



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL BIOGÁS  
PARA LA AVÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CAMPUS SALACHE”**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de

Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

**AUTOR:**

Tonato Sangucho Jessica Janeth

**TUTOR:**

Ing. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios

**LATACUNGA-ECUADOR**

2019

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, JESSICA JANETH TONATO SANGUCHO, declaro ser autora del presente proyecto de investigación; **“Generación de energía eléctrica a través del biogás para la avícola de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache”**, siendo el Ing. **Gabriel Napoleón Pesantez Palacios** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente proyecto de investigación, son de exclusiva responsabilidad.



Tonato Sangucho Jessica Janeth

C.I. 050375030-9



### AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL BIOGÁS PARA LA AVÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”**, de **TONATO SANGUCHO JESSICA JANETH**, de la carrera de **INGENIERIA ELÉCTRICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga 22 de julio del 2019

Tutor

Ing. MSc. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios

CC: 030189388-9

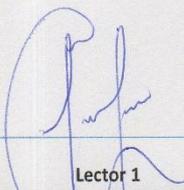
### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD** de Ciencias de ingeniería y aplicadas; por cuanto, la postulante **TONATO SANGUCHO JESSICA JANETH** con el título de Proyecto de titulación: **“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL BIOGÁS PARA LA AVÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

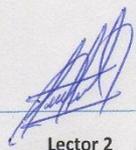
Latacunga 22 de julio del 2019

Para constancia firman:



---

Lector 1  
Nombre: Msc. Carlos Pacheco Mena  
CC: 050307290-2



---

Lector 2  
Nombre: Msc. Jimmy Toaza Iza  
CC: 171762106-2



---

Lector 3  
Nombre: Msc. Franklin Vásquez  
CC: 171043449-7

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios ya que con su bendición nos ha llenado de fortaleza y sabiduría y me ha permitido llegar a culminar una etapa más en mi vida.*

*A mis padres por brindarme su cariño y comprensión en todo momento, en especial a mi madre MARÍA SANGUCHO por estar siempre conmigo en buenos y malos momentos, por brindarme su apoyo incondicional y ser la fuente de inspiración para alcanzar las metas que me plante en mi vida, ya que gracias a ella soy esa persona sencilla y humilde que la gente conoce.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi quien me acogió para culminar mis estudios, quien día a día fue cimentando las bases para formarme como persona y profesional haciendo frente a los obstáculos que se presentan en la vida.*

*Un especial agradecimiento al Msc. Gabriel Pesantez por su valioso apoyo que ha permitido culminar con éxito el presente proyecto a mis maestros que con su rigor nos fundamentaron el conocimiento en especial al ingeniero Xavier Proaño quien tuvo paciencia para enseñarme su cátedra.*

*A mis dos amores Alex y Demian por haberme brindado su apoyo incondicional en todo momento, por soportar mi temperamento, por motivarme en los momentos más dificultosos de mi vida.*

*También doy gracias a mi familia abuelitos y tíos quienes me dieron fuerza y fortaleza para culminar con mis estudios y cumplir las metas que me propuse con éxito.*

*Jessica Tonato*

## **DEDICATORIA**

*La presente tesis la dedico principalmente a Dios por darme la fuerza y la sabiduría, para poder llegar a cumplir una etapa más en mi vida.*

*A mi madre MARIA SANGUCHO*

*Por ser el pilar fundamental en uno más de mis objetivos trazados, por su gran apoyo y motivación para la culminación de este proyecto, gracias por estar ahí siempre brindándome su amor incondicional.*

*A mi esposo ALEX*

*Por brindarme su amor y comprensión en todo momento, por apoyarme en las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, ya que siempre supo entenderme sin ningún reproche; a mi hijo DEMIAN que es la fuente de inspiración y motivación que me ayuda a luchar y salir triunfadora en todo momento.*

*A mis tíos y abuelos por los consejos y enseñanzas que me han brindado a lo largo de la vida; por estar siempre conmigo cuando más los he necesitado.*

*A mi amigo OSCAR que siempre estuvo a mi lado para ayudarme, escucharme y aconsejarme cada vez que lo necesitaba, sin importar hora ni distancia.*

*En si esta tesis se la dedico en general a todas aquellas personas que confiaron en mí y nunca dudaron de mis capacidades.*

*Jessica*

## INDICE DE CONTENIDO

### PORTADA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN;Error! Marcador no definido.	
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....;Error! Marcador no definido.	
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA .....	v
INDICE DE ILUSTRACIÓN.....	xi
INDICE DE TABLA .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....;Error! Marcador no definido.	
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS .....	3
4.1. Beneficiarios directos .....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	3
5.1. Situación problemática .....	3
5.2. Formulación del problema .....	3
6. OBJETIVOS .....	4
6.1. Objetivo General .....	4
6.2. Objetivos Específicos.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6

<b>8.1.</b>	<b>Antecedentes de la Investigación .....</b>	<b>6</b>
<b>8.2.</b>	<b>Bases teóricas .....</b>	<b>6</b>
<b>8.2.1.</b>	<b>Biogás .....</b>	<b>6</b>
<b>8.2.2.</b>	<b>Composición y característica del biogás .....</b>	<b>7</b>
<b>8.2.3.</b>	<b>Procesos de conversión de los residuos hasta obtener energía .....</b>	<b>7</b>
<b>8.2.4.</b>	<b>Beneficios del uso del biogás .....</b>	<b>7</b>
<b>8.2.5.</b>	<b>Obtención del biogás.....</b>	<b>8</b>
<b>8.3.</b>	<b>Principales factores que influyen la producción del biogás .....</b>	<b>8</b>
<b>8.3.1.</b>	<b>Ausencia de oxígeno .....</b>	<b>8</b>
<b>8.3.2.</b>	<b>Reducción de olores .....</b>	<b>9</b>
<b>8.4.</b>	<b>Proceso de producción de biogás a través de biomasa.....</b>	<b>9</b>
<b>8.4.1.</b>	<b>Clasificación de los procedimientos de la Biomasa.....</b>	<b>9</b>
<b>8.4.2.</b>	<b>Uso de la Biomasa como fuente de Energía .....</b>	<b>10</b>
<b>8.4.3.</b>	<b>Planta para obtener biogás a partir de biomasa.....</b>	<b>10</b>
<b>8.5.</b>	<b>Producción de biol.....</b>	<b>11</b>
<b>8.5.1.</b>	<b>Temperatura para el proceso.....</b>	<b>11</b>
<b>8.5.2.</b>	<b>Tiempo de retención hidráulica (TRH) .....</b>	<b>12</b>
<b>8.5.3.</b>	<b>Nivel de Acidez y alcalinidad (pH) .....</b>	<b>13</b>
<b>8.5.4.</b>	<b>Agitación – Mezclado.....</b>	<b>13</b>
<b>8.5.5.</b>	<b>Tiempo de Retención de la biomasa .....</b>	<b>13</b>
<b>8.6.</b>	<b>Biodigestores .....</b>	<b>13</b>
<b>8.6.1.</b>	<b>Partes del biodigestor .....</b>	<b>14</b>
<b>8.6.2.</b>	<b>Componentes más comunes en un biodigestor.....</b>	<b>14</b>
<b>8.6.3.</b>	<b>Condiciones para la biodigestión.....</b>	<b>15</b>
<b>8.6.4.</b>	<b>Tipos de biodigestores. ....</b>	<b>16</b>
<b>8.6.5.</b>	<b>Modelo de biodigestor .....</b>	<b>18</b>
<b>8.7.</b>	<b>Generación de energía eléctrica basada en biomasa.....</b>	<b>21</b>

8.7.1.	Aspectos de la Producción de Electricidad por Biogás .....	22
8.8.	Ciclos útiles para la utilización de biogás.....	23
8.8.1.	Ciclo Brayton.....	23
8.8.2.	Ciclo Rankine .....	24
8.8.3.	Ciclo Otto.....	25
8.9.	TIPOS DE GENERADORES .....	25
8.9.1.	Generadores a biogás.....	25
8.10.	Principales parámetros que influyen en la producción de biogás .....	27
8.10.1.	Tipo de Materia Prima .....	28
8.10.2.	Selección de la biomasa .....	28
8.10.3.	Característica de estiércol de cerdo.....	28
8.10.4.	Factor de producción del biogás.....	29
9.	HIPÓTESIS.....	29
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	30
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	31
11.1.	Ubicación geográfica .....	31
11.2.	Características generales del criadero de aves y cerdos del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	32
11.3.	Factores para determinar el volumen de estiércol .....	32
11.4.	Carga de mezcla diaria de entrada.....	33
11.5.	Producción de biogás (PB).....	35
11.6.	Generación de energía eléctrica a partir de biogás.....	36
11.7.	Análisis de carga.....	38
11.8.	Dimensionamiento de la mini planta de biogás .....	46
11.8.1.	Parámetros constructivos de la cúpula de fermentación .....	46
11.9.	Dimensionamiento del biodigestor en base a lo que se obtuvo.....	47
11.9.1.	Dimensionamiento del biodigestor según el ancho del rollo existente .....	48

11.9.2.	Almacenamiento o reservorio del biogás generado .....	51
11.9.3.	Dimensionamiento de los tanques de carga y descarga de los residuos ...	51
11.10.	Dimensionamiento del generador a biogás .....	53
11.11.	Dimensionamiento de los conductores .....	54
11.11.1.	Energía consumida por la carga .....	58
11.11.2.	Energía de la capacidad máxima de generación. ....	59
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, AMBIENTALES) .....	60
12.1.	Aspecto técnico .....	60
12.2.	Impacto Social .....	61
12.3.	Aspecto ambiental .....	61
13.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	61
13.1.	Análisis económicos.....	61
13.2.	Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión.....	63
13.3.	Relación beneficio/costo .....	63
13.4.	Período de recuperación de la inversión .....	64
13.5.	Resumen de resultados.....	64
14.	CONCLUSIONES .....	65
15.	RECOMENDACIONES .....	65
16.	BIBLIOGRAFÍA .....	66
	<b>ANEXO 1. Manual de construcción, operación y mantenimiento del biodigestor tubular.</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO 2. Detalle de costos directos y costos indirectos para análisis económico.....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO 3. Valores normalizados en cables A.W.G .....</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXO 4. Resultado de la modelación en DIALux .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO 5. Diagrama de intensidad polar de luminaria .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO 6. Diagrama de intensidad cartesiana.....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO 7. Tabla del factor de utilización .....</b>	<b>84</b>

<b>ANEXO 8. Diagrama de estimación cuantitativa .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 9. Tabla de calificación de deslumbramiento unificado.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 10. Diagrama UGR .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 11. Diagrama de haz .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 12. Diagrama visual de impacto .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 13. Tabla de iluminación.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 15. Avícola del campus Salache tomando en cuenta los 16 m de largo y 4m de ancho.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 16. Luminarias colgante de 87 W a utilizar .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 17. Avícola del campus Salache y su distribución en base a las luminarias..</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 18. Dimensionamiento de la zanja y sus cortes .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 19. Dimensionamiento de las cajas de entrada y salida .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO 20. Biodigestor y sus partes .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO 21. Biodigestor en el invernadero.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO 22. Biodigestor y sus cortes .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 23. Proceso a seguir para la generación de electricidad.....</b>	<b>98</b>
<b>ACRÓNIMOS .....</b>	<b>99</b>

## INDICE DE ILUSTRACIÓN

<b>Ilustración 1.</b> Procedencia de la Biomasa .....	10
<b>Ilustración 2.</b> Funcionamiento de una planta donde se obtiene biogás a partir de la biomasa, para posteriormente generar electricidad.....	11
<b>Ilustración 3.</b> Producción de biogás en función de temperatura. ....	12
<b>Ilustración 4.</b> Biodigestor Chino .....	19
<b>Ilustración 5.</b> Biodigestor Hindú.....	20
<b>Ilustración 6.</b> Sistema Batch o discontinuo.....	20
<b>Ilustración 7.</b> Digestor anaerobio tubular de polietileno 1. Digestor 2. Contenedor de biogás 3. Entrada.....	21
<b>Ilustración 8.</b> Motor de turbina de gas a ciclo abierto.....	24
<b>Ilustración 9.</b> Máquina de Vapor (ciclo de Rankine).....	24
<b>Ilustración 10.</b> Motor encendido por chispa de cuatro tiempos .....	25
<b>Ilustración 11.</b> Generador con motor para Biogás .....	26
<b>Ilustración 12.</b> Generador con motor Diésel adaptado.....	26
<b>Ilustración 13.</b> Generadores a gas con motor diésel.....	27
<b>Ilustración 14.</b> Vista satelital de la hacienda CEPESA .....	31
<b>Ilustración 15.</b> Lugar de investigación, criadero de cerdos de la facultad de Veterinaria .....	31
<b>Ilustración 16.</b> Corral de cerdos dentro del criadero.....	32
<b>Ilustración 17.</b> Curva de Carga .....	45
<b>Ilustración 18.</b> Esquema de diseño.....	46
<b>Ilustración 19.</b> Biodigestor tubular.....	51
<b>Ilustración 20.</b> Diseño de la zanja según sus dimensiones.....	72
<b>Ilustración 21.</b> Dimensiones del tanque de carga (cm) .....	73

## INDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Composición del biogás .....	7
<b>Tabla 2.</b> Valores de TRH para diferentes residuos animales.....	12
<b>Tabla 3.</b> Tiempo de retención según su la temperatura .....	13
<b>Tabla 4.</b> Tipos de gasómetro.....	15
<b>Tabla 5.</b> Equivalencias energéticas de biogás.....	22
<b>Tabla 6.</b> Productividad de biogás.....	23
<b>Tabla 7.</b> Producción de estiércol al día.....	28
<b>Tabla 8.</b> Factor de producción de biogás para biodigestores tipo banana .....	29
<b>Tabla 9.</b> Porción de estiércol y agua a mezclar .....	29
<b>Tabla 10.</b> Datos obtenidos por la porquinaza. ....	33
<b>Tabla 11.</b> Resumen de los cálculos de biogás requerido para la generación energética .....	36
<b>Tabla 12.</b> kW obtenido en base al biogás generado de los cerdos.....	37
<b>Tabla 13.</b> Análisis de la carga instalada en la avícola .....	38
<b>Tabla 14.</b> Volumen necesario de biogás .....	38
<b>Tabla 15.</b> Potencia usada por horas .....	39
<b>Tabla 16.</b> Análisis de carga producida con los cerdos vs carga requerida en la avícola .....	45
<b>Tabla 17.</b> Parámetros geométricos según el ancho de rollo del Polietileno tubular.....	48
<b>Tabla 18.</b> Sección eficaz según el ancho del rollo.....	49
<b>Tabla 19.</b> Longitud del biodigestor.....	49
<b>Tabla 20.</b> Longitud del biodigestor.....	50
<b>Tabla 21.</b> Parámetros geométricos según el ancho de rollo del Polietileno tubular. ....	50
<b>Tabla 22.</b> Parámetros constructivos para el biodigestor .....	52
<b>Tabla 23.</b> Descripción general de los generadores .....	53
<b>Tabla 24.</b> Cable # 14 para saber cuál es el adecuado.....	55
<b>Tabla 25.</b> Cable # 12 para saber cuál es el adecuado.....	56
<b>Tabla 26.</b> Cable # 16 para saber cuál es el adecuado.....	57
<b>Tabla 27.</b> Capacidad de generación establecida .....	60
<b>Tabla 28.</b> Costos directos para la inversión en el proyecto .....	61
<b>Tabla 29.</b> Costos indirectos para la inversión en el proyecto .....	62
<b>Tabla 30.</b> Costos totales para la inversión en el proyecto .....	62
<b>Tabla 31.</b> Costo de los kWh según su tensión. ....	62

<b>Tabla 32.</b> Resumen de los resultados.....	64
<b>Tabla 33.</b> Reglas básicas de seguridad .....	77
<b>Tabla 34.</b> Costo de materiales para construcción de biodigestor y demás elementos a implementar para la salida del biogás hasta el generador .....	79
<b>Tabla 35.</b> Costo de materiales para instalación eléctrica.....	80
<b>Tabla 36.</b> Costo elementos para el invernadero.....	81
<b>Tabla 37.</b> Costos Varios.....	81

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “Generación de energía eléctrica a través del biogás para la avícola de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache”.

**Autor:**

Tonato Sangucho Jessica Janeth

#### RESUMEN

El propósito de este proyecto de tesis es el estudio de nuevas fuentes energéticas que nos permitan una generación eléctrica más limpia y amigable con el medio ambiente, en este ámbito se puede considerar el aprovechamiento del biogás obtenido a partir de la biomasa residual húmeda (estiércol de cerdo) que se genera en la granja porcina ubicada en la ciudad de Latacunga, campus Salache.

El criadero porcino cuenta con un total de 15 cerdos que generan diariamente una producción de estiércol de 23,5 kg/día de excretas y una producción de biogás de  $1.196 \text{ m}^3 \frac{\text{biogas}}{\text{día}}$ , por ello, se pretende diseñar una mini planta que permita tratar las excretas de cerdos, generados en el campus Salache y del mismo modo permita obtener energía eléctrica, con el fin de abaratar costos energéticos.

Este proyecto se ejecutó con fin de evaluar el recurso y dimensionar un sistema de generación que permita suministrar parte de la energía eléctrica a la avícola del campus Salache, de tal modo que en base a los cálculos realizados se obtiene un total de 2.631 kwh/día.

Además se realizó una guía de diseño para la producción de biogás mediante un biodigestor tubular en donde se determina también los cálculos básicos para establecer el tamaño de la zanja y elementos necesarios para operar el biodigestor.

Se analizó la carga instalada para la estimación de la demanda de la avícola y se obtuvo que se va necesitar un generador de 800 W para poder suministrando parte de la energía eléctrica de la avícola.

**Palabras clave:** Excretas, Biodigestor, Biogás, Energía, Biol, dimensionamiento, diseño.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED ACADEMIC UNIT**  
**Faculty of Engineering and Applied Science**  
**ELECTROMECHANICAL ENGINEERING MAJOR**

**Theme:** Generation of electrical energy through biogas for poultry from the Technical University of Cotopaxi in the Salache Campus.

**Author:** Tonato Sangucho Jessica Janeth

**ABSTRACT**

The purpose of this thesis project is the study of new energy sources that allow us a generation more clean and friendly to the environment, this area can consider the use of biogas obtained from the residual biomass moist (pig manure) that generates in the pig farm, it locates in the city of Latacunga, in Salache. The pig farm has a total of 15 pigs that generate a daily manure production of 23.5 kg per day of excreta and biogas production of biogas 1.198 m<sup>3</sup> per day, therefore, the aim is to design a small plant that will allow treatment of hog manure generated in The Salache Campus and in the same way to obtain electric power, in order to reduce energy costs. This project was carried out in order to assess the resource and sizing a system of generation to provide part of the electrical power in the UTC's poultry, in such a way that based on the calculations obtained a total of 2.635 kwh per day. Besides, conducted a design guide for the production of biogas through a tubular biodigester system where also determines the necessary calculations to establish the size of the ditch and elements necessary to operate the biodigester. We analyzed the installed load for the estimation of demand for poultry and granted will need a generator of power 800 W for providing part of the electrical energy of the poultry.

**Keywords:** Excreta, biodigester, biogas, electricity, Biol, sizing, design.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

### ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal **CERTIFICO** que: la traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS, TONATO SANGUCHO JESSICA JANETH**, cuyo título versa **“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL BIOGÁS PARA LA AVÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE.”**, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Julio de 2019

Atentamente

Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza.

**CENTRO DE IDIOMAS**

**ID: 0910821669**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título:**

Generación de energía eléctrica a través del biogás para la avícola de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

**Fecha de inicio:** Marzo 2018

**Fecha de finalización:** Agosto 2019

**Lugar de ejecución:** Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi-Universidad técnica de Cotopaxi-campus Salache.

**Facultad:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera:** Ingeniería eléctrica en sistemas eléctricos de potencia

**Proyecto de investigación vinculado:**

Energías alternativas renovables

**Equipo de trabajo**

**Tutor del Proyecto Investigación:**

- Nombre: Ing. MSc. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios
- Celular: 0998596423
- Correo electrónico: gabriel.pesantes3889@utc.edu.ec

**Coordinadores del proyecto:**

- Nombre: Tonato Sangucho Jessica Janeth
- Celular: 0987348055
- Correo electrónico: jessica.tonato9@utc.edu.ec

**Area del conocimiento:** Energías alternativas

**Linea de investigacion:** Explotación y uso racional de la energía eléctrica.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:** Eficiencia energética y desarrollo sostenible.

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

En este proyecto de investigación se analizó la carga instalada en la avícola; con el fin de desarrollar una metodología que permita evaluar la factibilidad técnico económico del proyecto y saber la cantidad de producción de biogás diaria que se va a obtener.

Se pretende fundamentalmente realizar el diseño y evaluación del recurso para la implementación de una mini planta de tratamiento de excrementos porcinos existentes en el criadero, permitiendo dimensionar un sistema de generación que permita suministrar parte de la energía eléctrica a la avícola del campus Salache.

El biogás producido en el biodigestor (0,849 m<sup>3</sup>/día), y con un contenido energético equivalente a 1 kWh/día, se utiliza como combustible, fundamentalmente, para satisfacer el 30% de las necesidades eléctricas existentes en el criadero de (3.388 kWh/día); utilizando un generador eléctrico que permita introducir biogás en vez de gasolina para su respectivo funcionamiento.

En función de lo antes mencionado se ha visto la necesidad de aprovechar los excrementos de cerdos para obtener biocombustibles como es el biogás y de ser posible abaratar costos energéticos en la panilla eléctrica.

Para dar cumplimiento a dicho objetivo se diseñó, una mini planta, que está formada, fundamentalmente, por una caja de mezcla, el biodigestor, un caja de descarga y otro de lodos, un filtro para la eliminación del sulfuro de hidrógeno que contiene el biogás generado, el reservorio de biogás, y el sistema de generación eléctrica.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La ejecución del presente proyecto de investigación, justifica significativamente el aprovechamiento y tratamiento, mediante la digestión anaerobia (proceso que permite que los microorganismos permitan descomponer material biodegradable en ausencia de oxígeno), de los desechos sólidos generados por los animales para la obtención de energía eléctrica y abono, de una manera más económica, técnica y amigable para el ambiente.

Con esto como objetivo se pretende analizar la viabilidad técnica para la producción de energía eléctrica, que se pretende obtener a partir de la biomasa residual.

Además se considerará la cantidad de biogás que se puede conseguir a partir de los recursos primario que se genera diariamente, es decir en función del número y tipo de animales de granja que se dispongan y se determinarán las características técnicas y financieras.

La importancia de diseñar un biodigestor radica en la posibilidad de suministrar parte de la energía eléctrica a la avícola de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache, que está ubicado en la Provincia de Cotopaxi.

Tomando en cuenta que este proyecto es de carácter significativo, ya que se pretende para abaratar costos de consumo eléctrico y concientizar a las personas en la adopción de nuevas fuentes, así como también establecer precedentes de aprovechamiento del biogás en la región.

#### **4. BENEFICIARIOS**

Los beneficiarios de la generación de energía eléctrica a partir del biogás son:

##### **4.1. Beneficiarios directos**

Beneficiarios Directos: Avícola del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Beneficiarios Indirectos: Personal del Área de veterinaria

#### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACION**

##### **5.1. Situación problemática**

Los actuales niveles de biomasa existentes en la hacienda de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache presentan un problema biológico además de una estética desagradable en el área y el desaprovechamiento de dicha biomasa que puede ser transformada en biocombustibles como es el biogás que a su vez puede ser direccionado a la generación de electricidad y permitir suministrar parte de la energía a la avícola.

##### **5.2. Formulación del problema**

¿Cómo se podría dimensionar un sistema de generación para la avícola del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante un análisis de potencial de biomasa?

## 6. OBJETIVOS

### 6.1. Objetivo General

Dimensionar un sistema de generación eléctrica a través de un biodigestor que permita suministrar energía a la avícola de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

### 6.2. Objetivos Específicos

- ✓ Indagar una investigación bibliográfica que permita determinar el uso de los excrementos de cerdos para la producción de biogás.
- ✓ Analizar la carga instalada para la estimación de la demanda de acuerdo al proceso horario de alimentación de las gallinas.
- ✓ Estudiar la factibilidad técnica del proyecto.
- ✓ Diseñar el sistema de generación eléctrica que permita la utilización del biogás generado en la avícola de del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVO	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Indagar una investigación bibliográfica que permita determinar el uso de los excrementos de cerdos para la producción de biogás.	Recopilación de información con respecto a generación eléctrica con biogás en proyectos de energía limpia.	Información necesaria para usar en el diseño del biodigestor de excrementos de cerdos para la producción de biogás.	Documentos, tesis, Sitios Web, Empresas Azucareras y demás artículos relacionados con la generación de biogás a través de excrementos.

<p>Analizar la carga instalada para la estimación de la demanda de acuerdo al proceso horario de alimentación de las gallinas.</p>	<p>Recopilación de información de las características y potencia de los elementos eléctricos que se usan en la avícola en un día común de cuidado de las gallinas.</p>	<p>Determinación de la carga instalada para la estimación de la demanda de la avícola.</p>	<p>Tabla de consumo eléctrico de los aparatos instalados y en funcionamiento.</p>
<p>Estudiar la factibilidad técnica del proyecto.</p>	<p>Estipulación de la viabilidad mediante los costos de producción de energía</p>	<p>Resultado de los análisis de costos técnicos y económicos más relevantes y recomendables.</p>	<p>Tablas en Excel</p>
<p>Diseñar el sistema de generación eléctrica que permita la utilización del biogás generado en la avícola de del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.</p>	<p>Identificación del nivel de producción diaria y mensual de excretas de porcinos.  Estimación del biogás producido por las excretas porcinas.  Análisis de cargas de la avícola del campus Salache.  Diseño del biodigestor y sistema de generación eléctrica.</p>	<p>Determinación de la generación eléctrica por biogás.</p>	<p>Tablas en Excel</p>

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Antecedentes de la Investigación**

En el trabajo de " Basurto Cusme Carlos Antonio y Corrales Molina Jonatan Gabriel "; Latacunga 2017(1) se elaboró un estudio con el tema **“Diseño y construcción de un biodigestor para la generación de energía térmica y demostración de generación de energía eléctrica en el criadero porcino la bonita”** dicha investigación tiene como objetivo “Implementar una mini planta para el tratamiento de las excretas porcinas, la generación de biogás para satisfacer las necesidades térmicas, demostración eléctrica y disminuir la contaminación ambiental en el criadero porcino “La Bonita”.” Los pequeños proyectos de biomasa son una alternativa para el desarrollo de la población en áreas rurales, nuestro proyecto busca incentivar la utilización de las excretas de porcinos como una fuente de generación de biogás y al mismo tiempo convertirla en energía eléctrica.

En el trabajo de "Garzón Cují Marco Vinicio", Ambato 2011(2), se elaboró un estudio con el tema **“Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”** La energía por biomasa se genera utilizando la energía a partir del biogás; tomando en cuenta que la planta de biogás suministra energía y abono, mejora las condiciones higiénicas y no daña el medio ambiente, es una fuente de energía moderna que en el caso de las viviendas rurales, pueden ser montada en el lugar donde se consumirá la energía, evitando los extensos y caros tendidos eléctricos rurales, es renovable y con un mínimo mantenimiento. No se necesita un alto grado de capacitación para operarla”

### **8.2. Bases teóricas**

#### **8.2.1. Biogás**

El biogás es un gas combustible y su principal componente es el metano el cual se genera en medios naturales o en otros dispositivos específicos por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos, las bacterias y otros factores en ausencia de aire. El biogás con su alto contenido de metano es una fuente de energía que puede usarse para cocinar, iluminar, generar calor y electricidad [1].

Además  $1 \text{ m}^3$  de biogás equivale a  $3 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^3$ , todo esto dependiendo del porcentaje de metano existente en el gas. El biogás es una mezcla de gases, principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ) y

dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que se forma cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, es decir en condiciones anaeróbicas [2].

### 8.2.2. Composición y característica del biogás

El biogás como mezcla está constituida por metano ( $CH_4$ ), en una proporción que oscila entre un 60% a un 65% y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno [3].

**Tabla 1.** Composición del biogás

Componentes	Formula Química	Porcentaje
Metano	$CH_4$	55-80
Dióxido de carbono	$CO_2$	20 -45
Hidrogeno	$H_2$	1
Nitrógeno	$N_2$	0,5
Monóxido de carbono	$CO$	0,1
Oxigeno	$O_2$	0,1
Ácido sulfhídrico	$H_2S$	0,1
Agua	$H_2O$	0,05

**Fuente:** [4]

El biogás que se produce naturalmente por la fermentación de la materia orgánica tiene un alto valor energético que permite producir  $CH_4$ , la composición del biogás se indica en la Tabla 1 [4].

### 8.2.3. Procesos de conversión de los residuos hasta obtener energía

Los desechos orgánicos son utilizables, principalmente, mediante transformaciones químicas, debido a que son conocidas las aplicaciones en digestores anaerobios para desechos orgánicos.

La producción de biogás procedente de los residuos sólidos urbanos, tomando en cuenta que desde el biodigestor se puede obtener algunos beneficios entre otros factores.

### 8.2.4. Beneficios del uso del biogás

La producción del Biogás tiene grandes beneficios tanto a los usuarios, a la sociedad como al medio ambiente. A continuación se mencionan los beneficios más significativos:

- a) Producción de energía: calor, luz, electricidad.

- b) Transforma los excrementos de cerdos, en fertilizantes de alta calidad.
- c) Beneficios macro-económicos, a través de la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental [1].

### **8.2.5. Obtención del biogás**

Los procesos que hoy en día se utilizan para el desarrollo del biogás son los procesos de biodigestión: digestión aeróbica, digestión anaeróbica [6].

#### **a) Digestión aeróbica**

Proceso que se realiza a la materia orgánica mediante la utilización de bacterias y protozoos pero sin que se pueda utilizar el biogás generado en este proceso ya que su concentración de  $CH_4$  es baja para la utilización de manera energética [6].

#### **b) Digestión anaeróbica**

Es un proceso biológico complejo a diferencia de la digestión aeróbica. El proceso anaeróbico utiliza principalmente los residuos animales y vegetales que son convertidos en biogás, con la ayuda de bacterias que son sensibles en presencia de  $O_2$ , en este proceso la energía disponible es aprovechada y transformada en  $CH_4$  en más del 90% y el 10% restante es consumido en el crecimiento bacteriano [6].

### **8.3. Principales factores que influyen la producción del biogás**

Entre los factores más importantes a tenerse en cuenta para el proceso metanogénicas en el que cada grupo de bacterias intervinientes responde a diferentes cambios en las etapas del proceso de producción de gas [7]:

#### **8.3.1. Ausencia de oxígeno**

El contenido de oxígeno debe ser inferior a 3-5% para que el oxígeno dentro del biodigestor sobrepasa los valores mencionados, se entiende que tenemos un espacio por donde está ingresando oxígeno y se impediría la producción de biogás, la clave de una buena producción de biogás es la correcta proliferación bacteriana y la ausencia de oxígeno estas dos son unas de las principales claves dentro de este proceso.[7].

### 8.3.2. Reducción de olores

Los sistemas de biogás reducen los olores ofensivos especialmente en aquellas zonas donde se producen y manejan grandes cantidades de estiércol debido a la explotación de ganado. Los sistemas de biogás reducen estos olores debido a que los ácidos orgánicos volátiles que causan los compuestos generadores de olor son consumidos por las bacterias productoras de ganado porcino y de aves [8].

- Fertilizante de alta calidad
- Reducción de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas
- Reducción de patógenos

### 8.4. Proceso de producción de biogás a través de biomasa

La producción de biogás comienza seleccionando una fuente adecuado de biomasa, la cual es la materia prima que va a sufrir un proceso de descomposición de forma anaeróbica para posteriormente producir biogás [9].

Para la producción de biogás en la actualidad existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser usadas como: estiércol y orina animal [9].

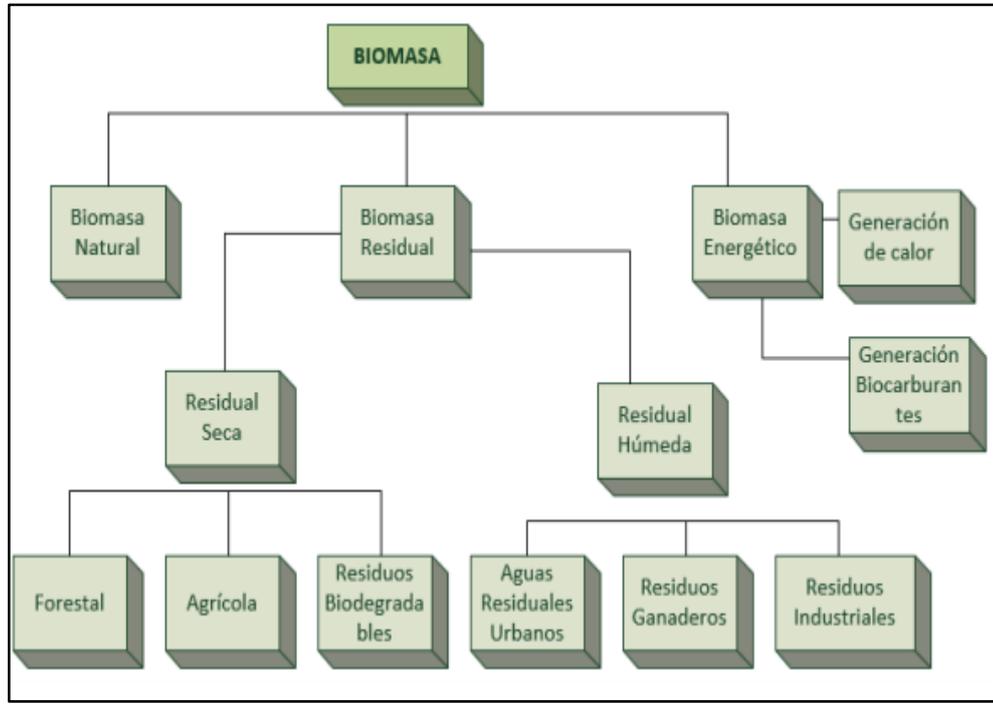
#### 8.4.1. Clasificación de los procedimientos de la Biomasa.

La Biomasa puede clasificarse de muy diversas formas, sin embargo, la más sencilla y clara es la que considera sus características de obtención y humedad, de tal forma que se puede establecer que los tipos de biomasa pueden ser [10]:

- a) **Biomasa natural.-** Es aquella que se produce sin intervención humana y no involucra ningún proceso que intervenga para su obtención; es decir, en ecosistemas naturales [10].
- b) **Biomasa residual seca.-** Procede de recursos generados en las actividades agrícolas, forestales. También se produce este tipo de Biomasa por Residuos Urbanos, en procesos de la industria agroalimentaria y de la industria de transformación de la madera. Dentro de este tipo de biomasa, se puede diferenciar la de origen forestal y la de origen agrícola [11].
- c) **Biomasa residual húmeda.-** Procede de vertidos biodegradables formados por aguas residuales urbanas e industriales y también de los residuos ganaderos [11].

De los tipos de biomasa que se han descrito, se presenta un esquema generalizado en la ilustración 1.

**Ilustración 1.** Procedencia de la Biomasa



**Fuente:** [10]

#### **8.4.2. Uso de la Biomasa como fuente de Energía**

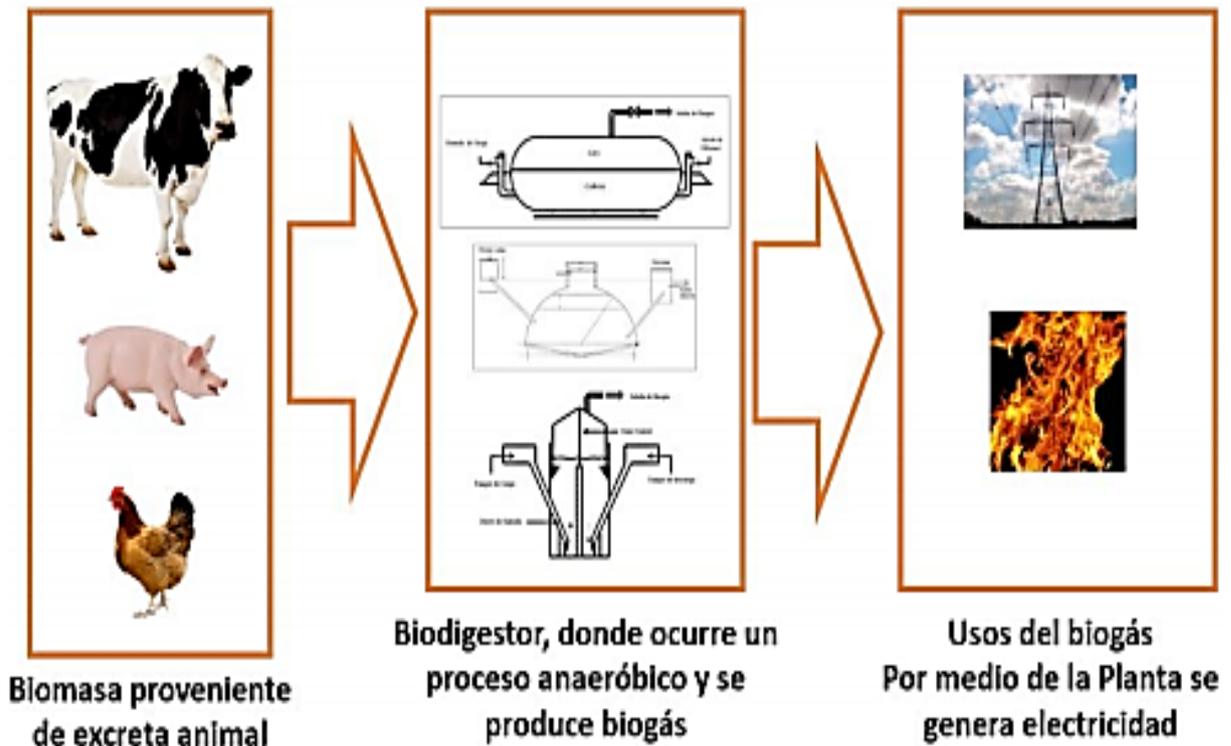
Principalmente la biomasa sobresale por tener un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles y contenido bajo de carbono, los compuestos volátiles son los agentes responsables de almacenar en gran segmento el poder calorífico de la biomasa, el cual depende del tipo de biomasa a utilizar y también se considera la humedad, razón por la cual los valores de poder calorífico de la biomasa se puede considerar en materia seca o húmeda [10].

#### **8.4.3. Planta para obtener biogás a partir de biomasa.**

En la ilustración 2 se ve el tipo de planta, utiliza diferentes fuentes de biomasa, principalmente estiércol animal, para la obtención de biogás y posteriormente la generación de electricidad [9].

La biomasa es mezclada con agua, residuos agrícolas o con lodos de plantas de tratamiento en un biodigestor, garantizando que al interior de este se dé un proceso anaeróbico para así obtener biogás [9].

**Ilustración 2.** Funcionamiento de una planta donde se obtiene biogás a partir de la biomasa, para posteriormente generar electricidad



Fuente: [9]

### 8.5. Producción de biol

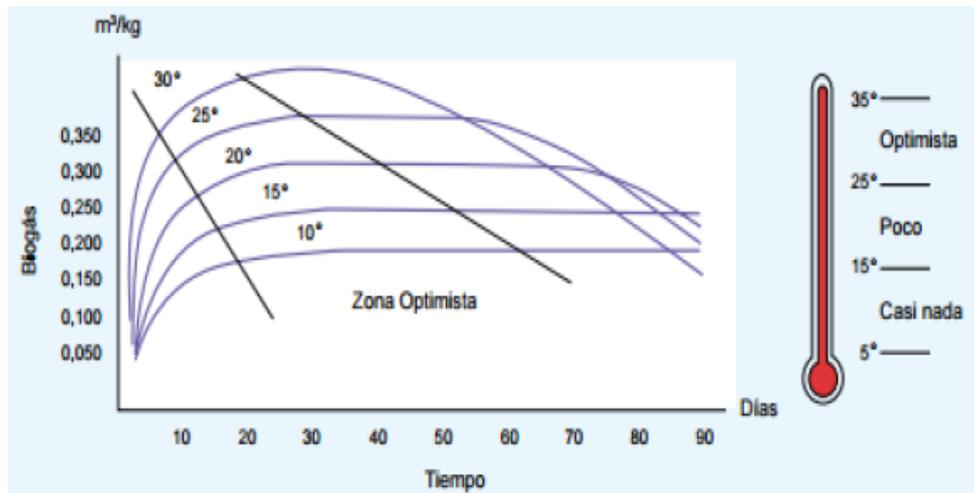
El residuo orgánico que se descarga del biodigestor resultado de la digestión anaerobia es un lodo-líquido fluido de excelentes propiedades fertilizantes, el cual está constituido por la fracción orgánica que no alcanza a degradarse y por el material orgánico agotado [12].

A través de la digestión anaeróbica se degrada la masa volátil de la biomasa en un 25 – 80%, la mayoría en gas metano y en dióxido de carbono, el grado de degradación, en el caso de desechos agropecuarios, depende mayormente del tipo de animal. En el caso del estiércol de cerdo la degradación está entre 40 – 50 % [12].

#### 8.5.1. Temperatura para el proceso

Así se muestra en la ilustración 3 la función de la temperatura, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir los excrementos y de producir biogás [13].

**Ilustración 3.** Producción de biogás en función de temperatura.



**Fuente:** [14]

### 8.5.2. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

El TRH es el tiempo en que la biomasa permanece dentro del digestor. No existe un criterio para determinar el tiempo de retención, pero si valores aproximados tal como se muestra en la tabla 2, la temperatura ambiental y la carga orgánica del digestor, determinan el volumen del digestor, el TRH según el tipo de animal [14].

**Tabla 2.** Valores de TRH para diferentes residuos animales.

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>TRH</b>
Estiércol vacuno líquido	20-30 días
Estiércol porcino líquido	15-25 días
Estiércol aviar líquido	20-40 días

**Fuente:** [14].

El TRH por lo general como mínimo en cerdos es de 15 días en las que las bacterias pueden desarrollarse, tampoco debe ser muy alto debido a que la producción de biogás sería muy baja, tomando en cuenta que todo depende del biodigestor y sus dimensiones ya que hay varios factores que influyen se puede decir que mientras sea muy pequeño va a degradar poca biomasa por lo que para ello es importante tomar muy en cuenta la temperatura así como se ve en la tabla4 [13].

**Tabla 3.** Tiempo de retención según su la temperatura

<b>Región característica</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo de retención (días)</b>
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

**Fuente:** [13]

### **8.5.3. Nivel de Acidez y alcalinidad (pH)**

El valor del pH o la acidez de la mezcla dentro del biodigestor no sólo determinan la generación de biogás sino igualmente de su composición. El valor del pH normal en un digestor fluctúa de 7 a 7.2, las bacterias son sensibles a las variaciones del pH por ello lo satisfactorio sería que se encuentre de 6.2 a 7.6 [15].

### **8.5.4. Agitación – Mezclado**

La agitación es muy importante para la producción del biogás, en una buena digestión debe existir un buen contacto entre microorganismos y la materia prima, motivo por el cual se debe agitar a menudo la materia del biodigestor [15].

### **8.5.5. Tiempo de Retención de la biomasa**

El tiempo de retención está relacionado con la temperatura, a mayor temperatura menor tiempo de retención y viceversa, ya que es el tiempo que tarda el material en ser degradado dentro de biodigestor. El tiempo que tardan las bacterias en reproducirse es de 2 a 4 días que es lo considerado como el tiempo mínimo de retención pero tiempo óptimo de retención es de 15 a 25 días en cerdos [15].

## **8.6. Biodigestores**

El biodigestor es un contenedor o reactor anaeróbico con un sello hermético tanto para agua como para gas, donde pueden almacenarse los excrementos tanto de animales como de humanos y desechos vegetales, los cuales se diluyen en agua para generar principalmente gas metano, además de abono y fertilizante orgánico (producto final) rico en fósforo, potasio y nitrógeno,

dicho contenedor depende fundamentalmente del correcto almacenamiento de los excrementos y desechos antes mencionados, además del cuidado del proceso de la fermentación y de otros factores que intervienen en la misma [16].

Los biodigestores convencionales son utilizados generalmente para tratar sustratos concentrados con alto contenido de sólidos como el estiércol de bovinos, porcinos y materiales orgánicos de otros animales, que se degradan con tiempos de retención superiores a 15 días [16].

### **8.6.1. Partes del biodigestor**

Un biodigestor se compone de:

- Fosa del biodigestor.
- Tanque de homogenización o carga.
- Una bomba (opcional).
- Tanque de biodigestión.
- Mezclador o agitador.
- Tuberías de captación de biogás.
- Recipiente para almacenar biogás (puede estar integrado en el mismo biodigestor).
- Tanque de descarga.
- Tuberías y válvulas de seguridad, cierre y desagües.
- Filtro de remoción de  $H_2S$ .
- Quemadores de biogás.
- Equipos para combustión (cocinas, incineradores, etc.).
- Generadores de energía eléctrica o calor [16].

### **8.6.2. Componentes más comunes en un biodigestor.**

Los componentes más comunes en un biodigestor se definen a continuación tomando en cuenta el tipo de biodigestor a utilizar:

#### **a) Cámara de digestión**

Aquí ocurren los procesos bioquímicos que transforman el sustrato en biogás y bioabono. Puede ser de ladrillo, hormigón, hormigón armado, plástico u otro material que asegure las condiciones requeridas de resistencia e impermeabilidad [13].

#### **b) Alimentación o entrada de la materia orgánica (sistema de carga)**

Permite la alimentación del biodigestor, en algunos casos se diseña para permitir la homogenización del material de carga, y a la vez se pueda realizar el control de sólidos totales y pH del sustrato; de lo contrario, debe contarse con un tanque de metal o de plástico de 200 litros donde se mezclará la materia orgánica con el agua, permitiendo además la eliminación de los sólidos que floten, los que pueden obstruir el tubo de entrada del biodigestor o causar problemas de funcionamiento del sistema [13].

**c) Salida del efluente (sistema de descarga)**

Su función es garantizar la descarga del líquido (biol) o de los lodos digeridos (biosol) para su posterior utilización como abonos orgánicos. Debe estar más abajo del nivel de carga, para facilitar su salida por diferencia de presión hidráulica [13].

**d) Cámara de gas o gasómetro**

Es la parte del sistema donde se almacena el biogás producido durante la fermentación, por lo que debe construirse a prueba de fugas. Los gasómetros pueden ser como se describen en la siguiente tabla 4 [13]:

**Tabla 4.** Tipos de gasómetro.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Material plástico	<p>El biogás se recoge en una bolsa plástica hecha de caucho, polietileno o geomembrana de PVC, tiene el inconveniente de una presión irregular, lo cual influye negativamente sobre la utilización de biogás.</p> <p>Este tipo de gasómetro se puede instalar directamente sobre el biodigestor.</p>

**Fuente:** [13]

**e) Sistema de purificación del biogás**

Permite eliminar contaminantes del biogás para su uso como combustible [13].

**8.6.3. Condiciones para la biodigestión.**

Las condiciones para la obtención de metano en el digestor son las siguientes [17].

- Un factor primordial es la temperatura, pues de ella depende que los microorganismos se encuentren activos y trabajando, debemos simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de retención del sustrato. La temperatura ideal para la biodigestión es de 30° a 35°C aproximadamente.
- Un pH neutro.
- Herméticamente sellado, lo que facilita el trabajo de los microorganismos en un ambiente anaerobio y óptimo.
- Un nivel de humedad alto.
- El sustrato se encuentre bien mezclado y no tenga tamaños grandes que dificulten la degradación.
- Equilibrio de carbono/ nitrógeno [17].

#### **8.6.4. Tipos de biodigestores.**

Los diferentes tipos de biodigestores se clasifican principalmente de acuerdo a su construcción, tales como[16]:

- Biodigestores de domo flotante (Indio).
- Biodigestores de domo fijo (Chino).
- Biodigestores de bolsa.
- Biodigestores de flujo con tuberías.
- De lote (régimen estacionario).
- De régimen semi-continuo.
- De régimen continuo.
- Horizontales de desplazamiento.
- Biodigestor de pozos sépticos [16].

Los biodigestores se pueden clasificar de diversas formas, pero la importancia radica en la frecuencia de cargado, ya que esta determina la cantidad de sustrato o biomasa que entrará en el proceso de digestión anaerobia [17].

##### **8.6.4.1. Biodigestores de sistemas Continuos**

Los biodigestores de proceso continuo cuentan con un biodigestor y un tanque de postdigestión (TPD) en el cual se depositan los lodos residuales puesto que cuando se adiciona la carga

orgánica al biodigestor saldrá la misma cantidad de lodo en el TPD, por lo que el nivel en el biodigestor se mantiene constante [4].

#### **Continuos:**

- La carga de materia orgánica y la producción de biogás son continuos.
- Presentan variaciones de temperatura (carga del digestor) [18].

##### **a) Ventajas**

Se pudo determinar las ventajas más importantes:

- Permite controlar la digestión con el grado de precisión que se quiera.
- Permite corregir cualquier anomalía que se presente en el proceso.
- Ingreso desechos Digestor Salida de metano Salida desechos (biol).
- Permite manejar las variables relacionadas carga específica, tiempo de retención y temperatura a periodos que pueden durar 10 años.
- Las operaciones de carga y descarga de material a procesar y procesados no requieren ninguna operación especial [15].

##### **b) Inconveniente**

Problemas del sistema continuo:

- La baja concentración de sólidos que admiten.
- No posee un diseño apropiado para tratar materiales fibrosos o aquellos cuyo peso específico sea menor que el agua.
- Problemas de limpieza de sedimentos espuma e incrustaciones [15].

#### **8.6.4.2. Biodigestores de sistema Discontinuo**

Son aquellos biodigestores que una vez realizado carga del sustrato, ya no se puede meter o sacar el material hasta que finalice el proceso de biodigestión, es decir hasta cuando ya no se genere más biogás, el cual se vaciará y volverá a cargar nuevamente con el sustrato para iniciar con el proceso [17].

La producción de biogás se va incrementando con el tiempo hasta que alcanza un punto máximo, entonces se vacía el digestor para volver a ingresar nueva materia prima y se repite la operación [4].

#### **Discontinuos:**

- Se agota la materia prima => se los vacía y se los recarga => tiempo sin producción de gas.

- Se trabaja generalmente con 3 digestores
- Poseen gasómetros o pulmones
- Trabajan con temperatura más uniforme [18].

#### **a) Ventajas**

Las ventajas se pueden determinar de acuerdo al uso y las condiciones del digestor debido que puede cambiar si el ambiente cambia [15].

- A pesar de contener tierra u otros materiales no afecta la producción de metano.
- La materia prima como los desechos orgánicos y estiércol son de fácil acceso y se puede conseguir a precios accesibles.
- Se puede movilizar al digestor dependiendo de las necesidades que se la tenga.
- Ayudar a reducir la contaminación ambiental [15].

#### **8.6.4.3. Biodigestores Semi-continuos.**

Son aquellos en el cual se cargan diariamente una porción pequeña de sustrato en relación a la contenido total, en estos biodigestores se mantiene el volumen constante de sustrato en el interior[17].

Una limitante importante es la disponibilidad para el contenido de agua, debido a que el sustrato que ingresará al proceso de biodigestión debe componerse de una relación 1:4, es decir una parte del material orgánico y cuatro partes de agua [17].

#### **8.6.4.4. Biodigestores de mezcla completa**

Es conocido también como biodigestores continuos, se compone una con una entrada continua del sustrato y una salida continua del producto, este tipo de biodigestores no se completa al 100% el proceso, por lo que no garantizar la eliminación total de agentes causantes patógenos, por lo que es necesaria la recirculación del efluente[17].

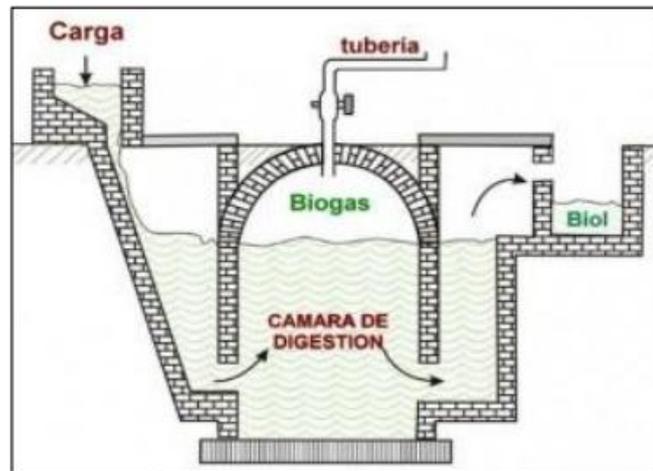
### **8.6.5. Modelo de biodigestor**

#### **8.6.5.1. Modelo chino**

Originario de la China, es una estructura cerrada que posee una cámara de carga y una cámara de descarga, puede ser construida de cemento, concreto o ladrillo. Tienen larga durabilidad, y es bien resistente al ambiente. Unas de las desventajas de estos biodigestores, es el alto costo de construcción[17].

En la ilustración 4 se puede ver que la parte superior es hemisférica al igual que el fondo, la parte interior está sellada con cemento para hacerlo firme, el digestor almacena solo un pequeño volumen del gas generado en el interior, por lo que se necesita de un sistema de almacenamiento de gas exterior [17].

**Ilustración 4.** Biodigestor Chino



**Fuente:** [17]

a) **Ventajas:**

- La vida útil es de unos 20 años.
- La cámara de digestión se encuentra totalmente bajo tierra.
- Bajo costo en su construcción.
- No existen piezas metálicas que se puedan corroer [4].

b) **Desventajas:**

- La necesidad de sellados especiales.
- Las presiones ejercidas pueden ser muy grandes en su interior y puede causar grietas (escape de gas o de biomasa).
- La presión del gas no es constante [4].

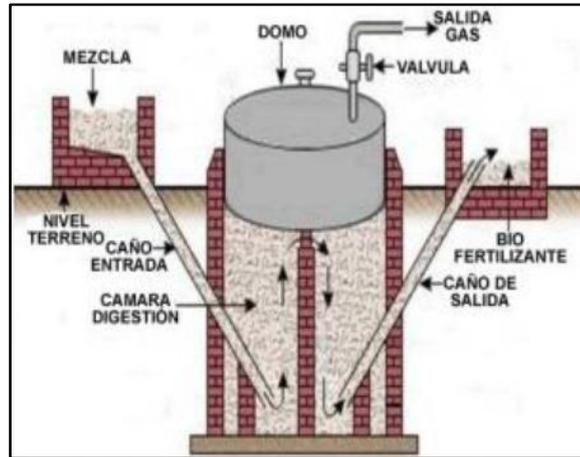
#### 8.6.5.2. Modelo Hindú.

Originario de la India, es llamado también biodigestor de domo flotante o de campana, el cual se caracteriza por flotar sobre el sustrato debido al contenido de biogás en su interior.

En la ilustración 5 se muestra como esta campana tiene la habilidad de subir y bajar dependiendo de la cantidad de biogás que se genera en el interior de la estructura, la campana o el domo puede ser de un material resistente a la corrosión y requiere de una guía central o rieles laterales que eviten el contacto con las paredes interiores [17].

Este tipo de biodigestores no necesita un recipiente externo para almacenar el gas generado, además mantiene a una presión relativamente constante al interior de la campana lo que es muy ventajoso [17].

**Ilustración 5.** Biodigestor Hindú

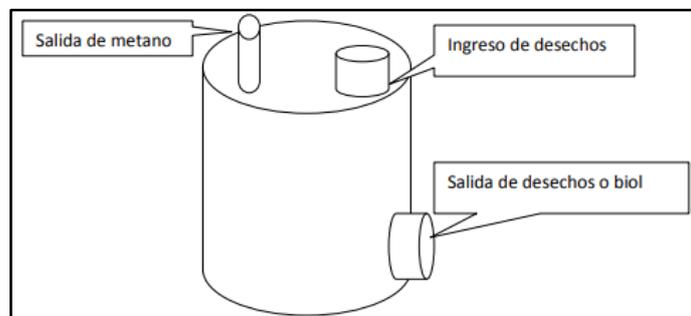


**Fuente:** [17]

### 8.6.5.3. Modelo tipo batch

En el sistema Batch como se muestra en la ilustración 6 el ingreso de desechos se realiza una sola vez, luego del ingreso se lo tiene que sellar herméticamente para que los desechos orgánicos o excrementos puedan descomponerse en un tiempo determinado, la producción de metano dependerá de la temperatura y el tipo de desechos que se usará que a su vez determinará su acidez [15].

**Ilustración 6.** Sistema Batch o discontinuo



**Fuente:** [15]

Este sistema no tiene mayores cuidados durante todo el proceso por lo general se usan tanques plásticos o metálicos siendo los tanques plásticos los más recomendados y usados debido a que

este material no se oxida, la capacidad de estos tanques es de aproximadamente 200 litros que se lo mezclará con una cantidad ya específica de agua [15].

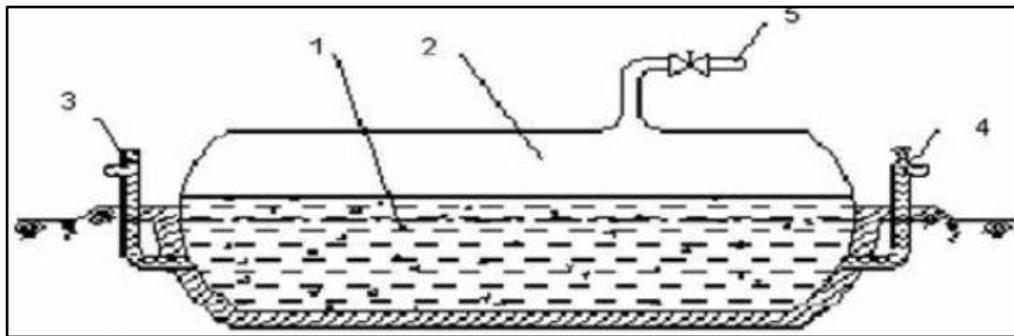
#### 8.6.5.4. Modelo horizontal o digester anaeróbico tubular de polietileno.

Se caracterizan por tener la cámara de digestión alargada, donde el material orgánico recorre a lo largo del biodigester produciéndose la degradación anaerobia, en cuyos extremos se sitúan la cámara de carga y la cámara de descarga del sistema. [17].

En el digester anaerobio tubular de polietileno, también conocido como digester “modelo taiwanés”, la construcción y la mano de obra son fáciles y es de bajo coste ya que los materiales son muy sencillos”, así como se muestra en la ilustración 8 [14].

**Ilustración 7.** Digester anaerobio tubular de polietileno 1. Digester 2. Contenedor de biogás 3.

Entrada



**Fuente:** [14]

#### a) Ventajas

- La vida útil es de 5 años.
- Bajo costo de construcción.
- Fácil de construir y transportar.
- Se pueden instalar en todos los climas.

#### b) Desventajas

- La presión es muy baja, es necesario colocar sobre peso.
- El polietileno está muy expuesto a roturas (se requiere protección extra) [14].

### 8.7. Generación de energía eléctrica basada en biomasa

Al obtener combustibles líquidos a partir de la biomasa se emplean máquinas de combustión interna, para generación eléctrica, con la descomposición de la biomasa se obtiene el gas

metano, el cual se puede liberar con procesos de descomposición de la materia orgánica, una de las maneras de acumular el gas producido es de encaminarlo por tuberías que transportan el gas hacia un punto donde se producirá la conversión de energía [10].

Para generar energía eléctrica con biogás se alimenta una micro turbina o motor de combustión interna a un generador, el sistema de transformación micro-turbina o motor se elige en función de la potencia que se va a generar de acuerdo a la cantidad de estiércol que se va a obtener tomando en cuenta el promedio de animales que se estima tomar en cuenta tal como se ve en la tabla 5 [19].

**Tabla 5.** Equivalencias energéticas de biogás

1000 litros (1 m <sup>3</sup> ) de biogás equivale a:	
Madera	1.3 kg
Bosta seca	1.2 kg
Alcohol	1.1 litros
Gasolina	0.75 litros
Gas-oil	0.65 litros
Gas natural	0.76 m <sup>3</sup>
Carbón	0.7 kg
Electricidad	2.2 Kw/h

**Fuente:** [19]

#### a) Ventajas energéticas

En si se puede decir que la biomasa es de gran importancia debido a que nos permite obtener grandes ventajas energéticas de la misma, entre las cuales se destacan dos principalmente:

- Proceso neto de la producción de energía en base a la biomasa.
- Generación de un combustible renovable y amigable de gran calidad [10].

#### 8.7.1. Aspectos de la Producción de Electricidad por Biogás

De la energía consumida por el motor, combustible, aproximadamente el 30% se convierte en energía eléctrica, alrededor del 60% es energía térmica útil aprovechable y el resto es energía que se pierde en forma de radiación y gases de escape calientes [20].

La generación de energía eléctrica se realiza mediante la combustión del biogás para lo cual se utiliza un motogenerador, por este método la electricidad generada puede alimentar las instalaciones agrícolas o venderse a la red eléctrica general [10].

**a) Producción de Biogás por día (PG).**

Para determinar la cantidad total de energía que se puede utilizar, debemos conocer la producción de biogás que produce 1 kg. De estiércol de cada tipo de animal así como se detalla en la tabla 6 [21].

**Tabla 6.** Productividad de biogás

Cantidad de estiércol por animal	Productividad del biogás
1kg de estiércol de ave	0,035 m <sup>3</sup> de biogás
1kg de estiércol de cerdos	0,043 m <sup>3</sup> de biogás

Fuente: [21]

**8.8. Ciclos útiles para la utilización de biogás.**

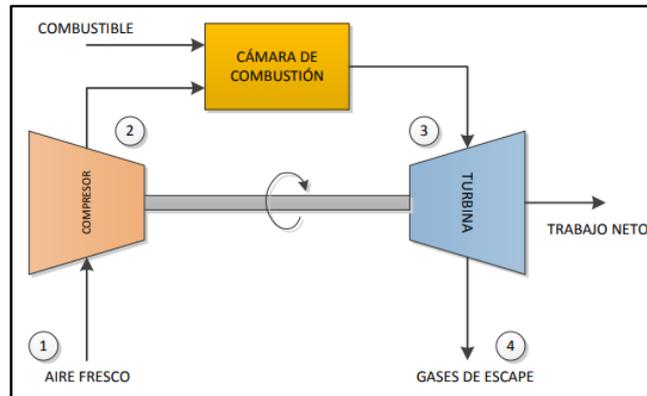
Existen diversos ciclos termodinámicos en los que se utiliza los gases como principal fuente de funcionamiento, estos ciclos termodinámicos se llevan a cabo en máquinas térmicas en las que se convierte la energía térmica en trabajo. Entre los que se enfocan más para la utilización de gas como fuente de combustible son los ciclos, Brayton, ciclo Rankine, ciclo Otto [22].

**8.8.1. Ciclo Brayton**

En la ilustración 8 se puede ver el ciclo Brayton que es un proceso que consta diferentes etapas, la primera es el ingreso de aire en condiciones normales a un compresor que se encarga de elevar la temperatura así como también la presión.

Una vez completa esta etapa el aire pasa al siguiente proceso donde ingresa a un cámara de combustión donde se mezcla con el gas (combustible) este proceso se lo realiza a presión constante, del resultado de este proceso se obtiene gas con una gran cantidad de energía y sobre todo presión [22].

**Ilustración 8.** Motor de turbina de gas a ciclo abierto

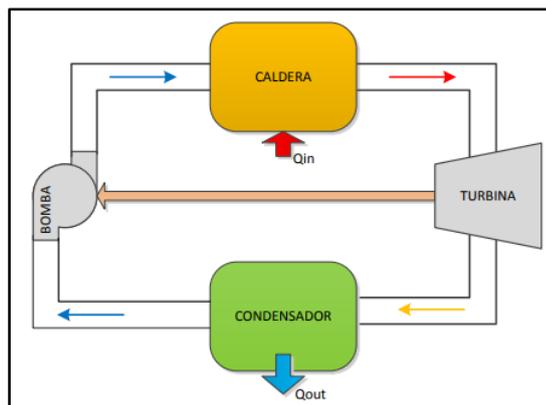


**Fuente:** [22]

### 8.8.2. Ciclo Rankine

El ciclo Rankine es característico de las máquinas a vapor, las cuales están formadas por cuatro elementos, bomba, caldera, turbina, condensador. La bomba mantiene el sistema en funcionamiento, es el encargado de mover el líquido que atraviesa por él, pero cuando este fluido se trata de un gas en lugar de ocupar una bomba se utiliza un compresor, así como se ve en la ilustración 9 [22].

**Ilustración 9.** Máquina de Vapor (ciclo de Rankine)



**Fuente:** [22]

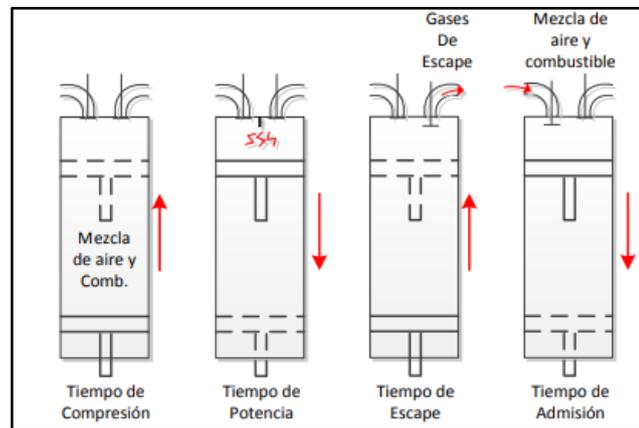
La caldera es el lugar donde el agua cambia su estado de líquido a gaseoso, con la ayuda del ingreso de una cierta cantidad de calor, cuando el calor que es proporcionado a la caldera desde el exterior se dice que se tiene una caldera de combustión externa y cuando el calor es producido en su propia cámara se dice que se trata de una máquina de combustión interna [22].

### 8.8.3. Ciclo Otto

El ciclo Otto es el utilizado en las llamadas máquinas encendidas por chispa, este ciclo consiste en una máquina exitosa de cuatro tiempos, llamada máquinas de combustión interna, este proceso radica en que inicialmente las válvulas de la admisión y de escape están cerradas [22].

En la ilustración 10 se ve que el ciclo comienza durante la carrera de compresión en donde el aire y el combustible se mezclan empujadas por el émbolo que se encuentra en carrera hacia arriba, momentos antes que alcance su posición más alta la bujía produce una chispa que genera la combustión de la mezcla, haciendo que los gases aumenten en temperatura y presión [22].

**Ilustración 10.** Motor encendido por chispa de cuatro tiempos



**Fuente:** [22]

## 8.9. TIPOS DE GENERADORES

Para nuestra tesis se ha tomado en cuenta algunos de los generadores que trabajan a partir del biogás.

### 8.9.1. Generadores a biogás

Debido a que se trata de un combustible de alto poder calorífico los generadores a biogás que se utilizan para la producción de electricidad se deben basar en motores especiales, robustos y contruidos expresamente para que funcionen con biogás.

#### a) Generadores a gas Versátiles.

En la ilustración 11 se ve cómo funciona con biogás y otros gases alternativos es necesario tomar en cuenta algunos parámetros importantes como (al funcionar con biogás se pierde un 10

% de eficiencia en el motor) lo que conlleva el mismo nivel de pérdidas en la generación de electricidad.

**Ilustración 11.** Generador con motor para Biogás



**Fuente:** [18]

#### **b) Generadores de diésel adaptados**

Para funcionar con biogás se utiliza el biogás como combustible en un generador y se tienen dentro de estas turbinas motores con combustible dual (si se tiene más de un tipo de combustible reaccionando intermitentemente) y especiales para interactuar con el biogás exclusivamente, las cuales ya tienen un sistema de pre tratamiento del gas integrado tal como se ve en la ilustración 12 [18].

**Ilustración 12.** Generador con motor Diésel adaptado

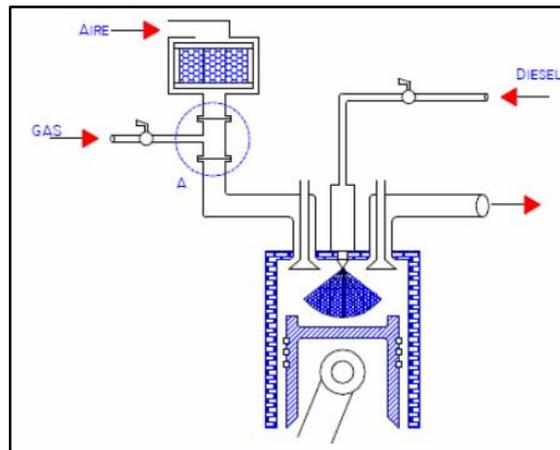


**Fuente:** [18]

### c) Generadores a Gas con motor Diésel

En el caso de los motores diésel, el biogás puede reemplazar hasta el 80% de diésel. La baja capacidad de ignición del biogás no permite reemplazar la totalidad del diésel en este tipo de motores que carecen de bujía para la combustión así como se ve en la ilustración 13 [18].

**Ilustración 13.** Generadores a gas con motor diésel



**Fuente:** [18]

### d) Generadores a biogás

Son turbinas especialmente diseñadas para trabajar con biogás ofreciendo un mejor rendimiento del combustible al ser un diseño dedicado de acuerdo a las características del biogás. Además, cuentan con un sistema de pre tratamiento del combustible [18].

Dispositivos para adaptar los motores para la utilización de biogás:

- Filtro para la captación del sulfuro de hidrógeno en el biogás
- Sistema de encendido electrónico
- Sistema de tratamiento de gases de escape
- Control de combustión.
- Mezclador de Aire-Biogás [18].

## 8.10. Principales parámetros que influyen en la producción de biogás

Entre los factores más importantes que hay que tener en cuenta para el proceso de obtención de metano y cada grupo de bacterias que intervienen, corresponde a diferentes cambios en las etapas del proceso de producción de gas, se consideraran los siguientes parámetros:

### 8.10.1. Tipo de Materia Prima

Dentro de las materias primas fermentables se encuentran: excrementos animales, humanos, aguas residuales orgánicas, desecho de frutas, verduras, lácteos, carnes, restos de cosechas y basura [15].

### 8.10.2. Selección de la biomasa

Para seleccionar la biomasa se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los contenidos de sustancias orgánicas deben regirse a un rango de características y al tipo de fermentación que va a ser expuesta.
- El valor nutricional de las sustancias orgánicas se relaciona directamente con la generación de biogás, por lo consiguiente se busca una materia prima con un porcentaje adecuado.
- El sustrato debe estar libre de agentes patógenos que puedan intervenir en el proceso de fermentación [17].

### 8.10.3. Característica de estiércol de cerdo

“El estiércol de cerdo es un desecho del todo heterogéneo posee gran variedad de materiales de tipo orgánico principalmente, así como su estado de agregación”, en la tabla 8 se ve la producción de estiércol por animal [14].

**Tabla 7.** Producción de estiércol al día

Ejemplo de producción humedad total (heces y orina) / día para varios tipos de cerdos				
Tipo	Edad	Excremento kg/día	Orina kg/día	Total kg/día
Lechón	30 – 60 días	0,9 – 1,4	1,6 – 2,4	2,5 – 3,4
Engorda	60 - 220 días	3,0 – 3,4	3,5 – 4,0	6,5 – 7,4
Juvenil	1 año promedio	4,0 – 6,0	4,5 – 6,5	8,5 – 12,5
Cerda	1 año promedio	7,5 – 8,5	8,0 – 9,0	15,5 – 17,5
Verraco (reproducción)	1 año promedio	7,0 – 8,0	7,0 – 8,5	14,0 – 16,5

**Fuente:** [14]

#### 8.10.4. Factor de producción del biogás

Conocidos los sólidos volátiles, dependiendo del tipo de estiércol que se esté empleando, la producción de biogás será mayor o menor [27].

La tabla 8 nos indica el factor general de acuerdo al tipo de animal que se debe tomar para obtener la producción de biogás necesario.

**Tabla 8.** Factor de producción de biogás para biodigestores tipo banana

<b>Ganado</b>	<b>Factor de producción</b>	<b>Factor general</b>
<b>Cerdo</b>	0.25-0.50	0.39
<b>Vacuno</b>	0.25-0.30	0.27

Fuente: [27]

La tasa de producción de excretas es basada en base a la cantidad de estiércol y agua así como se ve en la tabla 9, puede verse afectada por numerosos factores, entre los cuales se puede señalar:

- Número y madurez fisiológica del animal.
- Calidad y cantidad de alimentos ingerido por el animal
- La cantidad de agua consumida por el animal
- Clima local [14].

**Tabla 9.** Porción de estiércol y agua a mezclar

<b>Tipo de animal</b>	<b>Estiércol: Agua</b>	<b>Rendimiento del biogás <i>m<sup>3</sup>/kg excreta</i></b>
<b>Porcino</b>	1:1 a 1:3	0,07

Fuente: [19]

## 9. HIPÓTESIS

Si se analiza el potencial eléctrico del biogás que se va a obtener de los excrementos de los cerdos que hay en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache; entonces se podrá dimensionar un sistema de generación eléctrica que permita suministrar parte de la energía eléctrica de la avícola del campus Salache.

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para la realización del presente proyecto se realizará un estudio bibliográfico, con el fin de saber los métodos necesarios que permitan saber la cantidad de excremento que se va a obtener de las aves y cerdos durante el día y de la misma manera en base al estudio y cálculos se va a determinar el total de biogás que se podrá obtener a través de un Biodigestor, para posteriormente producir energía eléctrica que sería utilizada en la avícola.

### **Método exploratorio**

Es apropiada para las etapas iniciales del proceso de toma de decisiones.

Se utiliza para recoger, organizar, presentar, analizar, generalizar los resultados de las observaciones este método implica el examen del tema o problema poco estudiado del cual se tiene muchas dudas o simplemente no se ha abordado antes.

### **Método histórico**

Libros, documentos existentes, protagonistas o conocedores. Es una disciplina que se aplica sobre la descripción de los hechos históricos y el tipo de análisis científicos y necesarios a nivel general para explicar los hechos.

### **Método científico**

Es una serie ordenada de procedimientos de que hace uso la investigación científica para observar la extensión de nuestros conocimientos. Podemos concebir el método científico como una estructura, un armazón formado por reglas y principios coherentemente concatenados.

### **Técnicas**

- Lectura comprensiva se utiliza para analizar la información de diferentes autores y sacar una idea común para dirigir nuestro proyecto a una solución viable.
- Interpretación de la información es necesario para no tener inconvenientes con el análisis de nuestra investigación.
- Síntesis de la información con el fin de tener información de varios libros y fuentes de internet por lo que hay la necesidad de efectuar una síntesis para el mejor desempeño de la información como base teórica y resaltar los aspectos más sobresalientes para asegurar una fundamentación teórica verídica y útil.

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 11.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la cantón de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, del mismo modo mi proyecto está enfocado en los criaderos de cerdos de la facultad de veterinaria, campus CAREN, así como se muestra en la ilustración 14.

**Ilustración 14.** Vista satelital de la hacienda CEPSA



**Fuente:** (Google Earth)

En la ilustración 15 se ve por (Google Earth) el punto de ubicación del sitio y un mapa donde se encuentra ubicado el campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Ilustración 15.** Lugar de investigación, criadero de cerdos de la facultad de Veterinaria



**Fuente:** (Google Earth)

## 11.2. Características generales del criadero de aves y cerdos del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

El criadero porcino está ubicado en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, en el sector Salache perteneciente a la Universidad técnica de Cotopaxi, en la facultad de ciencias agropecuarias.

Existe por lo general una media de 16 cerdos divididos de la siguiente manera: (6 grandes, 5 medianos y 4 pequeños), cada cerdo tiene su propio corral así como se muestra en la ilustración 20 lo que ayuda a los estudiantes a recoger los excrementos de los mismos y desecharlos fácilmente en la fosa.

**Ilustración 16.** Corral de cerdos dentro del criadero



Para determinar la cantidad de excretas diarias que producen los cerdos se realizó una investigación bibliográfica y de campo, con el fin de establecer el peso promedio de cada cerdo por día. Los resultados obtenidos de la producción de excretas de cerdo por día y la producción total de excretas en el criadero se muestran en la Tabla 10.

## 11.3. Factores para determinar el volumen de estiércol

### a) Producción total de estiércol

$$\text{Cantidad}_{\text{excreta cerdos}} = \text{Cantidad} * \text{Cant. excreta por día}$$

(1)

$$C_{\text{exc. cerdo grande}} = 6 * 2,0 \text{ kg} = 12 \text{ kg/cerdo grande}$$

$$C_{\text{exc. cerdos mediano}} = 5 * 1,5 \text{ kg} = 7,5 \text{ kg/cerdo mediano}$$

$$C_{\text{exc. cerdos pequeños}} = 4 * 1,0 \text{ kg} = 4 \text{ kg/cerdo pequeño}$$

$$PE = 23,5 \text{ kg/día}$$

En la tabla 10 se indica la cantidad de (kg/día) que se va a obtener de 15 cerdos, sabiendo la cantidad de excretas según el tamaño de animal.

**Tabla 10.** Datos obtenidos por la porquinaza.

<b>PRODUCCIÓN DE EXCRETAS DE CERDOS POR DÍA</b>			
Tamaño de los cerdos	# animales	Cantidad de excretas (kg/día)	Excretas generadas kg/día
Grande	6	2	12
Mediano	5	1,5	7.5
Pequeño	4	1	4
Total	15	4.5	23.5

#### 11.4. Carga de mezcla diaria de entrada

Se cargará diariamente (1:3) de estiércol y agua; debido a que es necesario diluir mucho más el estiércol de cerdo con el fin de evitar la formación de natas en la superficie, tomando en cuenta que se utilizara un biodigestor de flujo continuo.

##### a) Volumen líquido

Para que la carga diaria de entrada se ha estipulado un tiempo de retención de 15 días tomando en cuenta la temperatura del lugar.

##### b) Carga diaria de estiércol fresco

$$VL_{\text{digestor}} = CD * TR \quad (2)$$

**Donde:**

**VL**= Volumen líquido

**CD**= Carga diaria

**TR**= Tiempo de retención hidráulica 15 días en los biodigestores de plástico

Se va a tener 23.5 kg/día, tal como muestra en la tabla 9 tomando en cuenta que la mezcla recomendado en cerdos es de (1:3).

Por lo que todos los días se mesclaran:

$$(L/ \text{ día}) = \text{kg de estiércol día} * \text{litros de agua} \quad (3)$$

$$(L/ \text{ día}) = 23.5 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 3 \text{ L}$$

$$(L/ \text{ día}) = 70.5 \text{ L/día}$$

$$\text{VD} = \text{Kg de estiércol} + \text{litros de agua} \quad (4)$$

$$\text{VD} = 23.5 + 70.5$$

$$\text{VD} = 94 \text{ L/día}$$

Para nuestro biodigestor continuo se va a considerar un tiempo de residencia de 15 días es decir que cada día va a generar biogás. Para nuestro diseño se tiene un volumen diario de la mezcla es de 94 L/día, se tiene:

$$VL_{\text{digestor}} = \text{VD} * \text{TR} \quad (5)$$

$$VL_{\text{digestor}} = 94 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 15 \text{ días}$$

$$VL_{\text{digestor}} = 1410 \text{ litros}$$

El volumen del digestor será de 1410 litros es decir ( $1.41 \text{ m}^3$ ), de tal forma que serán tres cuartas partes del volumen total, tomando en cuenta que una parte será utilizada para campana de gas.

### c) Volumen gaseoso

Asignando una campana de gas que cubrirá un 25 % del volumen total del biodigestor, por lo que el volumen gaseoso será igual a una tercera parte del volumen líquido.

$$V_{G \text{ cerdos}} = \frac{1410}{3} \quad (6)$$

$$V_{G \text{ cerdos}} = 470 \text{ litros}$$

De tal forma el volumen total es de 470 litros ( $0.47 \text{ m}^3$ ).

$$V_{Tcerdos} = V_l + V_G \quad (7)$$

$$V_{Tcerdos} = 1410 + 470$$

$$V_{Tcerdos} = 1.880 \text{ m}^3$$

**d) Sólidos totales en cerdos ( $S_T$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )**

El estiércol fresco tiene un entorno de 17% de los solidos totales, tomando en cuenta que el rango puede variar entre (13 a 20%), de modo que los solidos totales representan el peso del estiércol una vez seco.

$$S_T = \frac{\text{carga diaria} * 0.17}{V_L} \quad (8)$$

$$S_T = \frac{23.5 * 0.17}{1.41}$$

$$S_T = 2.83 \text{ kg}/\text{m}^3$$

**e) Solidos volátiles ( $S_V$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3\text{día}$ )**

Los solidos volátiles representan la parte de los solidos totales del estiércol que esta sujeto a pasar a fase gaseosa, por lo que su valor corresponde aproximadamente a 77 % de solidos totales introducidos por día.

$$S_V = S_T * 0.77 \quad (9)$$

$$S_V = 2.83 * 0.77$$

$$S_V = 2.1791 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ día}$$

**11.5. Producción de biogás (PB)**

La producción de biogás diaria dependera de la cantidad de solidios volátiles que hay en la carga de estiércol, tomando en cuenta que 0.39 es un factor general en cerdos según la tabla 9.

$$P_B = 0.39 * 2.1791$$

$$P_B = 0.849 \text{ m}^3 \text{ biogás}/\text{día}$$

Tomado en cuenta que para el biodigestor tubular se require un volumen líquido de  $1.41 \text{ m}^3$ , esto significa que la producción de biogás al día sera:

$$P_{B \text{ día}} = P_B * V_L \quad (10)$$

$$P_{B \text{ día}} = 0.849 * 1.41$$

$$P_{B \text{ día}} = 1.198 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}}$$

$$P_{B \text{ día}} = 1.198 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}} * \frac{1 \text{ Días}}{24 \text{ horas}}$$

$$P_{B \text{ día}} = 0.0499 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{hora}}$$

$$P_{B \text{ día}} = 1.198 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}} * 30 \frac{\text{Días}}{1 \text{ Mes}}$$

$$P_{B \text{ día}} = 35.94 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}}$$

En la tabla 11 se resume el biogás obtenido en hora, día y mes.

**Tabla 11.** Resumen de los cálculos de biogás requerido para la generación energética

PARÁMETROS	RESULTADOS DE $m^3$ DE BIOGÁS EN CERDOS
Producción de biogás por hora	$0.0499 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{hora}}$
Producción de biogás al día	$1.198 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}}$
Biogás total mensual	$35.94 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Mes}}$

## 11.6. Generación de energía eléctrica a partir de biogás

### a) Determinación de la energía eléctrica generada por el biogás

Para determinar la energía eléctrica generada por el biogás, se debe estipular la cantidad de kWh que va a generar de  $1m^3$  de biogás tomando en cuenta la tabla 6 se tiene que va a generar 2.2 KWh de electricidad.

$$E_{\text{biogás cerdo}} = PB * \text{Constante (Kwh)} \quad (23)$$

$$E_{\text{biogás cerdo}} = 1.198 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}} * \frac{2.2 \text{ Kwh}}{1 m^3 \text{ de biogás}}$$

$$E_{\text{biogás cerdo}} = 2.635 \text{ kWh/día}$$

$$E_{\text{biogás cerdo}} = 2.635 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}}$$

$$E_{\text{biogás cerdo}} = 0.109 \text{ kWh/hora}$$

$$E_{\text{biogás cerdo}} = 2.6356 \frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$E_{\text{biogás cerdo}} = 79.068 \text{ kWh/mes}$$

**EB**= producción de biogás

**Constante (Kwh)**= 2.2 kwh/m<sup>3</sup> de biogás según la tabla 6

En la tabla 12 se muestra los kW necesarios de acuerdo a la cantidad de biogás que se obtuvo, después de haber realizado los cálculos correspondientes, por ende se obtiene kW (hora, día y mes).

**Tabla 12.** kW obtenido en base al biogás generado de los cerdos

<b>Cálculo del biogás obtenido de un total de 15 cerdos</b>	<b>kW obtenidos en base al biogás generado</b>
<b>0.049</b> $\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{hora}}$	0.109 kWh/hora
<b>1.196</b> $\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}}$	2.635 kWh/día
<b>35.88</b> $\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}}$	79.686 kWh/mes

### 11.7. Análisis de carga

Los equipos eléctricos se utilizan de acuerdo al proceso de cuidado de las gallinas, en el cual la iluminación se utiliza para la alimentación vespertina y nocturna, de igual forma, el calentador es utilizado en horas fijas según requieran, por otro lado están las alarmas que son las más requeridas en todo momento.

En la tabla 13 se detalla el número, tipo de equipos eléctricos y el factor de utilización, necesario para determinar la potencia utilizable y la energía de consumo diario.

**Tabla 13.** Análisis de la carga instalada en la avícola

ANÁLISIS DE CARGA									
Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi - Campus Salache									
N°	Equipos	Potencia c/u (W)	Cantidad	Potencia (W)	Fu	Potencia Utilizada (W)	Potencia Utilizada (Kw)	Horas en función	Energía Kwh/día
1	Lámparas led	87	3	261	1	261	0,261	3	0,783
2	Calentador	300	1	300	0,5	150	0,15	13	1,95
3	Alarma	65	1	65	1	65	0,065	24	1,56
TOTAL				626		476	Energía Diaria		4,293

En la tabla 14 se calcula el volumen necesario de biogás en horas, días, mes, según la carga obtenida después de realizar un determinado análisis de carga en la avícola.

$$V_B = \frac{E_{carga}(\text{Kwh})}{\text{Constante}(\text{Kwh})/\text{m}^3 \text{ de biogás}}$$

**Tabla 14.** Volumen necesario de biogás

Energía de la carga de la avícola	Volumen necesario de biogás a partir de la energía
0.178 kWh/hora	0.0812 $\frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{hora}}$
4.293 kWh/día	1.95 $\frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{día}}$
128.79 kWh/ mes	58.5 $\frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}}$

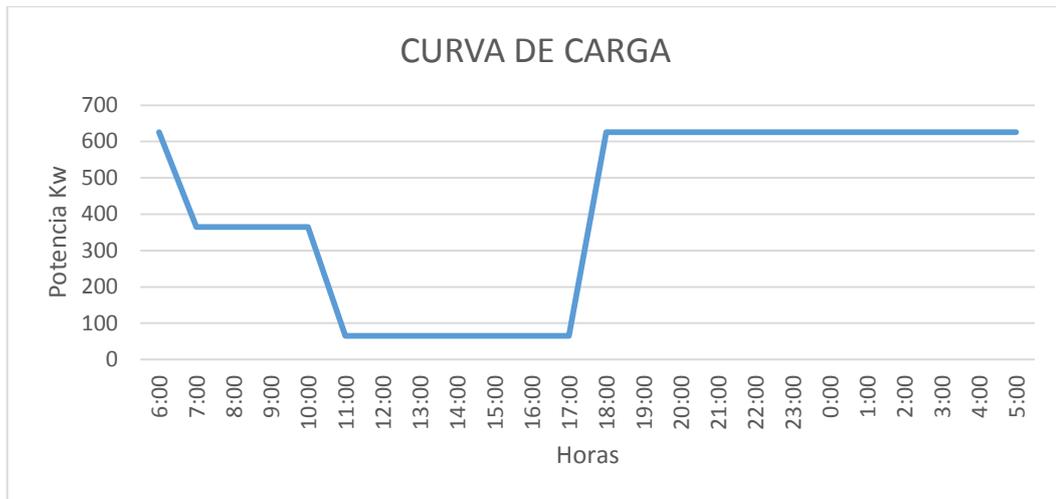
La tabla 15 nos indica el tiempo que va estar funcionando cada aparato eléctrico en la avícola y así poder determinar la curva de carga.

**Tabla 15.** Potencia usada por horas

POTENCIA TOTAL POR HORAS en W																									
EQUIPOS	HORARIO DIARIO																								
	N°	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
1	Lámparas	261												261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
2	Calentadores	300	300	300	300	300								300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
3	Alarma	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
<b>Potencia total por horas en W</b>		626	365	365	365	365	65	65	65	65	65	65	65	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626

De la ilustración 21 se obtiene la curva de carga de la tabla 17 necesaria para el análisis del dimensionamiento del generador.

**Ilustración 17.** Curva de Carga



En la ilustración 17 se ve la curva de carga la cual indica el tiempo que se prendera los calentadores en este caso de (18h00 pm hasta las 10h00 am) y se utilizó un calentador de 300 W, mientras que la iluminación será 12h seguidas y se utilizó una iluminación led de 87 w.

**a) Análisis de la viabilidad técnica según el estudio de carga realizado en la avícola**

En la tabla 16 se indica el análisis de la carga producida según el biogás obtenido de 15 cerdos vs carga requerida según el análisis de carga realizada en la avícola.

**Tabla 16.** Análisis de carga producida con los cerdos vs carga requerida en la avícola

ANÁLISIS CARGA PRODUCIDA POR LOS CERDOS		CARGA REQUERIDA EN LA AVÍCOLA	
Cálculo del biogás	kW necesarios	Energía de la carga instalada	Volumen necesario de biogás según la carga instalada.
<b>0.049 <math>\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{hora}}</math></b>	0.109 kW/hora	0.178 kWh/hora	0.0812 $\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{hora}}$
<b>1.196 <math>\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{Día}}</math></b>	2.635 kWh/día	4.293 kWh/día	1.95 $\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{día}}$
<b>35.88 <math>\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}}</math></b>	78.936 kWh/mes	128.79 kWh/mes	58.5 $\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}}$

La energía obtenida del ganado porcino y el volumen de gas generado en base a al ganado porcino es muy baja; tomando en cuenta que de la necesidad energética que se tiene en la avícola y el volumen de gas generado en base a la necesidad energética; es más alta se puede manifestar que no se alcanzara a abastecer de energía eléctrica a la avícola debido a la baja producción de biogás obtenida, motivo por el cual se va a realizar el diseño del biodigestor tubular continuo de acuerdo a mi necesidad.

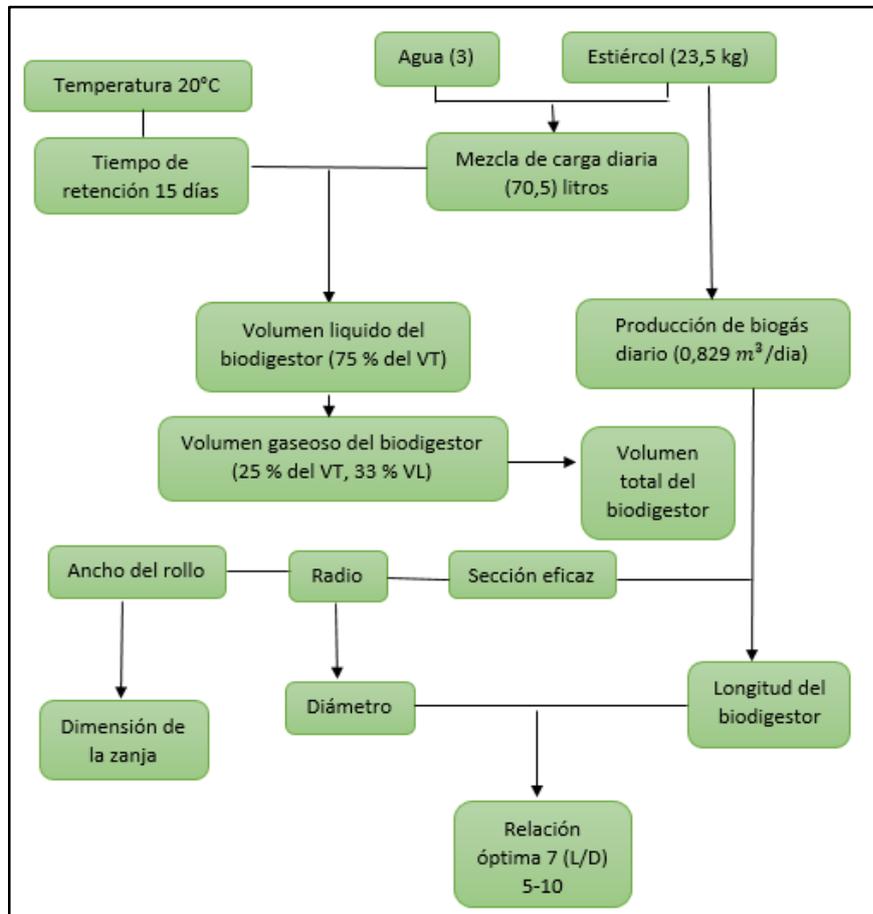
### 11.8. Dimensionamiento de la mini planta de biogás

La necesidad energética que se tiene en función de la carga, es necesario un incremento de producción, por lo tanto se requiere realizar el diseño del biodigestor de acuerdo a mi necesidad.

#### a) Esquema de metodología de diseño

En la ilustración 18 se muestra un esquema de la metodología de diseño que se va a realizar para la obtención de biogás.

**Ilustración 18.** Esquema de diseño.



### 11.8.1. Parámetros constructivos de la cúpula de fermentación

#### a) Dimensionamiento de la altura de la cúpula de fermentación (h<sub>cf</sub>)

$$h_{cf} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_L}{\pi \cdot X^2}} \quad (11)$$

$$h_{cf} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1.41 \text{ m}^3}{\pi \cdot (1)^2}}$$

$$h_{cf} = 1.215 \text{ m}^3$$

#### b) Dimensionamiento del diámetro de la cúpula de fermentación (d<sub>cf</sub>)

$$d_{cf} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_L}{\pi \cdot h_{cf}}} \quad (12)$$

$$d_{cf} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.41}{\pi \cdot 1.215}}$$

$$d_{cf} = 1.215 \text{ m}$$

#### c) Dimensionamiento del radio de la cámara de fermentación (r<sub>cf</sub>)

$$r_{cf} = d_{cf}/2 \quad (13)$$

$$r_{cf} = 1.215 \text{ m}/2$$

$$r_{cf} = 0.607 \text{ m}$$

#### d) Dimensionamiento del Radio (r<sub>c</sub>)

$$r_c = \sqrt{h_{cf}^2 + r_{cf}^2} \quad (14)$$

$$r_c = \sqrt{(1.215)^2 + (0.607)^2}$$

$$r_c = 1.358 \text{ m}$$

#### e) Dimensionamiento de la altura (h<sub>c</sub>)

$$h_c = r_c - h_{cf} \quad (15)$$

$$h_c = 1.358 - 1.215$$

$$h_c = 0.143 \text{ m}$$

#### f) Dimensionamiento del Volumen (v<sub>c</sub>)

$$V_c = \pi * h_c \left( \frac{d_{cf}^2}{8} + \frac{h_c^2}{6} \right) \quad (16)$$

$$V_c = \pi * 0.143 * \left( \frac{(1.215)^2}{8} + \frac{(0.143)^2}{6} \right)$$

$$V_c = 0.0844\text{m}$$

**g) Volumen total de la cúpula de fermentación (VTcf)**

$$VT_{cf} = V_{cf} + V_c \quad (17)$$

$$VT_{cf} = 1.41 + 0.0844$$

$$VT_{cf} = 1.494 \text{ m}^3$$

**11.9. Dimensionamiento del biodigestor en base a lo que se obtuvo**

**a) Diámetro del biodigestor**

Se estipula un perímetro de 4m, para nuestro diseño.

$$P_f = \pi * D_f(\text{m}) \quad (18)$$

**Dónde:**

$P_f$  = Perímetro

$D_f$  = Diámetro de la membrana de plástico.

Del mismo modo se despeja D en la ecuación anterior

$$D_f = \frac{P_f}{\pi}$$

$$D_f = \frac{4}{\pi}$$

$$D_f = 1,2732\text{m}$$

**b) Longitud del biodigestor**

$$V_{DR} = A_D * L_D (\text{m}^3) \quad (19)$$

$$A_D = \pi * \frac{(D_f)^2}{4} (\text{m}^2)$$

$$L_D = \frac{4 * V_{DR}}{\pi * (D_f)^2}$$

**Dónde:**

$V_{DR}$  = Volumen total del digestor.

$A_D$  = Área de una sección circular del digestor.

$L_D$  = Longitud del digestor.

$$L_D = \frac{4 \cdot 1.880}{\pi \cdot (1.2732)^2} \text{ (m)}$$

$$L_D = 1.476 \text{ m}$$

Se ha tomado en cuenta que el biodigestor estará cubierto por un invernadero con el fin de evitar el deterioro de los elementos que compone el biodigestor.

### 11.9.1. Dimensionamiento del biodigestor según el ancho del rollo existente

Para nuestro proyecto se va a utilizar un ancho de rollo de 1.75 (m) que equivale a la mitad de la circunferencia total del plástico, se puede ver el ancho de rollo, diámetro y radio de nuestro biodigestor a utilizar; tal como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17.** Parámetros geométricos según el ancho de rollo del Polietileno tubular

Ancho del rollo (m)	Circunferencia (m)	Radio (m)	Diámetro (m)
1	2	0.32	0.64
1,25	2.5	0.40	0.80
1,5	3	0.48	0.95
1,75	3.5	0.56	1.11
2	4	0.64	1.27

#### a) Volumen de la manga, sección eficaz y longitud

$$V_{cilindro} = \pi * r^2 * l \tag{24}$$

$$\text{Sección eficaz}_{cilindro} = \pi * r^2$$

**Donde:**

$r$  = radio del tubo

$l$  = longitud del biodigestor

$$\text{Sección eficaz}_{cilindro} = \pi * (0.32)^2$$

$$\text{Sección eficaz}_{\text{cilindro}} = 0.3216$$

**Tabla 18.** Sección eficaz según el ancho del rollo.

Ancho del rollo (m)	Sección eficaz (m <sup>2</sup> )
1	0.32
1.25	0.50
1.5	0.72
1.75	0.97
2	1.27

En la tabla 18 se calculó la sección eficaz de los plásticos disponibles según el ancho del rollo, se determino

$$L = \frac{V_T}{(\pi * r^2)} \quad (25)$$

**Donde:**

$V_T$  = volumen total del biodigestor

$$L = \frac{4}{(\pi * r^2)}$$

$$L = 12.5$$

En la tabla 19 se ha tomado en cuenta la longitud del biodigestor, tomando en cuenta el ancho del rollo.

**Tabla 19.** Longitud del biodigestor.

Ancho del rollo (m)	Circunferencia (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz (m <sup>2</sup> )	Longitud del biodigestor (m)
1	2	0.32	0.64	0.32	12.5
1,25	2.5	0.40	0.80	0.50	8
1,5	3	0.48	0.95	0.72	5.55
1,75	3.5	0.56	1.11	0.97	4.12
2	4	0.64	1.27	1.27	3.14

**b) Relación óptima entre la longitud y el diámetro del biodigestor.**

$$Relación_{\text{óptima}} = \frac{L}{d} \quad (26)$$

$$Relación_{\text{óptima}} = \frac{12.5}{0.64}$$

$$Relación_{\text{óptima}} = 19.53$$

**Tabla 20.** Longitud del biodigestor

Ancho del rollo (m)	Diámetro (m)	Longitud del biodigestor (m)	Relación óptima entre L/d
1	0.64	12.5	19.53
1,25	0.80	8	10
1,5	0.95	5.55	5.84
1,75	1.11	4.12	3.71
2	1.27	3.14	2.47

**c) Dimensiones de la zanja del biodigestor tubular**

**Tabla 21.** Parámetros geométricos según el ancho de rollo del Polietileno tubular.

Dimensiones de la zanja según el ancho del rollo (AR)					
AR (m)	2	1,75	1.5	1.25	1
a (m)	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
b (m)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
p (m)	1	0.9	0.8	0.7	0.6

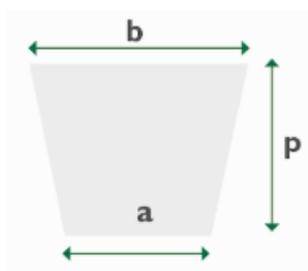
**Donde:**

**AR=** Ancho del rollo

**a=** Ancho de la zanja

**b=** Largo de la zanja

**p=** Alta de la zanja



### 11.9.2. Almacenamiento o reservorio del biogás generado

Para el almacenamiento de biogás se construye un reservorio de polietileno tubular de 4 metros de largo y 1,2732 metros de diámetro utilizando la ecuación 18.

$$V = \pi (r^2) * hcf \quad (20)$$

$$V = \pi (0,63)^2 1.215 m^3$$

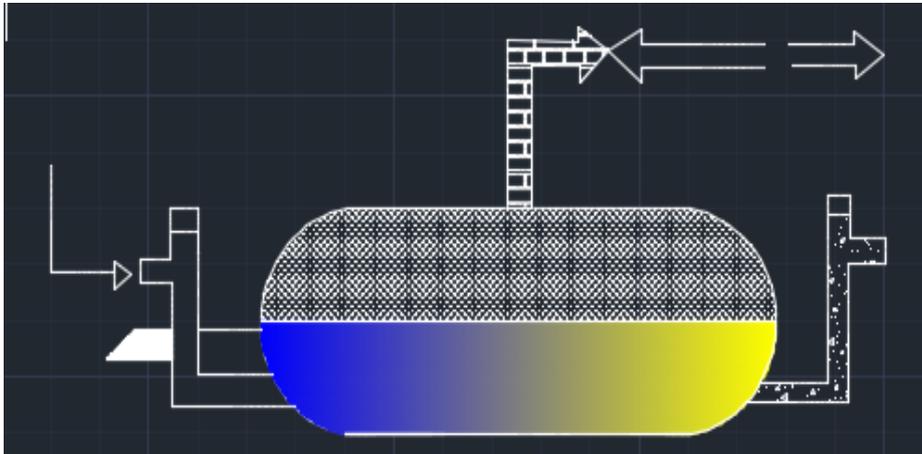
$$V = 0,482 m^3$$

$$r = \frac{d}{2} \quad (21)$$

$$r = \frac{1.3712 m}{2}$$

$$r = 0,63 m$$

**Ilustración 19.** Biodigestor tubular



De acuerdo a la ilustración 23 nuestro biodigestor tubular tendrá un largo de 2 m, tomando en cuenta que a cada lado se debe adicionar 1 m para la entrada y salida del contenido, en base a lo antes mencionado se tendrá una longitud total de la membrana de 4m.

### 11.9.3. Dimensionamiento de los tanques de carga y descarga de los residuos

$$V_{TC} = 3 * \text{Carga diaria} \quad (22)$$

**Dónde:**

$V_{TC}$  = Volumen del tanque de carga ( $m^3$ )

$CD$  = 94 Litros

$$V_{TC} = 3 * 94 (L)$$

$$V_{TC} = 0.282 m^3$$

En la tabla 22 se muestra el cálculo de los parámetros para la construcción del biodigestor según muestra necesidad.

**Tabla 22.** Parámetros constructivos para el biodigestor

PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS							
1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho rolo(m)	Altura cúpula fermentación (hcf)	Diámetro cúpula fermentación (dcf)	Radio cúpula fermentación (rcf)	Rc	hc	Volumen de la cúpula(vc)	volumen total de la cúpula (VTc)
1	1,215373447	1,215373447	0,607686723	1,358828823	0,14345538	0,084759747	3,936009747
1,25	1,047377086	1,309221358	0,654610679	1,235116958	0,18773987	0,129834308	3,981084308
1,5	0,92750353	1,391255295	0,695627647	1,159379412	0,23187588	0,182777778	4,034027778
1,75	0,836920532	1,464611718	0,732305859	1,11207367	0,27515314	0,242689238	4,093939238
2	0,765637295	1,531274589	0,765637294	1,082774646	0,31713735	0,308721497	4,159971497

**Donde:**

**Rc=** Radio de la cámara de gas

**hc=** Altura de la cámara de gas

### 11.10. Dimensionamiento del generador a biogás

De acuerdo a la ecuación 10 se tiene un volumen de  $1.198m^3$  de biogás generado por el estiércol de cerdos, por lo que se puede obtener una energía de 2.635 Kwh/día; Una demanda máxima de 0.626 kW con la cual proyectamos la carga al 10%, donde tenemos una nueva demanda máxima.

Entonces:

Demanda Máxima= 0,626 kW

Proyección=10%

$$Dem_{proyectada} = 0.626 \text{ kW} * 1.1 \quad (27)$$

$$Dem_{proyectada} = 0.6886 \text{ Kw}$$

$$Generador \approx 0.8 \text{ kW}$$

#### a) Determinación del Generador

Una vez determinado la demanda máxima generable y del volumen de biogás aprovechable se puede tomar referencias de grupos o sistemas de generación de empresas fabricantes de acuerdo a la potencia en stock de los generadores, por tal motivo, se ha deducido el siguiente generador que se indica en tabla 23.

**Tabla 23.** Descripción general de los generadores

	<h4>Descripción general</h4> <hr/> <p><b>Detalles rápidos</b></p> <table><tr><td>Lugar del origen:</td><td>Guangdong, China (Mainland)</td><td>Marca:</td><td>Teenwin</td></tr><tr><td>Número de Modelo:</td><td>TY</td><td>Potencia:</td><td>1KW</td></tr><tr><td>Tipo de salida:</td><td>Corriente alterna monofásica</td><td>Voltaje nominal:</td><td>120 V</td></tr><tr><td>Corriente nominal:</td><td>12.5 A</td><td>Velocidad:</td><td>1500 rpm</td></tr><tr><td>Frecuencia:</td><td>50/60Hz</td><td>Gas adecuado:</td><td>Biogás/LPG</td></tr><tr><td>Tipo de generador:</td><td>Monofásico motor del cepillo</td><td>Desplazamiento:</td><td>163cc</td></tr><tr><td>Sistema de encend.</td><td>T.c.i.</td><td>Capacidad de aceite:</td><td>0.55L</td></tr><tr><td>Consumo de gas:</td><td>0.2 m3/h</td><td>Tipo de motor:</td><td>CC168F</td></tr><tr><td>Diámetro x carrera:</td><td>68x45mm</td><td>HS código:</td><td>85022000</td></tr></table>	Lugar del origen:	Guangdong, China (Mainland)	Marca:	Teenwin	Número de Modelo:	TY	Potencia:	1KW	Tipo de salida:	Corriente alterna monofásica	Voltaje nominal:	120 V	Corriente nominal:	12.5 A	Velocidad:	1500 rpm	Frecuencia:	50/60Hz	Gas adecuado:	Biogás/LPG	Tipo de generador:	Monofásico motor del cepillo	Desplazamiento:	163cc	Sistema de encend.	T.c.i.	Capacidad de aceite:	0.55L	Consumo de gas:	0.2 m3/h	Tipo de motor:	CC168F	Diámetro x carrera:	68x45mm	HS código:	85022000
Lugar del origen:	Guangdong, China (Mainland)	Marca:	Teenwin																																		
Número de Modelo:	TY	Potencia:	1KW																																		
Tipo de salida:	Corriente alterna monofásica	Voltaje nominal:	120 V																																		
Corriente nominal:	12.5 A	Velocidad:	1500 rpm																																		
Frecuencia:	50/60Hz	Gas adecuado:	Biogás/LPG																																		
Tipo de generador:	Monofásico motor del cepillo	Desplazamiento:	163cc																																		
Sistema de encend.	T.c.i.	Capacidad de aceite:	0.55L																																		
Consumo de gas:	0.2 m3/h	Tipo de motor:	CC168F																																		
Diámetro x carrera:	68x45mm	HS código:	85022000																																		



### Descripción general

#### Detalles rápidos

Lugar del origen:	China (Mainland)	Marca:	Puxin
Número de Modelo:	PX	Voltaje nominal:	120 / 12 V
Corriente nominal:	12.5A	Velocidad:	1500/1800 rpm
Frecuencia:	50Hz, 60HZ	Tipo de salida:	DC/AC
Tipo de generador:	Motor de cepillo monofásico	Adecuado de gas:	Biogás/GLP
Tipo de motor:	CC168F	El consumo de Gas:	0,05m3/h
Diámetro * carrera:	68*45mm	La esperanza de vi...	Mucho tiempo.
El costo de:	Muy barato	Potencia:	0.8 Kw



Parámetros del generador/grupo electrógeno a gas natural:				
Modelos: CC2000-LPG-B, CC2000-NG-B, CC2000-LPG/NG-B				
Tipo	CC2000-NG-B			
Item	CC2000-LPG-B		CC2000-LPG/NG-B	
Frecuencia nominal (Hz)	50	60	50	60
Potencia nominal (kW)	0.8	0.8	1.7	1.8
Voltaje nominal (V)	120	120	230	240/120
Corriente nominal (A)	6.6	6.6	7.4	7.5/15
Velocidad nominal (r/min)	3000	3600	3000	3600
Peso(kg)	43.5			
Dimensión (m)	612*455*470		612*455*470	
Consumo m3	0.072m3/h		1.23m3/h	

## 11.11. Dimensionamiento de los conductores

### a) Carga instalada en amperios

$$I = \frac{P}{V} \quad (27)$$

$$I = \frac{626 \text{ w}}{120 \text{ V}}$$

$$I = 5.21 \text{ A}$$

Cada uno de las calibres de conductores eléctricos AWG tienen por norma su cantidad máxima de soporte de Amperaje. El calibre de los conductores se hizo en base al largo de la avícola.

Largo= 16m

Ancho= 4m

Alto= 8m

En el circuito de distribución interna la caída de voltaje aceptable será como máximo 2.5 V, de tal modo que en la tabla 24 tenemos una caída de voltaje de 2.0496 V, por lo tanto según la

norma se puede utilizar sin ningún problema el cable # 14, esto involucra que con el tiempo se quiere aumentar carga ya no se podría debido a que estaría sobredimensionado.

**Tabla 24.** Cable # 14 para saber cuál es el adecuado

<b>CÁLCULOS CON CABLE # 14 PARA SABER CUÁL CONDUCTOR ES EL ADECUADO</b>		
<b>Desde la caja hasta la primera carga (0-1)</b> 3 m= 0.003km	<b>De la carga (1-2)</b> 5 m= 0.005 km	<b>De la carga (2-3)</b> 5 m= 0.005 km
$R_{01} = 2 * R_{conductor} * d_{carga-carga}$		
$R_{01} = 0.04902 \Omega$	$R_{12} = 0.0817 \Omega$	$R_{23} = 0.0817 \Omega$
$I = I_{carga-carga} + I_{p.carga-carga} + I_{instalada}$		
$I_{01} = 15.7309 \text{ A}$	$I_{12} = 10.44 \text{ A}$	$I_{23} = 5.21 \text{ A}$
$\Delta_V = R * I$		
$\Delta_{01} = 0.7711 \text{ V}$	$\Delta_{12} = 0.8529 \text{ V}$	$\Delta_{23} = 0.4256 \text{ V}$
$P_p = \Delta_V * I$		
$P_{p01} = 12.1300 \text{ W}$	$P_{p12} = 8.9047 \text{ W}$	$P_{p23} = 2.2173 \text{ W}$
$I_p = \frac{P_p}{V}$		
$I_{p01} = 0.1102 \text{ A}$	$I_{p12} = 0.08095 \text{ A}$	$I_{p23} = 0.020 \text{ A}$
$\Delta VT = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 2.0496 \text{ V}$		

En la tabla 25 tenemos una caída de voltaje de 1.2853 V por ende este cable es el más recomendado debido a que la norma permite hasta los 2.5 A de caída de voltaje y con este cable se puede con el tiempo aumentar la carga sin sobredimensionar el cable.

**Tabla 25.** Cable # 12 para saber cuál es el adecuado

<b>CÁLCULOS CON CABLE # 14 PARA SABER CUÁL CONDUCTOR ES EL ADECUADO</b>		
<b>Desde la caja hasta la primera carga (0-1) 3 m= 0.003km</b>	<b>De la carga (1-2) 5 m= 0.005 km</b>	<b>De la carga (2-3) 5 m= 0.005 km</b>
$R_{01} = 2 * R_{conductor} * d_{carga-carga}$		
$R_{01} = 0.03078 \Omega$	$R_{12} = 0.0513 \Omega$	$R_{23} = 0.0513 \Omega$
$I = I_{carga-carga} + I_{p.carga-carga} + I_{instalada}$		
$I_{01} = 15.6927 \text{ A}$	$I_{12} = 10.432 \text{ A}$	$I_{23} = 5.21 \text{ A}$
$\Delta V = R * I$		
$\Delta_{01} = 0.4830 \text{ V}$	$\Delta_{12} = 0.5351 \text{ V}$	$\Delta_{23} = 0.2672 \text{ V}$
$P_p = \Delta V * I$		
$P_{p01} = 7.5795 \text{ W}$	$P_{p12} = 5.5828 \text{ W}$	$P_{p23} = 1.3921 \text{ W}$
$I_p = \frac{P_p}{V}$		
$I_{p01} = 0.0689 \text{ A}$	$I_{p12} = 0.0507 \text{ A}$	$I_{p23} = 0.012 \text{ A}$
$\Delta VT = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 1.2853 \text{ V}$		

En la tabla 26 se tiene una caída de voltaje de 3.2422 V por lo que este # de cable no es el indicado para instalar debido a q la norma solo permite 2.5 A de caída de voltaje.

**Tabla 26.** Cable # 16 para saber cuál es el adecuado

<b>CÁLCULOS CON CABLE # 16 PARA SABER CUÁL CONDUCTOR ES EL ADECUADO</b>		
<b>Desde la caja hasta la primera carga (0-1) 3 m= 0.003km</b>	<b>De la carga (1-2) 5 m= 0.005 km</b>	<b>De la carga (2-3) 5 m= 0.005 km</b>
$R_{01} = 2 * R_{conductor} * d_{carga-carga}$		
$R_{01} = 0.0774 \Omega$	$R_{12} = 0.129 \Omega$	$R_{23} = 0.129 \Omega$
$I = I_{carga-carga} + I_{p.carga-carga} + I_{instalada}$		
$I_{01} = 15.7893 \text{ A}$	$I_{12} = 10.4518 \text{ A}$	$I_{23} = 5.21 \text{ A}$
$\Delta V = R * I$		
$\Delta_{01} = 1.2220 \text{ V}$	$\Delta_{12} = 1.3482 \text{ V}$	$\Delta_{23} = 0.6720 \text{ V}$
$P_p = \Delta V * I$		
$P_{p01} = 19.2945 \text{ W}$	$P_{p12} = 14.034 \text{ W}$	$P_{p23} = 3.5011 \text{ W}$
$I_p = \frac{P_p}{V}$		
$I_{p01} = 0.1754 \text{ A}$	$I_{p12} = 0.1275 \text{ A}$	$I_{p23} = 0.0318 \text{ A}$
$\Delta VT = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 3.2422 \text{ V}$		

Después de haber realizado los cálculos se concluye que se puede utilizar cable #14 y cable #12 concéntrico, debido a que se puede utilizar en el interior sin manguera; basándonos a lo que la norma requiere de caída de voltaje de 2.5 A lo recomendable en conductores.

**a) Valores normalizados cables A.W.G**

Los valores depender del largo y grosor de los hilos, para hilos comunes hasta 20 m de largo la resistencia debe ser siempre inferior a 1 ohm. Para hilos esmaltados la resistencia varia bastante en función del espesor. En la siguiente tabla de hilos se da información de resistencia por unidad de longitud para los diversos tipos, en el Anexo 3 se ve la protección necesaria de acuerdo a la carga instalada.

Con la curva de carga y la capacidad de generación establecida, podemos determinar el factor de planta:

$$Fc = \frac{D_{promedio}}{D_{m\acute{a}x}} \tag{28}$$

$$Fc = \frac{418.88 W}{626W}$$

$$Fc = 0.669$$

**11.11.1. Energía consumida por la carga**

Hallada la energía diaria y de acuerdo a la afluencia de acuerdo al análisis de carga en un promedio de 30 días al mes determinamos la energía mensual.

$$\mathbf{Energía\ mensual = Energía\ diaria * días\ de\ consumo} \tag{23}$$

$$\mathbf{Energía\ mensual = 4.293\ kwh * 30\ días}$$

$$\mathbf{Energía\ mensual = 128.79\ kWh/mes}$$

Con el valor promedio de la energía mensual obtenemos el valor promedio anual, donde:

$$\mathbf{Energía\ anual = Energía\ mensual * \# meses\ al\ año} \tag{24}$$

$$\mathbf{Energía\ anual = 0.128\ MWh * 12\ meses}$$

$$\mathbf{Energía\ anual = 1,536\ MWh/año}$$

### 11.11.2. Energía de la capacidad máxima de generación.

Esta energía consumida es de la carga de la avícola, ahora determinamos la energía que aportará el generador al año con los 0.68 kW.

$$\text{Energía de generación diaria} = \text{Capacidad de generación} * \text{horas al día} \quad (29)$$

$$\text{Energía de generación diaria} = 0,68 \text{ kW} * 24 \text{ horas}$$

$$\text{Energía de generación diaria} = 0.0163 \text{ MWh/día}$$

#### a) Energía de generación mensual en los días operativos del generador.

$$\text{Energía de generación mensual} = \text{Energía diaria} * \# \text{ de días operativo} \quad (30)$$

$$\text{Energía de generación mensual} = 0.0163 \frac{\text{MWh}}{\text{día}} * 30 \text{ días}$$

$$\text{Energía de generación mensual} = 0.489 \text{ MWh/mes}$$

#### b) Energía de generación anual en los días operativos del generador.

$$\text{Energía de generación anual} = \text{Energía mensual} * \# \text{ de meses del año} \quad (31)$$

$$\text{Energía de generación anual} = 0.489 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Energía de generación anual} = 5.868 \text{ MWh/año}$$

#### c) Energía perdida entre la generación y la carga.

$$\text{Energía perdida anual} = \text{Energía generación anual} - \text{Energía anual carga} \quad (32)$$

$$\text{Energía perdida anual} = 5.868 \text{ MWh} - 1,536 \text{ MWh}$$

$$\text{Energía perdida anual} = 4.332 \text{ MWh/año}$$

Donde:

$$\% = \frac{\text{Energía anual de carga}}{\text{Energía anual de generación a potencia máxima constante}} \quad (33)$$

$$\% = \frac{1.536 \text{ MWh}}{5.868 \text{ MWh}} * 100$$

$$\% = 26.175$$

En la tabla 27 se muestra la energía consumida por la carga y la capacidad de generación establecida.

**Tabla 27.** Capacidad de generación establecida

<b>CAPACIDAD DE GENERACIÓN ESTABLECIDA</b>	
Factor de planta	0.669
Energía consumida por la carga	
Energía mensual	128.79 kWh/mes
Energía anual	1,536 MWh/año
Capacidad máxima de generación	
Energía que soportara el generador al día	0.0163 MWh/día
Energía que soportara el generador al mes	0.489 MWh/mes
Energía que soportara el generador al año	5.868 MWh/año
Energía perdida entre la generación y la carga	
<b>Energía perdida anual</b>	<b>4.332MWh/año</b>

## 12. IMPACTOS (TÉCNICOS, AMBIENTALES)

### 12.1. Aspecto técnico

El estudio de la mini planta de generación energética permite aprovechar el potencial energético de las excretas porcinas para la producción de biogás, el que se utilizara como combustible en el generador a utilizar según lo requerido para la generación de energía eléctrica con el fin de satisfacer las necesidades eléctricas de la avícola del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 12.2. Impacto Social

Se puede estipular que el impacto social será positivo debido a que una vez instalado el sistema de generación aportará con energía eléctrica a la avícola del Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitiendo abaratar costos energéticos.

### 12.3. Aspecto ambiental

El desarrollo del presente trabajo contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero, líquidos extraños; contaminación de fuentes hídricas que son producidos por los residuos de animales (porcinos). La disminución de la utilización de fertilizantes para el suelo ya que se obtiene un único subproducto al final del proceso anaerobio, el biol que es un excelente fertilizante para los terrenos.

## 13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

### 13.1. Análisis económicos

Tomando como referencia el Anexo 2, se detalla en la Tabla 28 los costos directos utilizados para el proyecto.

**Tabla 28.** Costos directos para la inversión en el proyecto

<b>COSTOS DIRECTOS</b>		
Descripción	Valor	Unidad
Costo de materiales para la construcción del biodigestor	712.76	USD
Costo de materiales para la instalación eléctrica	670.94	USD
Costo de materiales para invernadero	66.50	USD
Total, de costos directos	1450.24	USD

De igual manera se detallan los costos indirectos en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Costos indirectos para la inversión en el proyecto

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
Descripción	Valor	Unidad
Costo varios	149,30	USD
Total, de costos indirectos	149,30	USD

Una vez calculado los costos directos e indirectos se determinan los costos totales que se necesitará el proyecto. Los mismos que se especifican a continuación en la Tabla 30:

**Tabla 30.** Costos totales para la inversión en el proyecto

<b>COSTOS TOTAL DE PROYECTO</b>		
Descripción	Valor	Unidad
Costos directos	1450.24	USD
Costos indirectos	149.30	USD
Total	1599.50	USD

En la tabla 31 verificar el consumo de energía de los diferentes aparatos eléctricos que se utiliza en los ranchos, considerando que cada uno de ellos entra a funcionar en horarios diferentes. Según el pliego tarifario determina que para los consumidores comerciales con un consumo ( $4.293 \frac{kWh}{día}$ ) el precio del kWh es de 0.080 dólares.

**Tabla 31.** Costo de los kWh según su tensión.

<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA TENSIÓN CON DEMANDA</b>		
	<b>COMERCIALES</b>		1,414
	4,790	0,090	
	<b>INDUSTRIALES</b>		
	4,790	0,080	
	<b>ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>		
	4,790	0,080	
	<b>BOMBEO AGUA</b>		
	4,790	0,070	

A continuación, se calcula el costo que debería pagar por el consumo mensual de Energía.

$$\text{Costo mensual} = 4.293 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * 0.080 \text{USD} \quad (26)$$

$$\text{Costo mensual} = 10.30 \text{ USD}$$

$$\text{Costo anual} = 1536 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0.080 \text{ USD} \quad (27)$$

$$\text{Costo anual} = 122.88 \text{ USD}$$

### 13.2. Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión

Utilizando el concepto del valor presente y con un interés del 12% se tiene la siguiente expresión la cual permite calcular el valor presente de una serie de anualidades constantes que se pagan en un lapso de tiempo definido.

$$VP = A \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \quad (28)$$

**Dónde:**

**VP=** Es el valor presente.

**A=** Es la anualidad que se requiere traer a valor presente.

**i=** Es la tasa de inversión anual.

**n=** Es el periodo de años.

$$VP = 122.88 \left( \frac{(1 + 0.12)^7 - 1}{0.12(1 + 0.12)^7} \right)$$

$$VP = 560.794 \text{ USD en 7 años}$$

Además, para traer a valor presente una cantidad que se encuentra ubicada en un tiempo diferente al año cero y que no es una serie de anualidades constante se utilizará la siguiente expresión.

$$VP = A \ln \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right) \quad (29)$$

**Dónde:**

**AIn=** Es el valor que se requiere traer a valor presente.

$$VP = 560.794 \left( \frac{1}{(1 + 0.12)^7} \right)$$

$$VP = 253.674 \text{ USD en el año cero}$$

### 13.3. Relación beneficio/costo

Es la relación entre el valor presente respecto a la inversión inicial

$$\frac{B}{C} = \frac{253.674}{1599.50}$$

$$\frac{B}{C} = 0,158$$

### 13.4. Período de recuperación de la inversión

Para determinar el período de recuperación del capital se tiene:

$$RC = \frac{253.674}{1599.50} * 12 \text{ meses} \quad (30)$$

$$RC = 1.90 \text{ meses}$$

$$RC \approx 2 \text{ meses}$$

### 13.5. Resumen de resultados

Para los indicadores económicos se consideró una tasa de interés anual del 12 %. Además, se pudo determinar si el proyecto es factible o no que se detalla en la Tabla 32.

**Tabla 32.** Resumen de los resultados

<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b>		
Indicador	Valor	Detalle
Valor Presente Neto (VPN)	253.674	> 0 el proyecto es rentable debe ser aceptado
Relación Costo Beneficio (B/C)	0,158	> 1 se acepta el proyecto
Periodo de Recuperación	2	

Después de haber realizado el estudio pertinente de la producción de biogás en base a los excrementos de cerdos se establece que por falta de biogás, no se podrá abastecer con la demanda eléctrica requerida por la avícola, Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debido a que no se obtiene suficiente energía eléctrica en función del biogás obtenido.

#### **14. CONCLUSIONES**

- ✓ En primera instancia se concluye que es necesario realizar una investigación minuciosa acorde al tema de investigación permitiendo saber los pasos más seguros a seguir para el dimensionamiento del biodigestor y su generador más apto según el consumo de biogás y la potencia requerida.
- ✓ Después de haber realizado un análisis de carga en la avícola se obtiene que se necesita 4.293 kWh/día para cubrir con toda la demanda eléctrica, es decir el triple de energía obtenido de los 15 cerdos.
- ✓ En base a valores obtenidos del volumen de biogás se llegó a la conclusión que por el momento el proyecto no será factible debido a que no hay suficientes animales en la granja y por ende el potencial de biogás adquirido es muy bajo.
- ✓ Se concluye que mientras más excremento de animales se obtenga mejor será el rendimiento generado diariamente, tomando en cuenta que con 15 cerdos se obtuvo 23,5 kg de estiércol al día; dándonos un total de (0.049 m<sup>3</sup> de biogás por hora), debido a que el biogás es muy bajo y por ende la energía será de 0.109 kW por hora, es decir no se abastecerá ni con un 20 % en la energía requerida en la avícola.

#### **15. RECOMENDACIONES**

- ✓ Se considera aumentar la producción de excretas de animales para poder obtener mayor volumen de biogás y en base al mismo poder abastecer con energía eléctrica a la avícola y así poder abaratar costos energéticos
- ✓ Se recomienda realizar un estudio del comportamiento del generador a utilizar para el remplazo con biogás, con el fin de determinar las condiciones necesarias que requiere el generador.
- ✓ Es necesario analizar correctamente la distribución eléctrica que se va a realizar para la iluminación y calefacción debido a que los pollos tienen un nivel de calor específico para su crianza.
- ✓ Es necesario primero analizar la producción de biogás que se va a obtener versus el análisis de carga para saber si el proyecto realizado es viable o no y porque; en este caso nuestro proyecto no sería viable debido a la baja producción de biogás obtenido.

## 16. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Tesis Juan Antonio Tesis Diseño y Automatizacion.pdf». .
- [2] Bac:h. VEGA ARQUIAO, Jhon Alexis., «“DISEÑO, CO””STRUCCION Y EVALUACION DE UN BIODIGESTOR SEMICONTINUO PARA LA GENERACION - DE . , BIOGAS CON LA FERMENTACION ANAEROBICA DEL 1 ESTIERCOL DE CUY Y DE CONEJO PARA LA INSTITUCION EDUCATIVA PRIVADA CRISTIANA BERESHI"», Perú, 2015.
- [3] «Tesis I. M. 143 - Jara Salazar Francisco Xavier.pdf». .
- [4] D. Coronel y A. David, «Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas», p. 86, 2018.
- [5] «Propuesta de diseño de un biodigestor casero», México, 2011.
- [6] «UPS-KT00942.pdf». .
- [7] C. M. J. G. BASURTO CUSME CARLOS ANTONIO, «“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA Y DEMOSTRACIÓN DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CRIADERO PORCINO LA BONITA”», Latacunga, 2017.
- [8] J. P. S. Vinasco, «TECNOLOGÍA DEL BIOGAS», p. 19, 2002.
- [9] «CB-0557814.pdf». .
- [10] «UPS-CT004750.pdf». .
- [11] «30744.pdf». .
- [12] Andrés Daniel Apolo Yagual, «Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobio prototipo de bajo costo», UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, Quito.
- [13] I. P. González, «LATACUNGA – ECUADOR 2015», p. 195.
- [14] «T-UTC-0232.pdf». .
- [15] «T-UIDE-0112.pdf». .
- [16] N. E. G. Prado y J. E. S. Quizhpe, «TESIS DE GRADO PREVIA A OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.», p. 234.
- [17] Edwin Toala, «“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE POLIETILENO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO EN EL RANCHO VERÓNICA.”», Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2013.
- [18] «Aplicaciones del Biogás 1C 07.pdf». .

- [19] Martí Herrero Jaime, «biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación», en biodigestores de polietileno tubular a bajo costo para trópico, valle y altiplano., Bolivia, 2008.
- [20] «08\_0614\_EA.pdf». .
- [21] «30744.pdf». .
- [22] «UPS-KT00942.pdf». .
- [23] C. V. Z. Pantoja, «ESTUDIO TÉCNICO DE UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOMASA EN LOS MUNICIPIOS DE GUACHUCAL, CUMBAL Y OSPINA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO», p. 92, 2014.
- [24] B. D. F. Armando, «FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ», p. 88.
- [25] «generador.pdf». .
- [26] «A7.pdf». .
- [27] N. E. G. Prado y J. E. S. Quizhpe, «TESIS DE GRADO PREVIA A OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO.», p. 234.
- [28] K. I. P. Macas, «TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS SOCIALES CON MENCIÓN EN GOBERNANZA ENERGÉTICA», p. 131, 2016.
- [29] «UTC-PC-000195.pdf». .
- [30] K. R. C. Nacaza, «PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO», p. 170.
- [31] C. V. C. Puente y I. M. F. Rivera, «INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL», p. 77.

# ANEXOS

## **ANEXO 1. Manual de construcción, operación y mantenimiento del biodigestor tubular.**

### **INTRODUCCIÓN**

Este manual presenta la estructura básica a seguir para su correcto uso y mantenimiento del biodigestor, es aconsejable que siga cuidadosamente las instrucciones, debido a que es para el buen funcionamiento del biodigestor tubular como para la duración, por lo que es necesario seguir adecuadamente los siguientes pasos.

### **Localización del sitio**

En primer lugar es necesario definir un lugar estratégico donde se construirá la mini planta de biogás tomando en cuenta ciertos factores como:

- Es necesario evitar terrenos de relleno, pedroso, pantanosos o sujetos a indizaciones para evitar pérdidas económicas.
- Es necesario realizar una topografía del sitio, tomando en cuenta las características del suelo y nivel de agua subterránea que se va a tener en el sitio donde se va a realizar la excavación de la zanja.
- Es necesario evitar el tránsito vehicular, peatonal y animal en el área donde se va a escarbar la zanja para el biodigestor.
- Un factor decisivo en la elección es el diseño, además de lo mencionado anteriormente es tomar en cuenta la temperatura promedio mensual atmosférica que se va a tener y el tipo de invernadero a utilizar.
- Tener acceso a la materia prima y agua suficiente, ya que es necesario para efectuar la carga diaria para el biodigestor.
- Es necesario que la materia prima a utilizar este bien mezclado y sin desechos que puedan dañar el biodigestor o taponar las tuberías.
- Es necesario que el biogás a utilizar este cerca del sitio donde se va a construir el biodigestor, con el fin de evitar perdidas de biogás.

### **PARÁMETROS NECESARIOS ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN**

#### **a) Volumen liquido**

Si resulta favorable la comparación entre las necesidades de biogás y el potencial de generación, se puede proceder al cálculo de la planta.

### **b) Sólidos totales en cerdos (kg/ m<sup>3</sup>)**

De forma general según investigaciones realizadas se puede decir que el estiércol fresco tiene entorno a un 17% de los sólidos totales, tomando en cuenta que el rango puede variar entre (13 a 20%). De tal forma que los sólidos totales van a representar el peso del estiércol una vez seco.

### **c) Tiempo de retención de la biomasa**

Para saber el tiempo de retención es necesario saber la temperatura para la biodegradación de la materia prima, tomando en cuenta que el mismo va estar tapado con un plástico rígido (perspex) para mantenerlo a una temperatura más alta para la degradación más rápida del estiércol, el tiempo estimado para su degradación es de 15 a 20 días.

### **d) Volumen de almacenamiento de gas**

Para estimar el volumen de almacenamiento de gas es necesario saber la cantidad de excretas de animales que se va a obtener durante las horas estimadas que el animal permanecerá en el corral.

### **e) Dimensionamiento del generador**

El generador se dimensiona en base al biogás obtenido ya que de eso va a depender el funcionamiento del mismo, por otro lado se toma en cuenta los generadores existentes en el mercado para poder implementarlo.

### **f) Longitud del biodigestor**

Para estimar la longitud del biodigestor es necesario tomar en cuenta algunos parámetros como por ejemplo:

- Determinar la longitud y el radio del biodigestor tubular, después de haber realizado los cálculos necesarios se debe tomar en cuenta el ancho del rollo y el radio de la manga.
- El polietileno tubular a tomar en cuenta se puede conseguir a partir de 50 m en adelante con un ancho de rollo que varía normalmente entre 1, 1.25, 1.50, 1.75, 2 ya que este ancho del rollo equivale la mitad de la circunferencia total del plástica.

## **MATERIALES NECESARIOS PARA SU CONSTRUCCIÓN**

### **Materiales para la biobolsa**

- Biobolsa
- Dos salidas de PVC de 4 pulgadas en los extremos
- Conducto de gas inicial (tubo PVC 2")

- Abrazaderas para manguera
- Tramo de cinta negra auto adherible para reparaciones de geomembrana
- Dos piezas Y de PVC de 4"
- Dos codos PVC de 4" [24].

### **Invernadero para la construcción del biodigestor**

#### ➤ **Materiales**

- • 4 palos de 1,85 m de largo y 0,2m de diámetro.
- • 3 palos de 3 m de largo y 0,2 m de diámetro.
- • ½ libra de clavos de 1 ½ pulgada y media.
- • 6 metros de plástico para invernadero de ancho de 4.5 m y con un grosor de 8 líneas.

### **Materiales para la caja de mezcla**

- ✓ 2 Codos de 3"
- ✓ 1 Acoples de 2"
- ✓ 1 Acoples machos de 3"
- ✓ 1 Adaptadores hembra 3"
- ✓ 1 Válvula de esfera de 3"
- ✓ 1 Tubo de 3"
- ✓ 1 caja de mezcla de excretas para 50lt

### **Materiales para la caja de salida**

- ✓ 1 Codo de 3"
- ✓ 1 codo en Y de 3"
- ✓ 1 Acoples de 2"
- ✓ 1 Acoples machos de 3"
- ✓ 1 Adaptadores hembra 3"
- ✓ 1 Válvula de esfera de 3"
- ✓ Tubo de 3"
- ✓ 1 caja para el biol de 30 l

### **Materiales necesarios para la conducción de gas**

- 30 metros de tubería PVC de ½" se puede utilizar la tubería de riego.
- 5 codos de PVC de ½".
- 5 niples PVC de ½".
- 5 tee de PVC de ½"

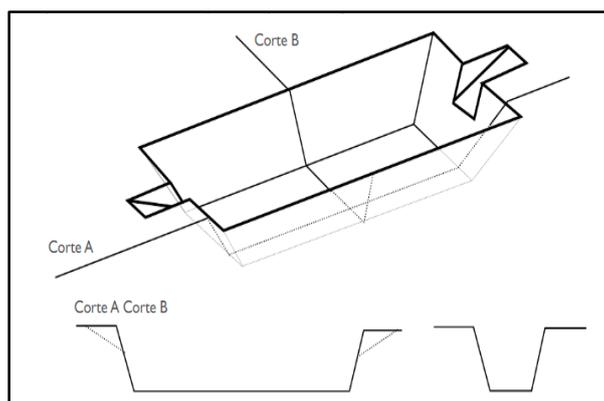
- 5 llaves de bola de ½” de plástico.
- Reservorio
- 3 tubos de hierro de ½” con rosca de 12 cm.
- 3 tubos de hierro de ½” con rosca de 7cm.
- 3 codos de hierro de ½” con rosca.

## **CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL BIODIGESTOR**

### **Zanja del biodigestor tubular**

Para el diseño de la zanja se debe tomar en cuenta el sitio donde se va a escavar la zanja con el fin de que el mismo sea el adecuado y además este cerca de la substancia, de la misma manera que este cerca del sitio en donde se va a utilizar el biogás tomando en cuenta que mientras más lejos este más potencia necesitara para el paso del mismo y por ende puede haber perdidas [19]. Diseño de la zanja en su frente horizontal y vertical así como se ve en la ilustración 26.

**Ilustración 20.** Diseño de la zanja según sus dimensiones.



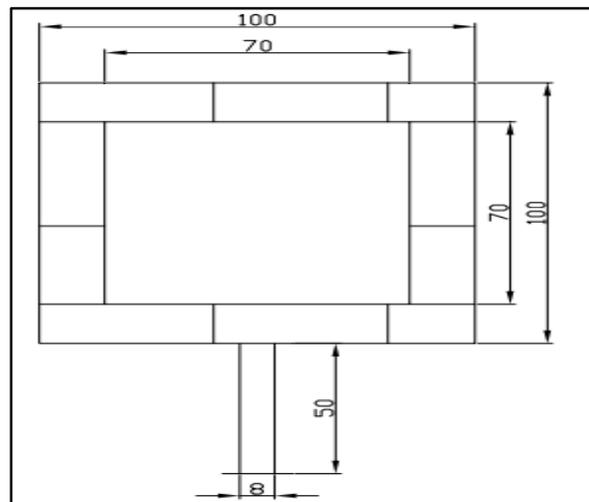
### **Preparación de la bolsa para la digestión**

- Se debe tomar en cuenta las longitudes del plástico ya que no es fácil conseguirlas de la medida que se necesita.
- Para la construcción de biobolsa es necesario tomar en cuenta el sitio.
- El material más apropiado para el diseño es el plástico que se utiliza para los invernaderos ya que normalmente vienen con filtros ultra violetas con el fin de que ayuden a prolongar la vida del plástico por más tiempo.
- Es necesario realizar un invernadero que evite el contacto directo con el sol con el fin de que el biodigestor tenga más años de vida útil y nos ayude a obtener más rápido el biogás que se requiere para utilizarlo como energía eléctrica en la avícola.

### Tanque de mezcla de digestión o reactor

El tanque de digestión es la parte principal del biodigestor ya que el mismo va estar ubicado a diferente nivel del digestor con el fin de que el sustrato pueda ingresar con facilidad, en la parte inferior de la caja de carga, tomando en cuenta que la caja será de 1m de alto por 1m de ancho, debido a que es necesario colocar un tapón con el fin de que al mezclar estiércol con agua no haya goteo o pérdida de líquido, también se recomienda que se use una malla de metal en la tubería para separar los sólidos de gran tamaño o elementos corto punzantes.

**Ilustración 21.** Dimensiones del tanque de carga (cm)



Para la construcción del tanque de descarga, este tendría las mismas dimensiones del tanque de carga.

### Construcción de la caja de descarga o reservorio del biol

Para el diseño de la construcción del reservorio se ha tomado en cuenta algunos parámetros importantes como realizar con cemento y ladrillo la caja de descarga pero al mismo acoplar tubería Y una para la parte sólida y otra para la parte líquida del biol, en este caso, se debe realizar la excavación una vez que se quiera implementar con la finalidad de se puede almacenar el biofertilizante.

### Tubería de entrada y salida.

Se investigó que para el diseño del biodigestor hay que tomar en cuenta la zona donde se va a construir:

- Ya que en zonas rurales se debe utilizar material de (PVC), ya que es el más adecuado, debido a que el tubo debe ser sujetado herméticamente al plástico con el fin de que no haya fugas al rato de ingresar y salir la mezcla [31].

## **Sistema de Gas**

Este sistema cumple la función de trasladar el biogás generado en el digestor desde este hacia los puntos donde se lo ocupará o almacenara.

### **Tubería de salida de biogás**

- Esta tubería debe ser de polietileno ya que cuenta con resistencia química, al paso del gas.

Inconvenientes en caso de que la tubería está muy baja o arriba:

- Si la boca de la salida del biogás está por debajo de la profundidad estimada, se reducirá la altura del lodo en el interior y por ende se reducirá el volumen líquido y el tiempo de retención [31].

### **Válvula de seguridad**

- Esta válvula debe estar ubicada cerca del biodigestor, en la tubería de salida, fabricada de forma sencilla con una botella de plástico parcialmente llena de agua.

La función es formar un sello de agua para permitir que el gas salga en condiciones normales. En el caso que no se consuma el biogás por completo se pueda escapar evitando que incremente la presión dentro del biodigestor y se forme fisuras o rupturas en el plástico [31].

### **Tanque de reservorio de biogás**

El tanque debe ser del mismo material que el digestor u otro resistente ya que depende del mismo para que se realice una buena mezcla antes de entrar al biodigestor.

### **Dispositivo de seguridad**

Es necesario utilizarlo con el fin de que evite la ruptura del fermentador, ya que se puede romper debido a altas presiones que hay durante la transformación anaeróbica de las excretas de animales.

## **RECOMENDACIONES GENERALES DE FUNCIONAMIENTO**

### **Parámetros antes de su funcionamiento:**

- Principalmente hay que tomar en cuenta que las paredes de la zanja estén bien compactas y duras para evitar daños.
- Se debe diseñar el biodigestor tomando en cuenta el ancho del rollo y el volumen del biodigestor con el fin de prevenir daños y contaminación.
- Por otro lado es necesario saber el % que va a ocupar la cúpula debido a que la zanja está diseñada para que ocupe un 25 % y lo demás sea para el volumen líquido, ya que

si no es así el tiempo de retención será de mucho más tiempo y podría dañar el biodigestor [19].

### **Normas de seguridad**

Para evitar contaminación y riesgos biológicos se deberá utilizar los equipos de protección que se encuentran descritos en las reglas básicas de seguridad.

### **El invernadero**

Es necesario revisar a menudo la estructura con el fin de evitar que ingrese fío dentro del invernadero ya que se disminuirá la temperatura y por ende la disminución de la descomposición del biogás.

- Es recomendable revisar la temperatura y la humedad constantemente para que no haya problemas de degradación.
- Es necesario que la temperatura este por encima del 25 % para su correcta biodegradación.

### **La mezcla**

Es necesario verificar que las excretas estén limpias sin residuos extraños como:

- Desperdicios de comida
- Fundas o paja
- Piedras entre otros.

### **Filtros de agua**

Se debe revisar semanalmente la válvula de seguridad del agua, para evitar que se dañe, de tal modo que es de gran importancia llenarla hasta un nivel establecido.

## **OPERACIÓN DEL BIODIGESTOR PASO A PASO**

Es necesario tomar algunas precauciones cuando ya esté en funcionamiento del biodigestor

1. Primero colocación del equipo de seguridad para evitar contaminación con las bacterias presentes en el estiércol.
2. Recolección de las excretas, verificando que no haya residuos de comida o algún otro elemento como piedras y pajas con el fin de evitar que tape la tubería.
3. Pesado de las excretas.
4. Revisar que el tanque de alimentación de excretas este sin ningún elemento extraño en su interior (piedras, palos o fundas que puedan obstruir la tubería).

5. Revisar que la válvula de esfera se encuentre cerrada.
6. Colocar en el tanque de carga el agua requerida según la cantidad de excretas recolectadas.
7. Mezclar las excretas con el agua hasta tener unas mezclas homogéneas.
8. Una vez homogeneizado la mezcla proceder a abrir la llave de paso
9. Verificar de la trampa de agua cada día, si el nivel del agua está en el rango adecuado (al borde del agujero), caso contrario llenar hasta su límite con una jeringa.
10. Es necesario mantener siempre visible los manómetros de presión del equipo con el fin de que (nos permita saber la medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en el biodigestor).
11. Es necesario revisar constantemente los filtros de agua por lo general y recomendable cambiarlos cada 6 meses tomando en cuenta que se puede entrar basuras y dañarlo al biodigestor o romperlo.
12. Mantener las llaves de paso cerradas en caso de que no se utilizó el biodigestor.
13. Realizar mantenimientos adecuadamente cada 2 años.
14. Cada vez que se vaya a realizar algún mantenimiento del equipo es necesario primero cerrar las válvulas con el fin de que no escape el biogás ya que eso es un gas inflamable y tóxico.
15. Normas de seguridad antes de ponerse en contacto con el biodigestor con el fin de evitar contaminación y riesgos biológicos en el ser humano.
16. Es necesario realizar el cambio de mallas por lo general cada 2 años pero siempre y cuando lejos del agua o alimentos debido a que el ácido sulfúrico es tóxico, por lo que es recomendable ponerlos en cajas para luego enterrarlos y evitar cualquier daño a la salud.
17. En el reservorio de biogas es necesario verificar que no haya fugas en los acoples ni en el reservorio.
18. Verificar que la válvula de paso se encuentre en posición abierta para que exista flujo continuo de biogás al reservorio [14].

### **Reglas básicas de seguridad dentro y fuera del biodigestor**

Las reglas básicas aquí indicadas se encuentran ubicadas en los alrededores del biodigestor, están destinadas para proteger la salud y la integridad de las personas [14].

**Tabla 33.** Reglas básicas de seguridad

 <p>NO FUMAR</p>	Prohibido fumar
 <p>PELIGRO GAS INFLAMABLE</p>	Materiales inflamables
 <p>RIESGO ELECTRICO</p>	Riesgo eléctrico
 <p>OBLIGATORIO EL USO DE LOS GUANTES</p>	Obligación de usar protección para las manos
 <p>USO OBLIGATORIO DE ROPA PROTECTORA</p>	Obligación de usar ropa de protección para el cuerpo
 <p>USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA</p>	Obligación de usar protección respiratoria

**Es necesario tener en cuenta lo siguiente:**

**No prender fuego ni fumar cerca del biodigestor**

Debido a que el biogás es un combustible que puede inflamarse y generar explosiones por ende es necesario tener precaución del fuego.

**Utilizar mascarillas**

Con el fin de evitar inhalar biogás, debido a que el biogás es dañino para la salud del ser humano, debido a algunos componentes que posee el mismo.

**Es necesario cambiar y rellenar el filtro de ácido sulfhídrico**

Cuando se necesite dar mantenimiento a los filtros es necesario tomar en cuenta algunos parámetros:

- Es necesario cerrar la válvula de paso
- Desconectar la tubería de origen con el fin de evitar fugas de biogás.

**SOLUCIÓN A PROBLEMAS DESPUES DE SU IMPLEMENTACIÓN**

**En caso de que se tapone la tubería**

- Es necesario realizar observaciones debidamente la tubería con el fin de asegurar que el flujo de descarga hacia el tanque de almacenamiento sea constante.

En caso de que no haya flujo continuo en la tubería se debe proseguir a:

- Primero se debe abrir la válvula con el fin de evitar de que no haya derrames de biol una vez verificado hay que cerrarlo bien.
- Hay que desarmar con cuidado la tubería para verificar su taponamiento.
- Una vez encontrada la obstrucción hay que sacarla y lavar la tubería con agua simple sin cloro ni otras sustancias.

**En caso de generar poco biogás**

Se debe a varios motivos:

- Uno puede ser por la mezcla de agua y excretas.
- Por otro lado es por las excretas mal disueltas u otros desechos extraños que necesitan de más tiempo de degradación y por ello el proceso anaeróbico de demoran.
- Se debe realizar una buena mezcla de agua y excretas para evitar demoras o taponamiento de las tuberías.
- Hay que tomar muy en cuenta que cuando los animales están vacunados, las excretas se deben desechar, ya que los mismos afectan a la biodegradación.

- Las excretas se las debe utilizar después del cuarto día cada vez que los animales estén en periodo de vacunación.

**ANEXO 2.** Detalle de costos directos y costos indirectos para análisis económico.

**Tabla 34.** Costo de materiales para construcción de biodigestor y demás elementos a implementar para la salida del biogás hasta el generador

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
Costo de materiales para instalación del biodigestor			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
Plástico transparente para invernadero de 8 micras de espesor.	14	5.6	78.40
Codo PVC de 3 pulgada	4	6.48	25.92
Acoples macho PVC de 3 pulgada	2	3.62	7.24
Acoples hembra PVC de 3 pulgada	2	3.72	7.44
Válvula reguladora de presión	2	106.12	212.24
T de PVC de 3 pulgada	2	5.35	10.70
Llaves de paso	2	15.95	63.80
Tubos de PVC de 3 pulgada	6	22.05	132.30
Cinta teflón	1	0.82	0.82
Medidor de presión	1	4.35	4.35
Medidor de volumen de gas	2	55	110
Pega tubo	3	19.85	59.55
<b>Total</b>			<b>712.76</b>

**Tabla 35.** Costo de materiales para instalación eléctrica

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
Costo de materiales para instalación eléctrica			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
Rollo de Cable # 10 AWG	1	0.63	63.84
Rollo de Cable # 12 AWG	1	0.39	39.15
Rollo de Cable # 8 AWG	1	80	80
Breakers monofásico 50 A	1	4.83	4.83
Breakers monofásico 40 A	1	4.85	4.85
Breakers monofásico 20 A	2	4.20	8.40
Motor generador	1	300	300
Tablero de distribución	1	29.87	29.87
Instalación eléctrica	1	100	100
Adaptación y calibración del carburador del motogenerador eléctrico.	1	40	40
<b>TOTAL</b>			<b>670.94</b>

Herramientas y elementos necesarios para la construcción

**Tabla 36.** Costo elementos para el invernadero

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
Material para invernadero			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
Clavos de ½	1	0,90	0,90
Plástico de invernadero de 8 micras de espesor	8	5,70	45,60
Palos de 1,80 m	8	2,50	20
<b>TOTAL</b>			<b>66,50</b>

Imprevistos del proyecto

**Tabla 37.** Costos Varios.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
Costos de impresión y algunos elementos necesarios			
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Internet	20	0,20	4
Empastado	5	15	75
Copias	300	0,03	9
Resmas de papel	1	3,8	3,8
Impresiones	150	0,15	22,50
Anillado	5	2	10
Flash memory	1	10	10
Pasajes	3	5	15
<b>Total</b>			<b>149,30</b>

**ANEXO 3.** Valores normalizados en cables A.W.G

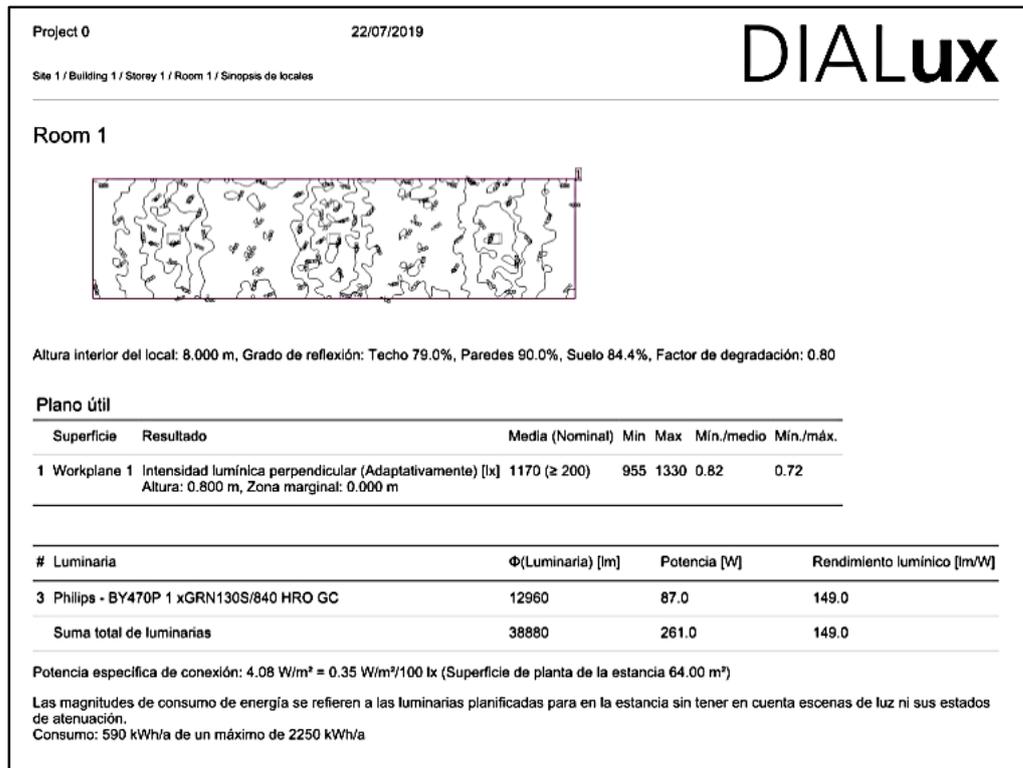
Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58



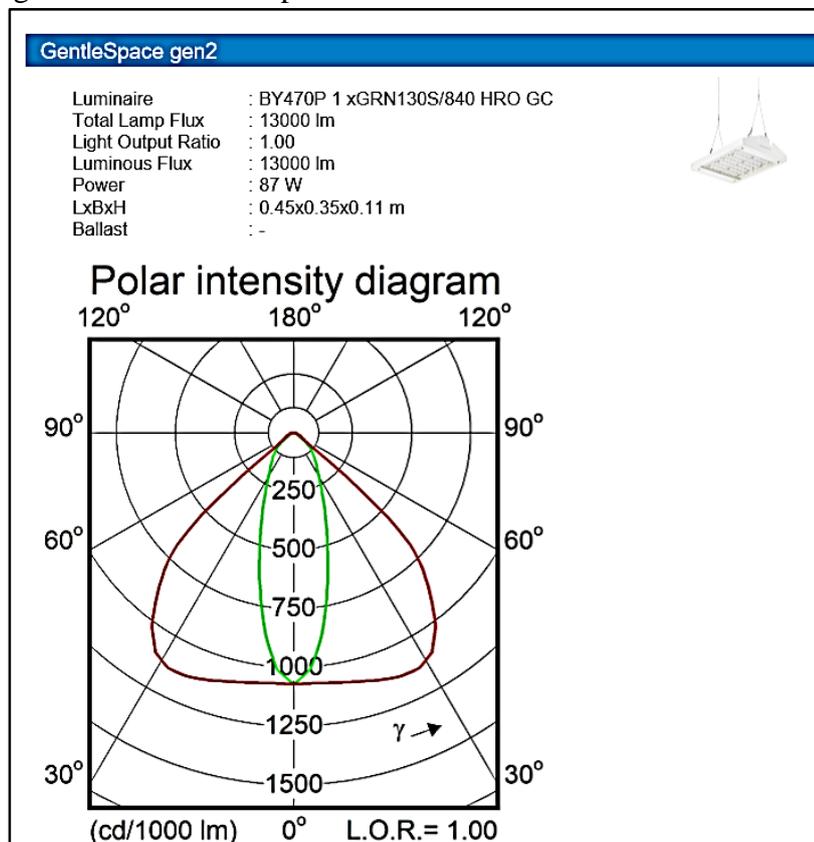
MATRIZ: PARQUE INDUSTRIAL "EL SAUCE", KM. 11 1/2 VIA DAULE GUAYAQUIL - ECUADOR  
 TELÉFONOS: GUAYAQUIL: (593) 4 370 5460 - QUITO: (593) 2 282 9111 - CUENCA: (593) 2 800 3251

[www.electrocable.com](http://www.electrocable.com)

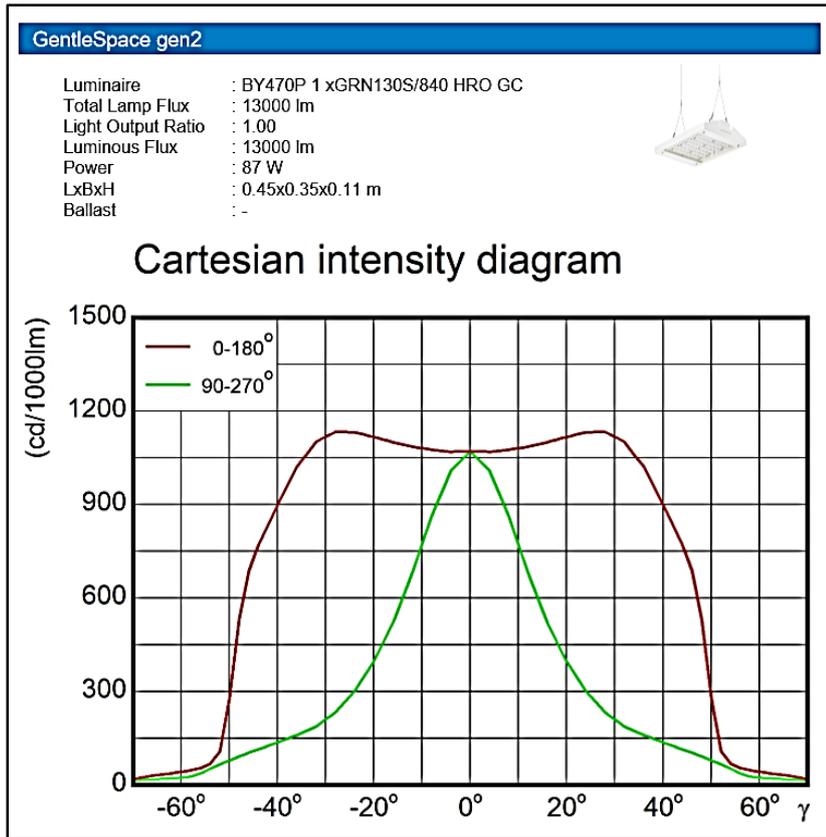
## ANEXO 4. Resultado de la modelación en DIALux



## ANEXO 5. Diagrama de intensidad polar de luminaria



**ANEXO 6. Diagrama de intensidad cartesiana**



**ANEXO 7. Tabla del factor de utilización**

**GentleSpace gen2**

Luminaire : BY470P 1 xGRN130S/840 HRO GC  
 Total Lamp Flux : 13000 lm  
 Light Output Ratio : 1.00  
 Luminous Flux : 13000 lm  
 Power : 87 W  
 LxBxH : 0.45x0.35x0.11 m  
 Ballast : -

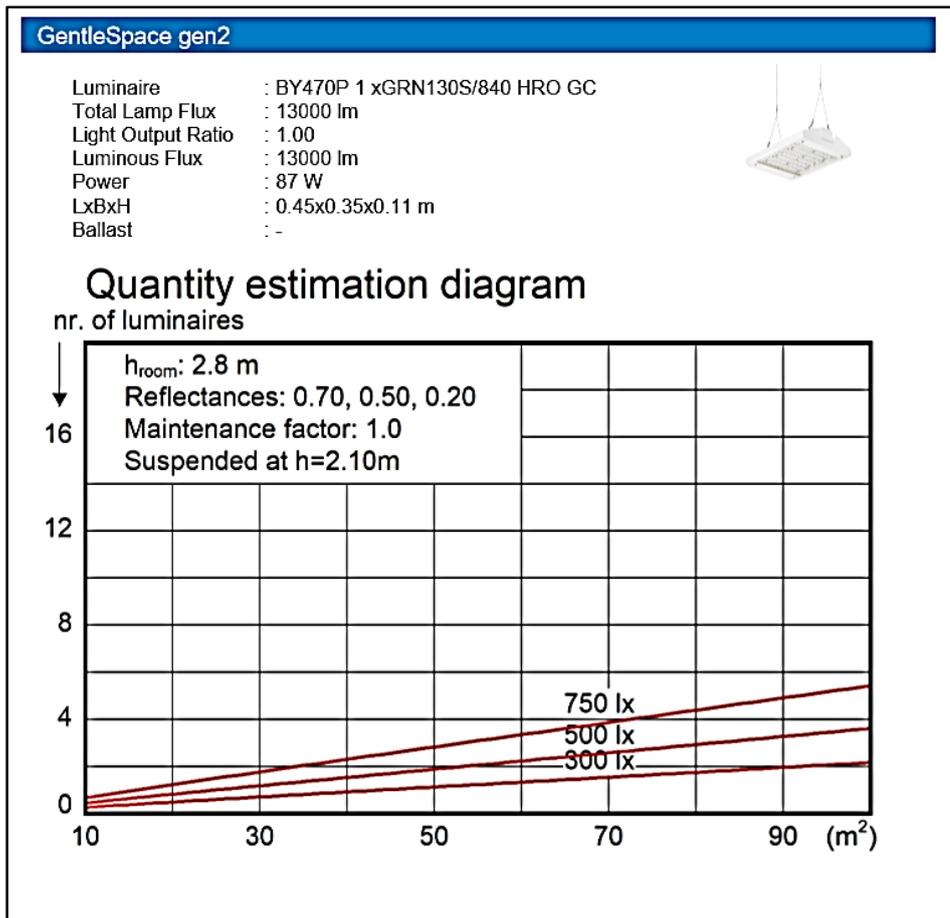


**Utilisation factor table**

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80		0.70				0.50		0.30		0.00	
	0.80	0.50	0.80	0.50	0.70	0.50	0.30	0.50	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.68	0.66	0.68	0.67	0.66	0.62	0.61	0.59	0.61	0.59	0.57	
0.80	0.77	0.73	0.76	0.75	0.73	0.69	0.69	0.66	0.68	0.66	0.64	
1.00	0.84	0.79	0.83	0.81	0.79	0.75	0.75	0.72	0.74	0.72	0.71	
1.25	0.90	0.85	0.89	0.87	0.84	0.80	0.80	0.77	0.80	0.77	0.76	
1.50	0.95	0.88	0.94	0.91	0.88	0.84	0.84	0.81	0.83	0.81	0.80	
2.00	1.03	0.94	1.01	0.97	0.93	0.90	0.90	0.88	0.89	0.87	0.86	
2.50	1.08	0.97	1.06	1.01	0.97	0.94	0.93	0.92	0.93	0.91	0.90	
3.00	1.11	1.00	1.09	1.04	0.99	0.97	0.96	0.94	0.95	0.94	0.92	
4.00	1.16	1.02	1.13	1.07	1.01	1.00	0.99	0.97	0.97	0.96	0.95	
5.00	1.19	1.04	1.16	1.09	1.03	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	

Suspended mounted

**ANEXO 8.** Diagrama de estimación cuantitativa



ANEXO 9. Tabla de calificación de deslumbramiento unificado

Unified Glare Rating table

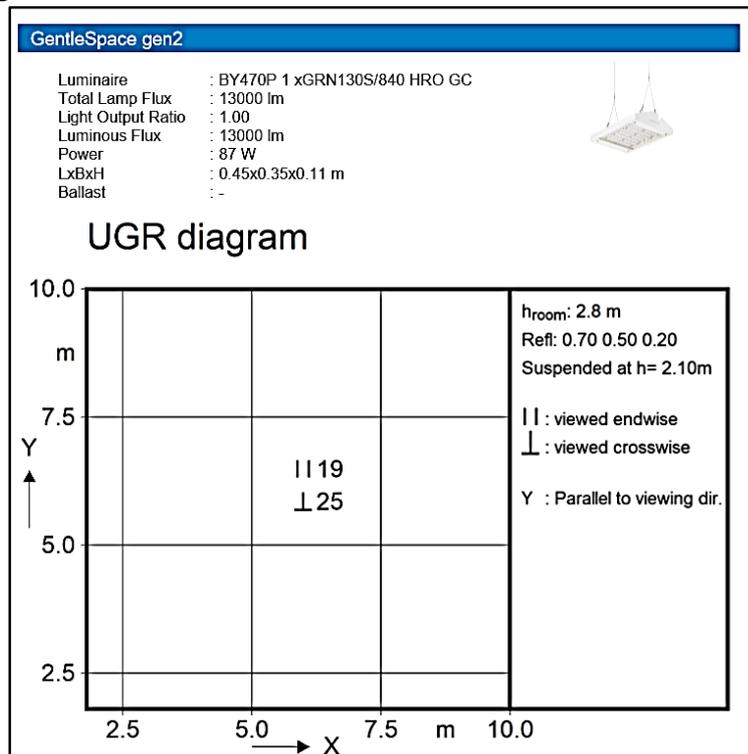
Corrected UGR values						(per 1 x 13000 lm)					
Reflectances:		0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30
Ceiling		0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30
Wall		0.50	0.30	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	0.30
Floor cavity		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Room dimensions:		Viewed crosswise					Viewed endwise				
X	Y										
2H	2H	24.2	25.2	24.5	25.3	25.5	17.5	18.5	17.8	18.7	18.8
	3H	24.2	25.1	24.5	25.3	25.5	17.8	18.7	18.1	18.9	19.1
	4H	24.2	25.0	24.5	25.2	25.5	18.0	18.8	18.3	19.0	19.2
	6H	24.2	24.9	24.5	25.2	25.4	18.0	18.8	18.3	19.0	19.3
	8H	24.1	24.8	24.4	25.1	25.4	18.0	18.7	18.3	19.0	19.3
	12H	24.1	24.8	24.4	25.1	25.3	18.0	18.7	18.3	18.9	19.2
3H	2H	24.1	25.0	24.4	25.2	25.4	17.6	18.5	17.9	18.7	18.9
	3H	24.1	24.9	24.4	25.1	25.4	18.0	18.7	18.3	19.0	19.2
	4H	24.1	24.8	24.5	25.1	25.4	18.1	18.8	18.5	19.1	19.4
	6H	24.1	24.7	24.5	25.0	25.3	18.2	18.8	18.6	19.1	19.4
	8H	24.1	24.6	24.4	25.0	25.3	18.2	18.8	18.6	19.1	19.4
	12H	24.0	24.5	24.4	24.9	25.2	18.2	18.7	18.6	19.0	19.4
4H	2H	24.0	24.8	24.3	25.1	25.3	17.6	18.4	17.9	18.6	18.9
	3H	24.1	24.7	24.4	25.0	25.3	18.0	18.7	18.3	19.0	19.2
	4H	24.1	24.7	24.4	25.0	25.3	18.2	18.8	18.6	19.1	19.4
	6H	24.1	24.6	24.4	24.9	25.3	18.3	18.8	18.7	19.2	19.5
	8H	24.0	24.5	24.4	24.9	25.2	18.3	18.8	18.7	19.1	19.5
	12H	24.0	24.4	24.4	24.8	25.2	18.3	18.7	18.7	19.1	19.5
6H	2H	24.0	24.7	24.3	24.9	25.2	17.6	18.3	17.9	18.6	18.8
	3H	24.0	24.6	24.3	24.9	25.2	18.0	18.6	18.4	18.9	19.2
	4H	24.0	24.5	24.4	24.9	25.2	18.2	18.7	18.6	19.1	19.4
	6H	24.0	24.4	24.4	24.8	25.2	18.4	18.8	18.8	19.1	19.5
	8H	24.0	24.3	24.4	24.7	25.2	18.4	18.7	18.8	19.1	19.5
	12H	23.9	24.3	24.4	24.7	25.1	18.4	18.7	18.8	19.1	19.5
8H	2H	23.9	24.6	24.2	24.9	25.2	17.5	18.2	17.8	18.5	18.8
	3H	24.0	24.5	24.3	24.8	25.2	18.0	18.6	18.4	18.9	19.2
	4H	24.0	24.4	24.4	24.8	25.2	18.2	18.7	18.6	19.1	19.4
	6H	24.0	24.3	24.4	24.7	25.2	18.4	18.7	18.8	19.1	19.5
	8H	23.9	24.3	24.4	24.7	25.1	18.4	18.7	18.8	19.1	19.6
	12H	23.9	24.2	24.4	24.6	25.1	18.4	18.6	18.8	19.1	19.5
12H	2H	23.9	24.5	24.2	24.8	25.1	17.5	18.2	17.8	18.5	18.7
	3H	23.9	24.4	24.3	24.8	25.1	18.0	18.5	18.4	18.8	19.2
	4H	23.9	24.4	24.4	24.7	25.1	18.2	18.6	18.6	19.0	19.4
	6H	23.9	24.2	24.4	24.7	25.1	18.3	18.6	18.8	19.1	19.5
	8H	23.9	24.2	24.4	24.6	25.1	18.4	18.6	18.8	19.1	19.5
	12H	23.9	24.1	24.3	24.5	25.0	18.3	18.6	18.8	19.0	19.5

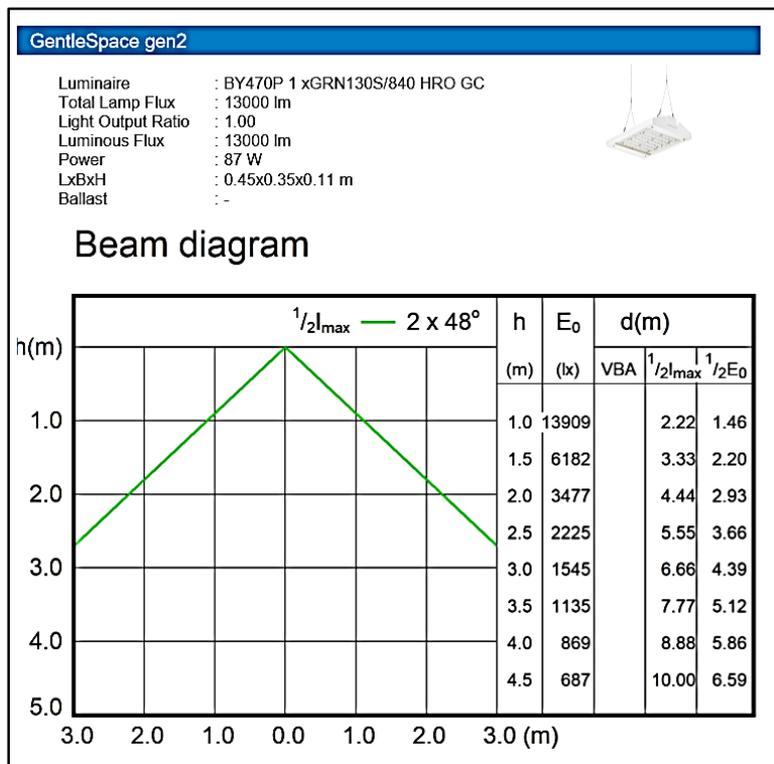
Spacing	Variations with observer position			
1H	+3.6/	-5.2		+0.7/ -1.3
1.5H	+6.2/	-6.2		+1.6/ -2.7
2H	+8.2/	-6.5		+3.1/ -3.0

UGRcen (4Hx8H, 0.25H): 24.0

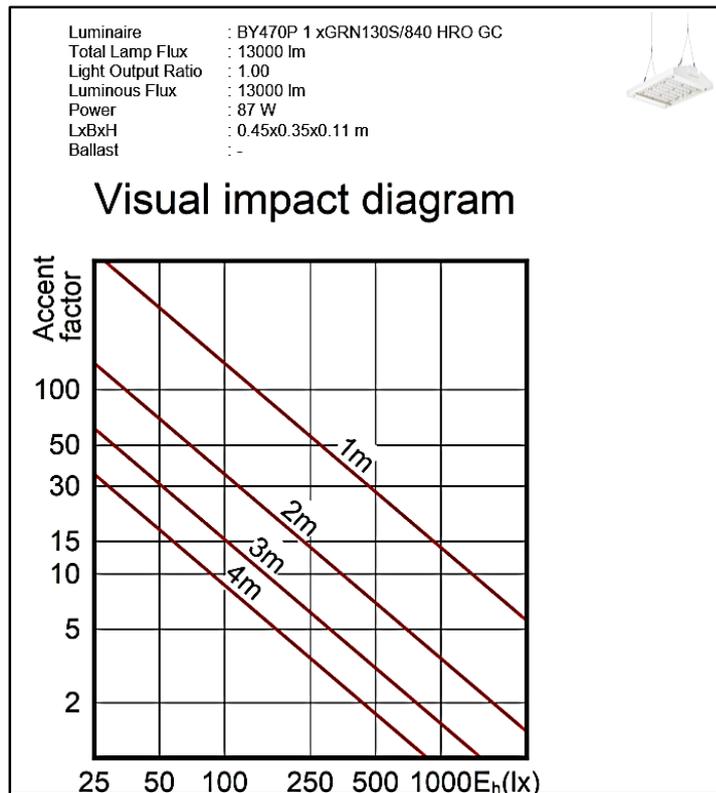
## ANEXO 10. Diagrama UGR



## ANEXO 11. Diagrama de haz



## ANEXO 12. Diagrama visual de impacto



## ANEXO 13. Tabla de iluminación

Luminaire : BY470P 1 xGRN130S/840 HRO GC  
 Total Lamp Flux : 13000 lm  
 Light Output Ratio : 1.00  
 Luminous Flux : 13000 lm  
 Power : 87 W  
 LxBxH : 0.45x0.35x0.11 m  
 Ballast : -

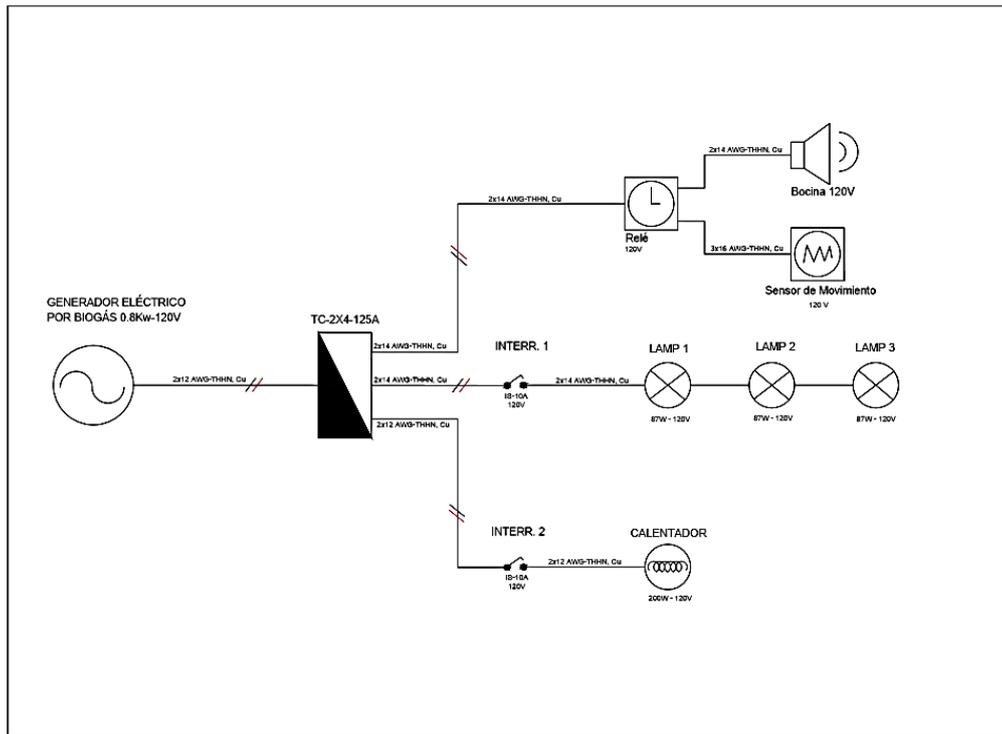
**Luminance Table**

Plane Cone	0.0	45.0	90.0
45.0	134874	19363	20105
50.0	56496	15751	15914
55.0	13959	11352	10152
60.0	10990	6190	6190
65.0	9775	5446	5694
70.0	7017	4870	5407
75.0	6106	4104	4408
80.0	3776	2870	3021
85.0	1655	1204	1730
90.0	-	-	-

(cd/m<sup>2</sup>)

**ANEXO 14.**

**Diagrama unifilar de la avícola**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2019



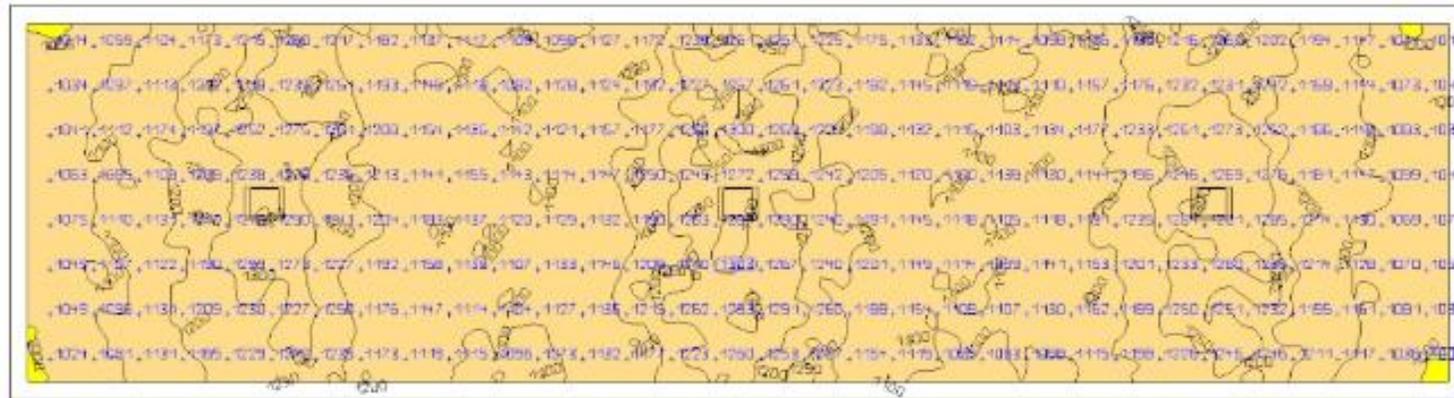


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2019



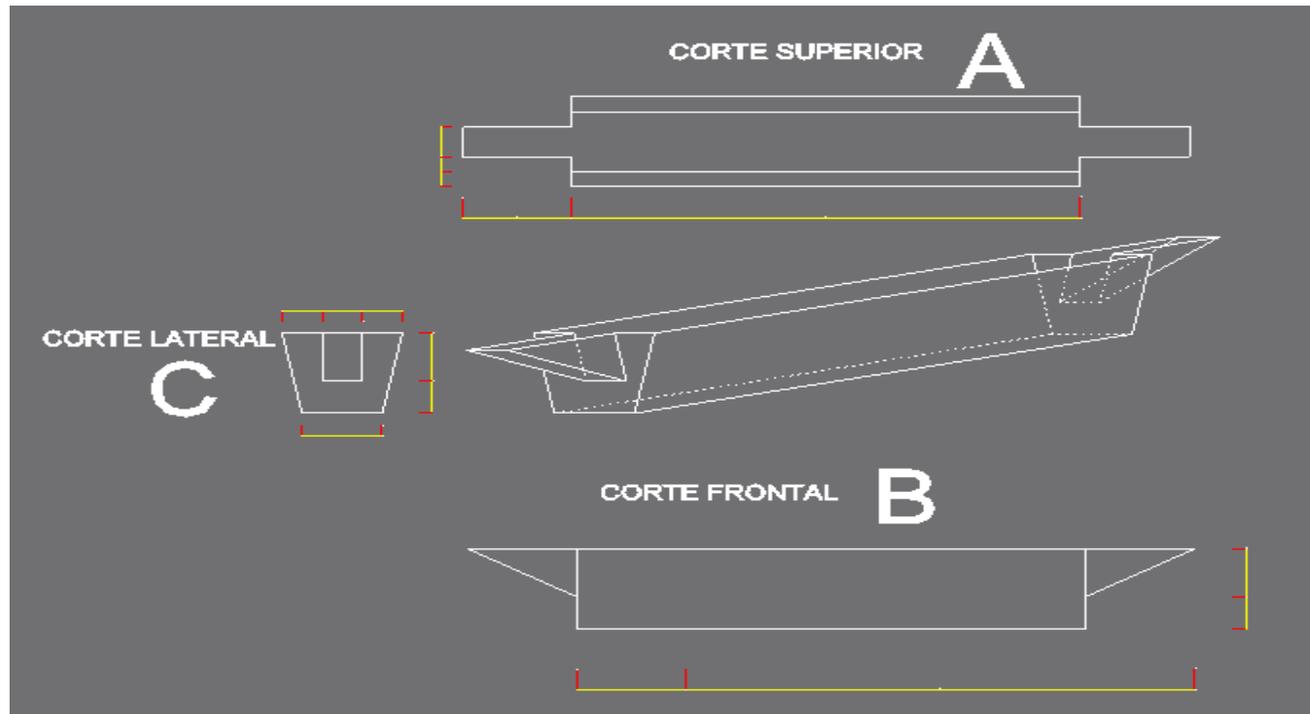


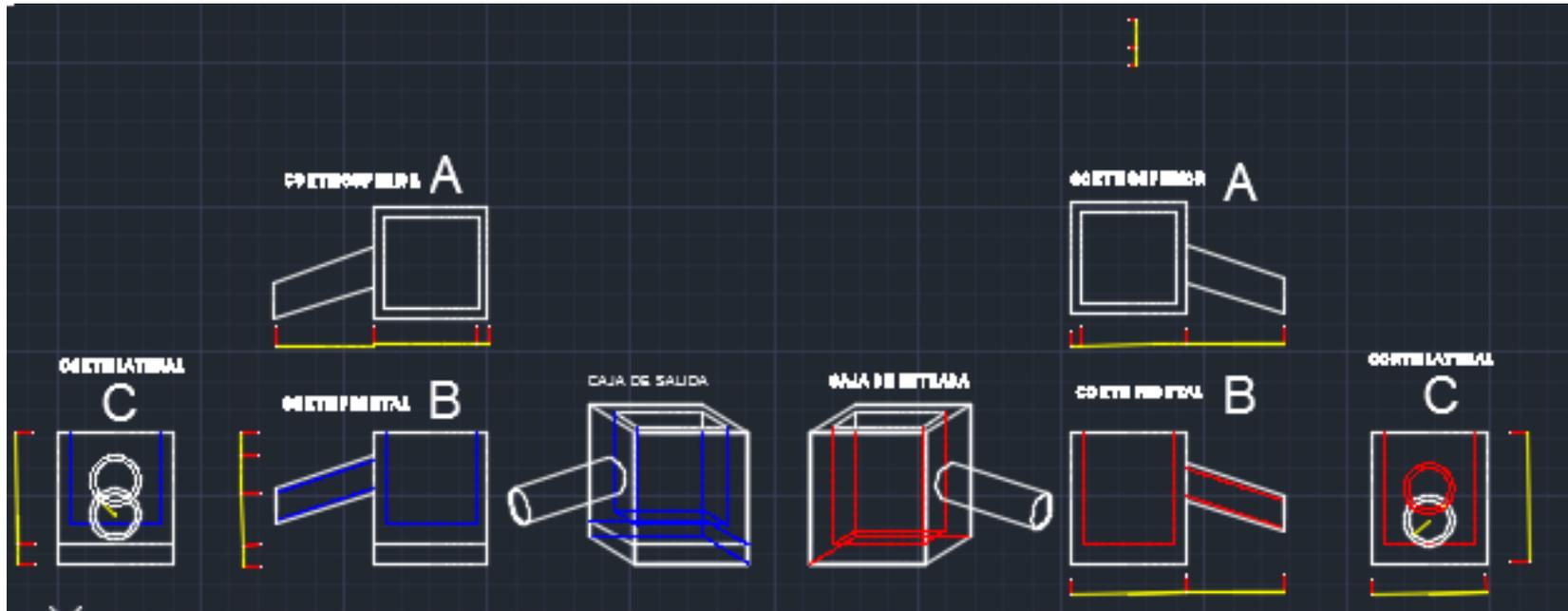


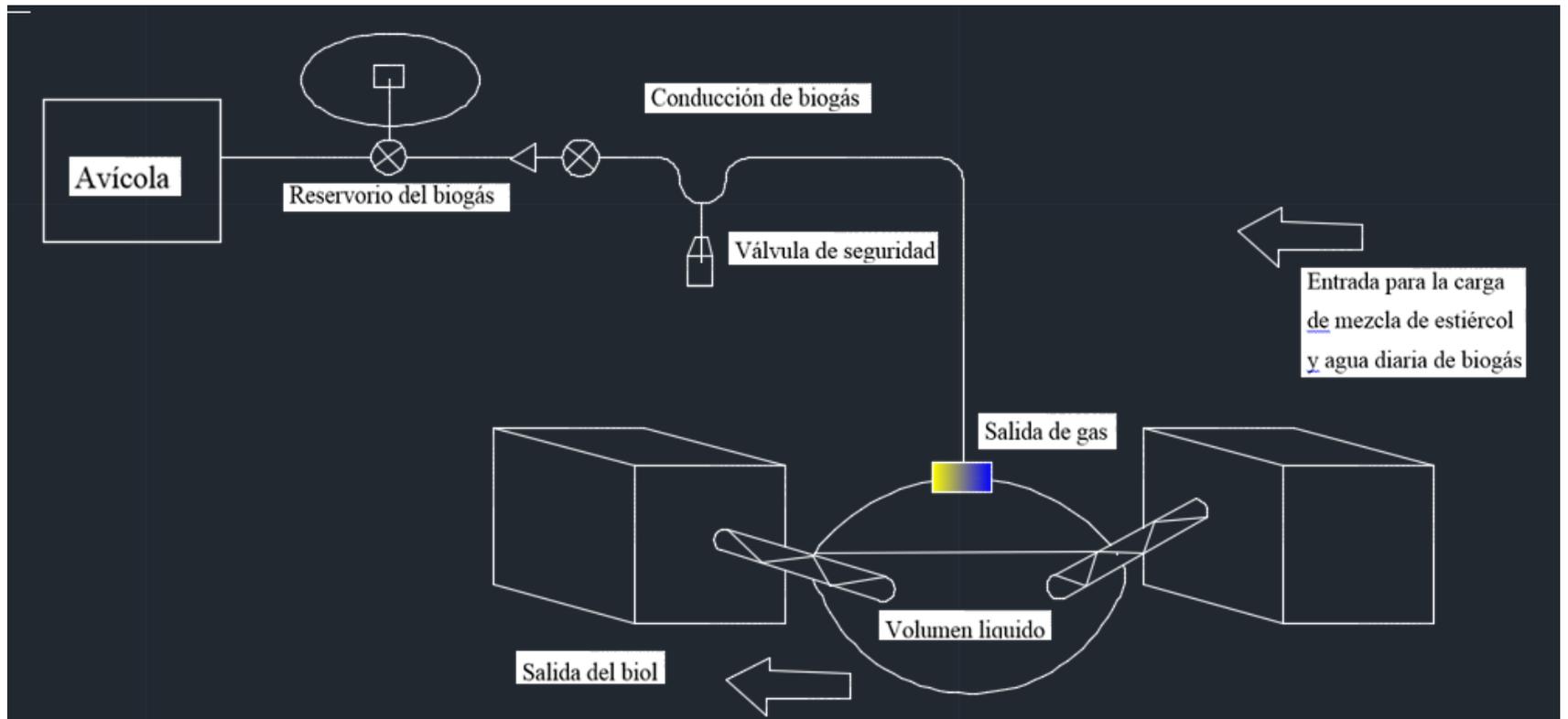
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

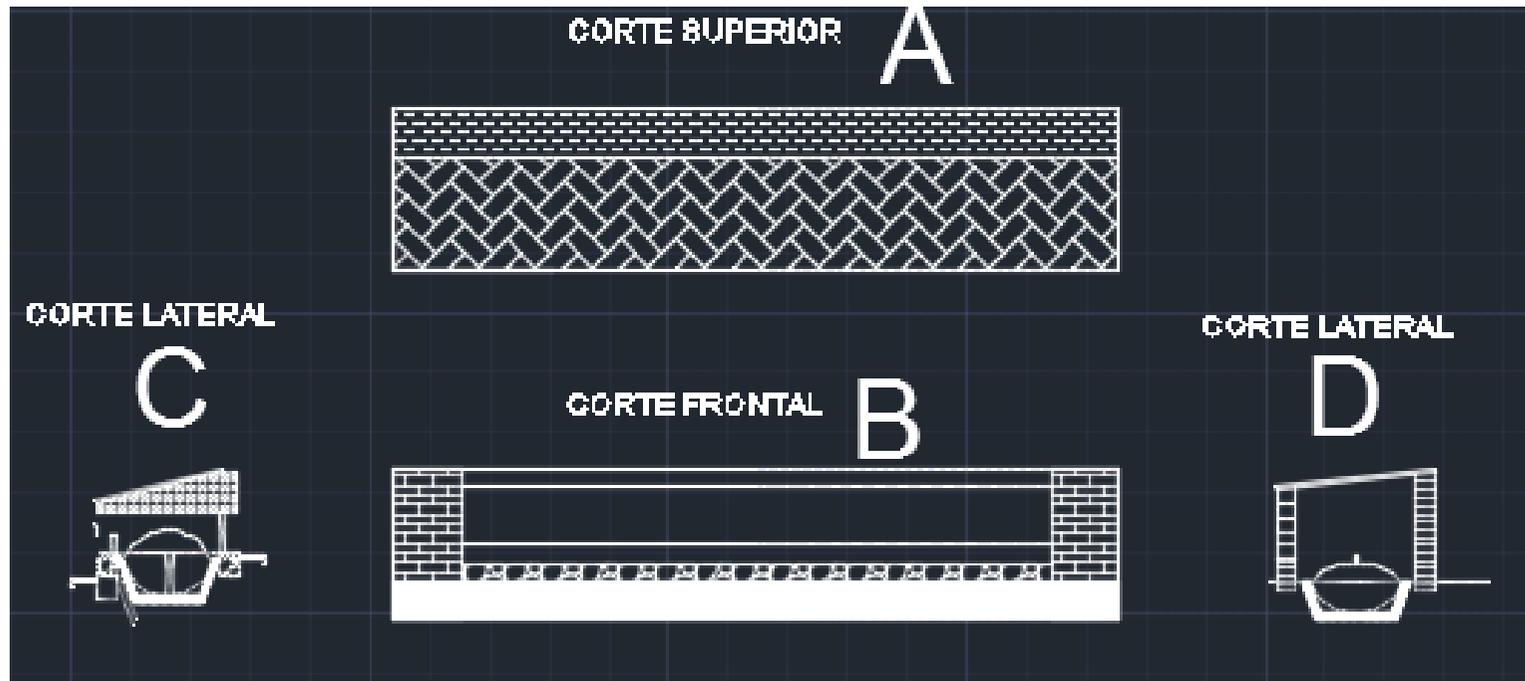
2019

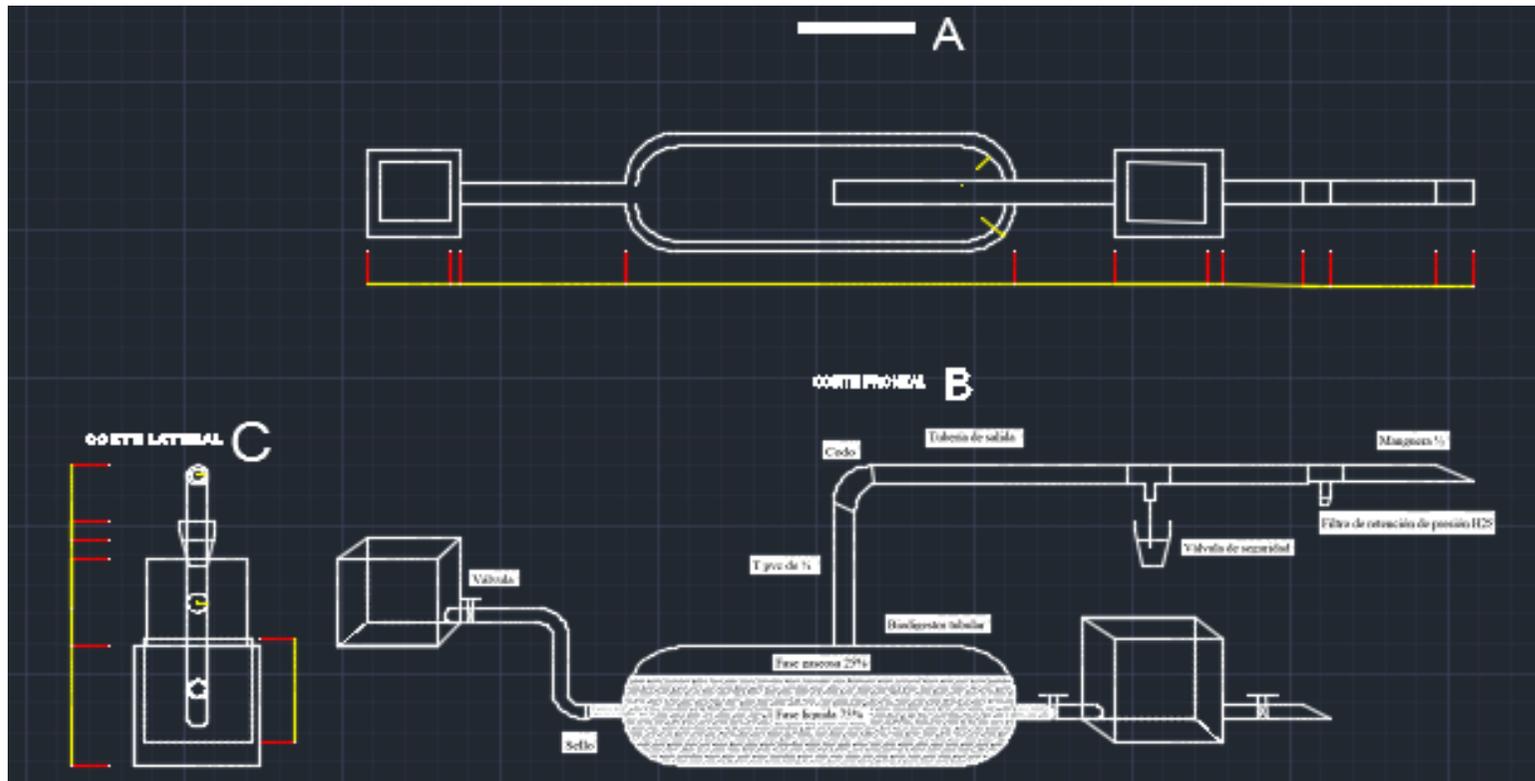








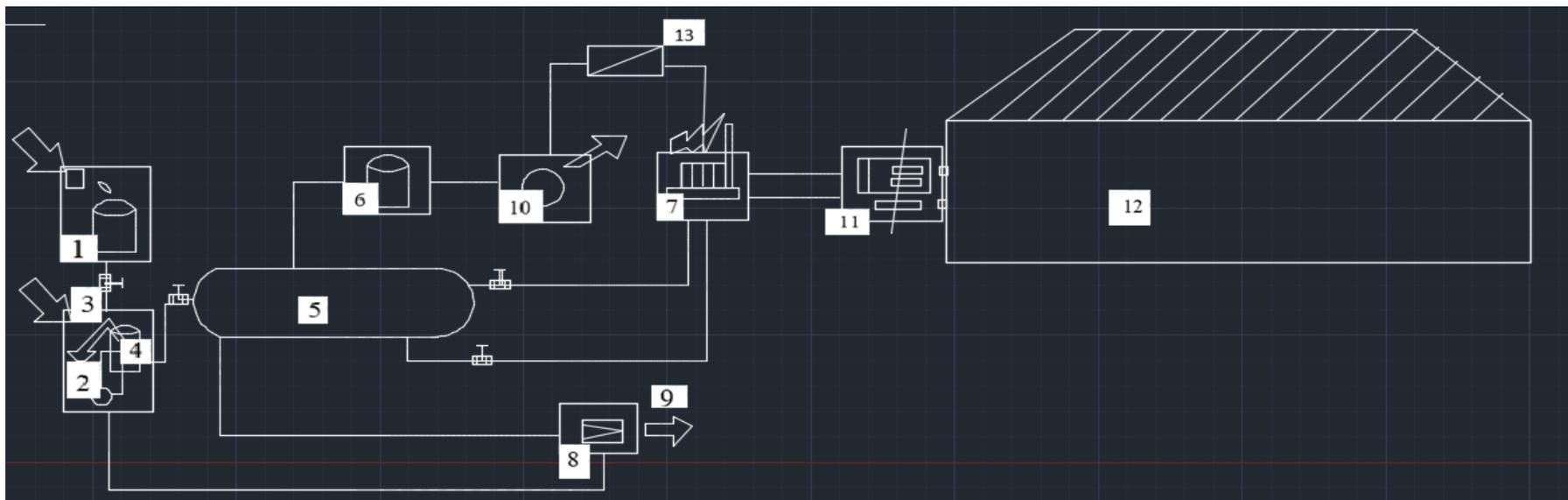




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2019





#	Equipos y procesos a seguir para la obtención de electricidad
1	Entrada de residuos líquidos (agua)
2	Entrada de residuos sólidos (estiércol)
3	Transportador de residuos (tubería)
4	Tanque de mezcla (estiércol:agua)
5	Biodigestor anaeróbico
6	Filtro de biogás

7	Generador eléctrico
8	Tratamiento de estabilidad de efluentes
9	Salida de biol o abono
10	Almacenamiento y salida del biogás
11	Tablero de distribución
12	Avícola
13	Bypass



## **ACRÓNIMOS**

**Vc:** Volumen de compensación.

**Ve:** Volumen de la cúpula o campana.

**Vg:** Volumen de almacenamiento de gas.

**TR:** Tiempo de retención.

**Vd:** Volumen de diseño.

**PLC:** Programmable Logic Controller.

**No<sub>2</sub>:** El dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno.

**RSU:** Residuos sólidos urbanos.

**A:** Área

**C/N:** Relación Carbono Nitrógeno

**D:** Diámetro

**E:** Estiércol

**H:** Altura

**L:** Longitud

**M:** Masa

**P.E:** Producción de Estiércol

**P.V.P:** Peso vivo Promedio por animal.

**R:** Radio

**S.T:** Sólidos Totales

**S.V:** Sólidos Volátiles

**T:** Temperatura (°C)

**V:** Volumen

**NaOH:** Hidróxido de sodio

**HCl:** Ácido clorhídrico

**pH:** Nivel de acidez y alcalinidad

**TRH:** Tiempo de retención hidráulica

**CH<sub>4</sub>:** Metano

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**H<sub>2</sub>:** Nitrógeno

**CO:** Monóxido de carbono

**$O_2$** : Oxígeno

**$H_2O$** : Agua

**TPD**: Tanque de post digestión

**$K_2O$** : Potasio

**$CaO$** : Calcio

**$MgO$** : Magnesio

**PV**: Peso vivo

**PEF**: Producción de estiércol fresco

