm	Metro	3.500	\$ 55	\$ 192.500
Tubería de superficie de 350 mm	Metro	3.300	\$ 90	\$ 297.000
Sistema de línea de aire	Metro	16.800	\$	\$ 117.600
			7	
Sistema de línea de	Metro	16.800	\$ 15	\$ 252.000

retorno de lixiviado				
Cuota para acoples de tubería grande		1	\$ 50.000	\$ 50.000
Tragante de filtrado de agua en línea	Unidad	20	\$ 965	\$ 19.300
Tragante de bomba de agua en línea	Unidad	10	\$ 8.580	\$ 85.800
Cuota para excavación de tubería y cruce de camino		1	\$ 70.000	\$ 70.000
Cuota para mejora de camino		1	\$ 45.000	\$ 45.000
Total Trabajos de Tubería				\$ 1.234.065
Ingeniería Civil				
Fundición de concreto para bombas de gas y quemador	Unidad	2	\$ 9.750	\$ 19.500
Otros trabajos civiles	Unidad	10	\$ 15.600	\$ 156.000
Total Ingeniería Civil				\$ 175.500
Equipo de Quema				
Quemadores de gas de Alta Temperatura (4000 m3/hr)	Unidad	2	\$ 400.000	\$ 800.000
Equipo de Monitoreo	Unidad	3	\$ 17.550	\$ 52.650
Total de Equipo de Quema				\$ 852.650
Control de Lixiviado				
Bombas de Lixiviados		152	\$ 4.500	\$ 684.000
Estación de compresor de Aire		1	\$ 45.000	\$ 45.000
Total de control de Lixiviado				\$ 729.000
Costos de Instalación				
Entrega de equipo	Unidad	1	\$ 5.026	\$ 5.026
Grúa	Unidad	1	\$ 5.025	\$ 5.025

Total de Instalación			\$	10.051
Herramientas y Repuestos				
Inventarios de repuestos	1	\$	23.400	\$ 23.400
Herramientas	1	\$	19.500	\$ 19.500
Total de Repuestos			\$	42.900
Costos de Administración e Ingeniería				
Administración	1	\$	80.000	\$ 80.000
Ingeniería	1	\$	90.000	\$ 90.000
Total de Administración e ingeniería			\$	170.000
Total Contrato y Costos de Construcción			\$	3.889.826
% Contingencia de Costos de Construcción	Por ciento	10 %	\$	388.982
Total Sistema de Gas			\$	4.278.808
Costos de Instalación (con Bombeo de Lixiviado)				

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 10 Mano de Obra Directa

Descripción	Sueldo	Décimo Tercero	Décimo Cuarto	Vacaciones	IESS	IECE SECAP	Fondo de Reserva
Operador Técnico	\$ 590,68	\$ 49,22	\$ 49,22	\$ 24,61	\$65,86	\$ 5,91	\$ 49,22
Descripción	Pago por Colaborador	Cantidad	Valor Mensual		Valor Anual		
Operador Técnico	\$ 834,73	4	\$ 3.338,92		\$ 40.067,01		

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Anexo N° 11 Mano de Obra Indirecta

Descripción	Sueldo	Décimo Tercero	Décimo Cuarto	Vacaciones	IESS	IECE SECAP	Fondo de Reserva
Supervisor	\$ 618,17	\$ 51,51	\$ 51,51	\$ 25,76	\$ 68,93	\$ 6,18	\$ 51,51
Mecánico	\$ 590,68	\$ 9,22	\$ 49,22	\$ 24,61	\$ 65,86	\$ 5,91	\$ 49,22
Descripción	Pago por Colaborador	Cantidad	Valor Mensual		Valor Anual		
Supervisor	\$ 873,58	1	\$	873,58	\$ 10.482,93		
Mecánico	\$ 834,73	2	\$	1.669,46	\$ 20.033,50		
Valor Total			\$	2.543,04	\$ 30.516,43		

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Anexo N° 12 Depreciación, Reparación y Mantenimiento

Activos	Costos	Vida Útil (Años)	Valor Salvamento	Depreciación Anual	%	Reparación Y mantenimiento
Construcción Obra civil, perforaciones e instalación	\$ 2.335.225	20	\$ 116.761	\$ 110.923	7,00	\$ 163.466
Maquinarias y Equipos	\$7.141.650	10	\$ 357.083	\$ 678.457	5,00	\$ 357.083
Vehículo	\$ 50.000	5	\$ 2.500	\$ 9.500	5,00	\$ 2.500
	Valor Total			\$ 798.880		\$ 523.048

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 13 Impuestos y Depreciación

Descripción	
Equipo de Depreciación	10 % por año
Contrato de Reducción de Emisiones	10 años
Contratos de Energía	20 años
Impuestos	Antes del Impuesto
Disponibilidad del Sistema de Quema y Lixiviado	95%
Disponibilidad del Sistema de Motor/ Turbina	85%

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 14 Costo de Operación y Mantenimiento para Producción de Energía Eléctrica

Descripción	Total USD/Año
Trabajo, Sistema de Gas	\$ 200.000
Trabajo, Sistema de Generación	\$ 500.000
Trabajo, Sistema Evaporador Seguro	\$ 150.000
Sistema de Mantenimiento de Gas	\$ 100.000
Electricidad Importada	5 % de costo inicial por año
Consumo de energía sistema de gas	\$ 0,0897 KWh importado
Consumo de energía de generador (Parasito)	70 KW continuo
Consumo de energía de evaporador de lixiviados	5% de capacidad instalada
Costo de operación de sistema de gas	15 KWH/m3
Costo de operación de equipo de generación	5% de costo capital
Costo de operación de evaporador de lixiviados	0,0173/KWh exportado
Costos Misceláneos	\$ 2/m3
Inflación Anual	\$ 2 por hora operada
	3%

Información tomada de (Eastern Research Group & Carbon Trade, 2007), elaborado por el autor

Anexo N° 15 Gastos Administrativos

Descripción	Sueldo	Décimo Tercero	Décimo Cuarto	Vacaciones	IESS	IECE SECAP	Fondo de Reserva
Gerente General	\$ 1.200,00	\$100,00	\$100,00	\$50,00	\$133,80	\$12,00	\$100,00
Recepcionista	\$ 420,00	\$ 35,00	\$35,00	\$17,50	\$46,83	\$4,20	\$35,00
Analista de Selección de Personal	\$ 420,00	\$ 35,00	\$ 35,00	\$17,50	\$46,83	\$4,20	\$35,00
Contador	\$ 500,00	\$ 41,67	\$41,67	\$20,83	\$55,75	\$5,00	\$41,67
Asistente Contable	\$ 450,00	\$37,50	\$37,50	\$18,75	\$50,18	\$4,50	\$37,50
Servicios varios	\$ 386,00	\$ 32,17	\$32,17	\$16,08	\$43,04	\$3,86	\$32,17
Descripción	Pago por Colaborador	Cantidad	Valor Mensual		Valor Anual		
Gerente General	\$ 1.695,80	1	\$	1.695,80	\$	20.349,60	
Recepcionista	\$ 593,53	1	\$	593,53	\$	7.122,36	
Analista de Selección de Personal	\$ 593,53	1	\$	593,53	\$	7.122,36	
Contador	\$ 706,58	1	\$	706,58	\$	8.479,00	
Asistente Contable	\$ 635,93	1	\$	635,93	\$	7.631,10	
Servicios varios	\$ 545,48	1	\$	4.366,69	\$	52.400,00	

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Anexo N° 16 Gastos de Ventas							
Descripción	Sueldo	Décimo Tercero	Décimo Cuarto	Vacaciones	IESS	IECE SECAP	Fondo de Reserva
Comercial/ventas	\$ 550,00	\$ 45,83	\$45,83	\$ 22,92	\$ 61,33	\$ 5,50	\$ 45,83
Descripción	Pago por Colaborador	Cantidad	Valor Mensual		Valor Anual		
Comercial/ventas	\$ 777,24	1	\$ 777,24		\$ 9.326,90		

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Anexo N° 17 Amortización de Financiamiento

N° Cuota	Fechas de Pago	Valor de Cuota	Interes	Amortizacion	Saldo
0	12/08/2018				\$ 13.351.666,40
1	10/11/2018	\$ 378.350,13	\$ 258.746,59	\$ 119.603,54	\$ 13.232.062,86
2	08/02/2019	\$ 378.350,13	\$ 256.428,75	\$ 121.921,38	\$ 13.110.141,48
3	09/05/2019	\$ 378.350,13	\$ 254.065,99	\$ 124.284,14	\$ 12.985.857,34
4	07/08/2019	\$ 378.350,13	\$ 251.657,45	\$ 126.692,68	\$ 12.859.164,66
5	05/11/2019	\$ 378.350,13	\$ 249.202,23	\$ 129.147,90	\$ 12.730.016,75
6	03/02/2020	\$ 378.350,13	\$ 246.699,42	\$ 131.650,71	\$ 12.598.366,04
7	03/05/2020	\$ 378.350,13	\$ 244.148,12	\$ 134.202,01	\$ 12.464.164,03
8	01/08/2020	\$ 378.350,13	\$ 241.547,37	\$ 136.802,76	\$ 12.327.361,27
9	30/10/2020	\$ 378.350,13	\$ 238.896,22	\$ 139.453,91	\$ 12.187.907,37
10	28/01/2021	\$ 378.350,13	\$ 236.193,70	\$ 142.156,43	\$ 12.045.750,93
11	28/04/2021	\$ 378.350,13	\$ 233.438,80	\$ 144.911,33	\$ 11.900.839,60
12	27/07/2021	\$ 378.350,13	\$ 230.630,51	\$ 147.719,62	\$ 11.753.119,98
13	25/10/2021	\$ 378.350,13	\$ 227.767,80	\$ 150.582,33	\$ 11.602.537,65
14	23/01/2022	\$ 378.350,13	\$ 224.849,61	\$ 153.500,52	\$ 11.449.037,13
15	23/04/2022	\$ 378.350,13	\$ 221.874,87	\$ 156.475,26	\$ 11.292.561,88
16	22/07/2022	\$ 378.350,13	\$ 218.842,49	\$ 159.507,65	\$ 11.133.054,23
17	20/10/2022	\$ 378.350,13	\$ 215.751,33	\$ 162.598,80	\$ 10.970.455,43
18	18/01/2023	\$ 378.350,13	\$ 212.600,27	\$ 165.749,86	\$ 10.804.705,57
19	18/04/2023	\$ 378.350,13	\$ 209.388,15	\$ 168.961,98	\$ 10.635.743,59
20	17/07/2023	\$ 378.350,13	\$ 206.113,78	\$ 172.236,36	\$ 10.463.507,24
21	15/10/2023	\$ 378.350,13	\$ 202.775,95	\$ 175.574,18	\$ 10.287.933,05
22	13/01/2024	\$ 378.350,13	\$ 199.373,43	\$ 178.976,70	\$ 10.108.956,36
23	12/04/2024	\$ 378.350,13	\$ 195.904,98	\$ 182.445,15	\$ 9.926.511,21
24	11/07/2024	\$ 378.350,13	\$ 192.369,31	\$ 185.980,82	\$ 9.740.530,39
25	09/10/2024	\$ 378.350,13	\$ 188.765,13	\$ 189.585,00	\$ 9.550.945,39
26	07/01/2025	\$ 378.350,13	\$ 185.091,09	\$ 193.259,04	\$ 9.357.686,35
27	07/04/2025	\$ 378.350,13	\$ 181.345,86	\$ 197.004,27	\$ 9.160.682,08
28	06/07/2025	\$ 378.350,13	\$ 177.528,05	\$ 200.822,09	\$ 8.959.860,00
29	04/10/2025	\$ 378.350,13	\$ 173.636,24	\$ 204.713,89	\$ 8.755.146,11
30	02/01/2026	\$ 378.350,13	\$ 169.669,02	\$ 208.681,11	\$ 8.546.465,00
31	02/04/2026	\$ 378.350,13	\$ 165.624,92	\$ 212.725,21	\$ 8.333.739,79
32	01/07/2026	\$ 378.350,13	\$ 161.502,44	\$ 216.847,69	\$ 8.116.892,10
33	29/09/2026	\$ 378.350,13	\$ 157.300,08	\$ 221.050,05	\$ 7.895.842,05
34	28/12/2026	\$ 378.350,13	\$ 153.016,27	\$ 225.333,86	\$ 7.670.508,18
35	28/03/2027	\$ 378.350,13	\$ 148.649,45	\$ 229.700,68	\$ 7.440.807,50
36	26/06/2027	\$ 378.350,13	\$ 144.198,00	\$ 234.152,13	\$ 7.206.655,37
37	24/09/2027	\$ 378.350,13	\$ 139.660,28	\$ 238.689,85	\$ 6.967.965,52
38	23/12/2027	\$ 378.350,13	\$ 135.034,63	\$ 243.315,50	\$ 6.724.650,02
39	22/03/2028	\$ 378.350,13	\$ 130.319,33	\$ 248.030,80	\$ 6.476.619,22
40	20/06/2028	\$ 378.350,13	\$ 125.512,66	\$ 252.837,47	\$ 6.223.781,74
41	18/09/2028	\$ 378.350,13	\$ 120.612,83	\$ 257.737,30	\$ 5.966.044,44
42	17/12/2028	\$ 378.350,13	\$ 115.618,05	\$ 262.732,08	\$ 5.703.312,36
43	17/03/2029	\$ 378.350,13	\$ 110.526,47	\$ 267.823,66	\$ 5.435.488,71
44	15/06/2029	\$ 378.350,13	\$ 105.336,23	\$ 273.013,90	\$ 5.162.474,80
45	13/09/2029	\$ 378.350,13	\$ 100.045,40	\$ 278.304,74	\$ 4.884.170,07
46	12/12/2029	\$ 378.350,13	\$ 94.652,03	\$ 283.698,10	\$ 4.600.471,97
47	12/03/2030	\$ 378.350,13	\$ 89.154,15	\$ 289.195,98	\$ 4.311.275,98
48	10/06/2030	\$ 378.350,13	\$ 83.549,72	\$ 294.800,41	\$ 4.016.475,57
49	08/09/2030	\$ 378.350,13	\$ 77.836,68	\$ 300.513,45	\$ 3.715.962,12
50	07/12/2030	\$ 378.350,13	\$ 72.012,92	\$ 306.337,21	\$ 3.409.624,91
51	07/03/2031	\$ 378.350,13	\$ 66.076,31	\$ 312.273,82	\$ 3.097.351,08
52	05/06/2031	\$ 378.350,13	\$ 60.024,64	\$ 318.325,49	\$ 2.779.025,60
53	03/09/2031	\$ 378.350,13	\$ 53.855,70	\$ 324.494,43	\$ 2.454.531,17
54	02/12/2031	\$ 378.350,13	\$ 47.567,21	\$ 330.782,92	\$ 2.123.748,25
55	01/03/2032	\$ 378.350,13	\$ 41.156,86	\$ 337.193,27	\$ 1.786.554,98
56	30/05/2032	\$ 378.350,13	\$ 34.622,27	\$ 343.727,86	\$ 1.442.827,12
57	28/08/2032	\$ 378.350,13	\$ 27.961,05	\$ 350.389,08	\$ 1.092.438,04
58	26/11/2032	\$ 378.350,13	\$ 21.170,74	\$ 357.179,39	\$ 735.258,64
59	24/02/2033	\$ 378.350,13	\$ 14.248,83	\$ 364.101,30	\$ 371.157,34
60	25/05/2033	\$ 378.350,13	\$ 7.192,79	\$ 371.157,34	\$ 0,00
Totales		\$ 22.701.007,87	\$ 9.349.341,47	\$ 13.351.666,40	

Información tomada de investigación de campo, elaborado por el autor

Bibliografía

- ARCONEL. (2017). *AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LA ELECTRICIDAD*. Obtenido de ESTADÍSTICAS DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=3335&force=0>
- Arturo. (17 de Julio de 2014). *CreceNegocios*. Obtenido de El VAN y el TIR: <https://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>
- CFN, C. F. (s.f.). *Crédito Directo – Activo Fijo*. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/credito-directo-activo-fijo/>
- CONELEC. (2012). *RESOLUCIÓN No. 017/12*. Obtenido de RESOLUCIÓN No. 017/12: http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-RESOLUCION_017_12.pdf
- CONELEC, C. N. (2013). *PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN*. Obtenido de ESTUDIO Y GESTIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol2-Estudio-y-gestión-de-la-demanda-eléctrica.pdf>
- CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (20 de Octubre de 2008). Ecuador.
- CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (20 de Octubre de 2008). *CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/CONSTITUCI%C3%93N-DE-LA-REP%C3%9ABLICA-DEL-ECUADOR.pdf>

DUARTE, T., JIMENEZ ARIAS, R. E., & RUIZ TIBANÁ, M. (Agosto de 2007).
ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. Obtenido de
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4804214.pdf>

DUARTE, T., JIMENEZ ARIAS, R. E., & RUIZ TIBANÁ, M. (Agosto de 2007).
ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. Colombia,
Pereira.

Eastern Research Group, I., & Carbon Trade, L. (24 de Septiembre de 2007). Obtenido
de Estudio de Prefactibilidad del Potencial del Biogás:
<https://www.globalmethane.org/Data/LasIguanasPFStudy.Spanish.pdf>

El Telegrafo. (29 de Julio de 2017). Obtenido de Planta de biogás producirá energía
para 7.300 familias ecuatorianas:
[https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/planta-de-biogas-producira-
energia-para-7-300-familias-ecuatorianas](https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/planta-de-biogas-producira-energia-para-7-300-familias-ecuatorianas)

EL UNIVERSO. (08 de Abril de 2018). Obtenido de Hidroeléctricas también dejan
huella ecológica:
[https://www.eluniverso.com/noticias/2018/04/08/nota/6702670/hidroelectricas-
tambien-dejan-huella-ecologica](https://www.eluniverso.com/noticias/2018/04/08/nota/6702670/hidroelectricas-tambien-dejan-huella-ecologica)

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA EMAC. (s.f.).
EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA. Obtenido de
APROVECHAMIENTO DEL BIOGAS EN EL RELLENO SANITARIO
PACHACAY: [https://www.iner.gob.ec/wp-
content/uploads/downloads/2013/05/EMAC_Aprovechamiento-del-biogas-en-
el-relleno-sanitario-de-Pichacay_Galo_Vasquez.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/EMAC_Aprovechamiento-del-biogas-en-el-relleno-sanitario-de-Pichacay_Galo_Vasquez.pdf)

Energía Biogás. (2 de Junio de 2012). Obtenido de
<https://energiabiogas.wordpress.com/category/historia-biogas/>

Frank. (23 de 11 de 2015). *Francisco Torreblanca*. Obtenido de Qué es y para qué sirve un estudio de mercado: <https://franciscotorreblanca.es/que-es-y-para-que-sirve-un-estudio-de-mercado/>

Gómez, R. H., & Camazón, C. R. (23 de Noviembre de 2016). SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE INTEGRACIÓN DE BIOGÁS Y. *SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE INTEGRACIÓN DE BIOGÁS Y*. Valladolid, España.

GRUPO UCY MEXICO. (20 de Febrero de 2014). Obtenido de <http://ucymexico.com/2014/02/20/pequenas-historias-de-las-energias-renovables-biogas/>

Hernández, I. B. (11 de Diciembre de 2011). Clasificación de las inversiones. LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION. (10 de Septiembre de 2004). LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION. (10 de Septiembre de 2004). *LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. (10 de Septiembre de 2004). *Registro Oficial Suplemento # 418* .

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. (10 de Septiembre de 2004). *LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>

LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO. (30 de Diciembre de 2014).

LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO. (30 de Diciembre de 2014). *LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO*. Obtenido de

<https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Leyes-Conexas.pdf>

María Teresa Varnero Moreno. (2011). *Manual del Biogás*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente, M. R. (16 de Septiembre de 2010). *EL SECTOR DEL BIOGÁS AGRO INDUSTRIAL EN ESPAÑA*. Obtenido de https://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/DOCBIOGASVersion21-09-2010_tcm30-110139.pdf

Ministerio de trabajo, M. y. (s.f.). *Crear una empresa en Ecuador*. Obtenido de <http://www.empleo.gob.es/es/mundo/consejerias/ecuador/trabajar/contenidos/CrearEmpresa.htm>

Navarro, J. D. (7 de Septiembre de 2017). *ABCFinanzas.com*. Obtenido de Valor presente neto VPN: <https://www.abcfianzas.com/administracion-financiera/valor-presente-neto>

Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. (05 de Noviembre de 2009). Quito, Ecuador. Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf

Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. (05 de Noviembre de 2009). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013*. Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf

REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES. (23 de Agosto de 2001). *REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/REGLAMENTO-AMBIENTAL-PARA-ACTIVIDADES-ELECTRICAS.pdf>

- REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06.* (2006). Obtenido de PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS:
<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-PreciosRenovables4.pdf>
- REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06.* (2006). *REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06.* Obtenido de PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-PreciosRenovables4.pdf>
- Relleno Sanitario las Iguanas. (s.f.). *Relleno Sanitario las Iguanas.* Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/cursora_rsm/e/fulltext/iguanas.pdf
- Rico, J. (16 de Enero de 2013). *Energías Renovables El periodismo de las energías limpias* . Obtenido de Biogas: <https://www.energias-renovables.com/biogas/biogas-mundial-hasta-2016-notable-crecimiento-sin-20130116>
- Rodas, F. (08 de Febrero de 2012). *Contabilidad Puntual.* Obtenido de QUE ES EL CAPITAL DE TRABAJO: <https://contapuntual.wordpress.com/2012/02/08/que-es-el-capital-de-trabajo/>
- Virano, G. (28 de Septiembre de 2011). *SlideShare.* Obtenido de Gestión de residuos sólidos urbanos (TECSAN): <https://es.slideshare.net/cedha/presentacin-guillermo-virano>