

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD



**“EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA
UTILIZACIÓN DE UN BIODIGESTOR. CASO BIOMASA
AVÍCOLA: GRANJA SAN BERNARDO UBICADA EN LA
CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DPTO CAAGUAZÚ”**

Elaborado por

GUIDO OSVALDO CABALLERO CACERES

Tutor

PROF. ING. NELLY SOLEDAD MORENO SOSA

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2022

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad aprobado en representación de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Acta N°: _____

Fecha: _____

Calificación Obtenida: _____

DEDICATORIA:

A Dios, mis padres, hermanas, sobre todo a mi hermana Diana Caballero y amigos por el apoyo incondicional que me brindaron y la confianza que tuvieron hacia mí, que hoy ha tomado suma importancia en la realización de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS:

A la Facultad de Ciencias y Tecnologías UNC@ por abrirme las puertas y formarme en el camino de la excelencia.

A la Ing. Nelly Moreno por enseñarme el don de la paciencia y ayudarme a ser constante impulsándome a seguir adelante.

A la granja San Bernardo y la empresa Prodserv por la predisposición y ayuda para poder cumplir con los objetivos.

“EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA UTILIZACION DE UN BIODIGESTOR. CASO BIOMASA AVÍCOLA: GRANJA SAN BERNARDO UBICADA EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DPTO CAAGUAZÚ”

GUIDO OSVALDO CABALLERO CÁCERES

RESUMEN

Debido a la existencia de una alta tasa de crecimiento de producción avícola en el país, que trae consigo una elevada cantidad de estiércol, la misma genera un impacto tanto al medio ambiente como a la comunidad aledaña a zona de producción, en el presente proyecto de fin de grado se estudió y analizó el sistema de generación de energía eléctrica por medio de un biodigestor para la Granja San Bernardo, ubicada en la Ciudad de Coronel Oviedo, Departamento de Caaguazú.

Esta alternativa de generación de energía eléctrica haciendo uso de los recursos renovables, se puede implementar en casos de que no abastezca la energía eléctrica convencional como es de la ANDE o en el caso de corte de energía u otros casos que son válidos, de manera a no dejar sin energía eléctrica la producción avícola ya que son las más afectadas en esas situaciones.

Palabras Claves:

- Avícola
- Estiércol
- Biodigestor
- Energía
- Producción

“PRE-FEASIBILITY ASSESSMENT OF AN ELECTRICAL ENERGY GENERATION SYSTEM THROUGH THE USE OF A BIODIGESTOR. POULTRY BIOMASS CASE: SAN BERNARDO FARM LOCATED IN THE CITY OF CORONEL OVIEDO CAAGUAZÚ DEPARTMENT”

GUIDO OSVALDO CABALLERO CÁCERES

ABSTRACT

Due to the existence of a high growth rate of poultry production in the country, which brings with it a high amount of manure, it generates an impact both on the environment and on the community surrounding the production area, in the present project of At the end of the degree, the electric power generation system was studied and analyzed through a biodigester for the San Bernardo Farm, located in the City of Coronel Oviedo, Department of Caaguazú.

This alternative for generating electricity using renewable resources can be implemented in cases where conventional electricity is not supplied, as is the case with ANDE, or in the case of a power outage or other valid cases, so as to do not leave poultry production without electricity, since they are the most affected in these situations.

Keywords:

- Poultry
- Manure
- Biodigester
- Energy
- Production

INDICE

1. CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCION GENERAL	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACION	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivo Especifico	4
2. CAPITULO II: BIODIGESTOR	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 Funcionamiento del Biodigestor	6
2.3 Partes de un Biodigestor	7
2.4 Características de los Biodigestores	7
2.4.1 Proceso de construcción de un biodigestor	8
2.5 Tipos de biodigestor	8
2.5.1 Sistemas continuos	8
2.5.3 Sistema Semi-Continuo	10
2.5.4 Modelo chino	11
2.5.5 Biodigestores de laguna cubierta de media-baja tecnología	11
2.5.6 Biodigestores de mezcla completa de alta tecnología	12
2.6 Objetivo del Biodigestor	13
2.7 Proceso de Biodigestión	14
2.7.1 Digestión Anaeróbica	14
2.7.2 Ventajas y Desventajas de la Digestión Anaeróbica	16
2.7.3 Condiciones para la Digestión Anaeróbica	17
3. CAPITULO III: BIOMASA	17
3.1 ¿Qué es Biomasa?	17
3.2 Tipos de Biomasa	17
3.2.1 Biomasa Natural	17
3.2.2 Biomasa Residual (seca y húmeda)	18

3.2.3	Excedente Agrícola	18
3.3	Definición de Gallinaza	18
3.3.1	Calidad de la Gallinaza	19
3.3.2	Producción de la Gallinaza	19
3.3.3	Usos de la Gallinaza	19
4.	CAPITULO IV: BIOGAS.....	20
4.1	Definición de Biogás	20
4.2	Composición del Biogás	21
4.2.1	Uso Del Biogás	22
4.2.2	Aplicaciones principales del Biogás	23
4.3	Definición del Biol	24
4.3.1	Utilidades del Biol.....	25
4.3.2	Ventajas y desventajas del Biol.....	25
5.	CAPITULO V: MATERIA PRIMA	26
5.1	Naturaleza y Composición Bioquímica de Materias Primas.....	27
5.2	Relación Carbono/Nitrógeno de las Materias Primas	29
5.3	Niveles de Sólidos Totales y Sólidos Volátiles.....	30
6.	CAPITULO VI: INGENIERIA DE PROYECTO	31
6.1	Descripción de la Granja San Bernardo.....	31
6.2	Sistema de Alimentación	32
6.3	Sistema de Distribución de Agua	36
6.4	Sistema de abastecimiento de Electricidad	37
6.5	Controlador Smaai 4	39
6.6	Sistema de Calefacción	40
6.7	Sistema de Refrigeración	41
6.7.1	Sistema Cooling.....	41
6.7.2	Sistema Extractor	43
6.7.3	Sistema de Nebulización.....	44
6.8	Inled.....	44
6.9	Túnel Door	45
7.	CAPITULO VII: ESTUDIO TÉCNICO	47

7.1	Gallinaza en estudio.....	47
7.2	Tecnología empleada en la Digestión Anaeróbica	47
7.2.1	Clasificación de los Reactores Anaeróbicos.	48
7.2.2	Reactor Anaeróbico en secuencia Tipo Batch.....	53
7.2.3	Reactor de Lecho Expandido y Fluidizado.....	54
7.2.4	Configuraciones de un Reactor Anaeróbico para la producción de Bioenergía	55
8.	CAPITULO VIII: RESULTADOS	58
8.1	Biodigestor.....	58
8.2	Biometanización.....	60
8.3	Digestion Anaerobia	60
8.4	Producción del Biogás	61
8.5	Almacenamiento del Biogás.....	61
8.6	Sistema de Recuperación Energética	62
8.7	Compostaje.....	63
8.8	Emisiones a la Atmósfera.....	63
8.9	Características del Proceso DRANCO.....	63
8.10	DRANCO – Ventajas.....	64
8.11	Esquema Básico de Digestión	65
8.12	Flujograma de Procesos.....	67
8.12.1	Quemador.....	67
8.13	Análisis Técnico	68
8.13.1	Consumo de Energía Eléctrica	68
8.13.2	Instalación Eléctrica de la Granja San Bernardo	68
8.13.3	Caso Biomasa Avícola	71
8.13.4	Dimensionamiento de Biodigestor.....	74
9.	CAPITULO IX: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	76
9.1	Resumen de Costos generales	76
9.1.1	Ahorro de Costos para la Granja San Bernardo utilizando el Biodigestor, en el periodo de un año.....	77
9.1.2	Análisis de Precios Unitarios	78

9.1.3	Resumen Comparativa de Gastos.....	79
10.	CAPITULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
10.1	Conclusiones.....	80
10.2	Recomendación.....	81
11.	CAPITULO XI: BIBLIOGRAFIA	82
12.	CAPITULO XII: ANEXOS.....	85

1. CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION GENERAL

En el futuro, con el uso de la tecnología se buscará alternativa para el mejoramiento del medio ambiente ya que a través de ella se buscare mitigar el uso de combustibles fósiles. Hoy en día, a nivel mundial, la mayor parte de la energía es proporcionada por la quema de petróleo, la contribución de la energía a partir de recursos renovables es casi insignificante, pero esto va ir cambiando en el futuro a medida que aumente los precios del petróleo.

Dada la extenuación de los combustibles fósiles, se incrementará el interés de uso de biocombustibles a partir de fuentes renovables, ya que por esa razón ha avanzado bastante la tecnología para el aprovechamiento energético de la biomasa. Por ello con el anterior análisis y sumando la información acerca del gran crecimiento avícola en el País, se desarrolló el estudio de prefactibilidad para así obtener información del impacto técnico-económico que conlleva el Biodigestor, haciendo uso el aprovechamiento energético de la biomasa en la Granja avícola San Bernardo.

La Granja avícola San Bernardo se encuentra ubicado en la Ciudad de Coronel Oviedo, Dpto. de Caaguazú, tiene una superficie de terreno aproximado igual a 6.000 m², cuenta con un galpón con área cerrada igual a 2.450 m² en el cual albergan unos 31.850 pollos para cría – engorde.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los excrementos de gallina producidos en las granjas avícolas son una fuente abundante de biomasa, donde aproximadamente el 60% está siendo desechado y el resto se usa como fertilizante o insumo para la fabricación de concentrado para animales cuadrúpedos, desaprovechándose así el potencial energético (1).

Una problemática que tiene gran incidencia a la Producción Avícola son los cortes en el suministro de las redes de energía eléctrica, ya que tienen un impacto negativo en la producción en la granja debido a que se necesita energía eléctrica de forma ininterrumpida en todo el desarrollo de producción, entiendo en cuenta que, por más mínima sea la interrupción del servicio se genera la detención automática de las bombas y los ventiladores, así como de los sistemas de calefacción y refrigeración, provocando que el aire no fluya en el galpón, lo cual afecta la producción en caso de no reponerse el servicio de manera inmediata.

Ahora bien, la granja avícola genera una gran cantidad excreta de gallina, lo cual se podría aprovechar para la generación de energía eléctrica mediante el uso de un biodigestor para un sistema de generación de energía eléctrica de respaldo o como fuente única, y de esta manera evitar los cortes de energía eléctrica que son generados ya sea directa o indirectamente.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto con anterioridad surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿En qué momento se puede contar con la generación de energía eléctrica, mediante el uso de un biodigestor, para el sistema de suministro de energía eléctrica en la granja avícola?
- ¿La capacidad del biodigestor para generar energía eléctrica es suficiente para un suministro continuo a la granja o solo como sistema de respaldo ante fallas del suministro de la ANDE?
- Si la capacidad solo fuera para sistema de respaldo, ¿Por cuánto tiempo se podría generar energía eléctrica con el biodigestor?

1.3 JUSTIFICACION

Al evaluar la prefactibilidad de diseñar un sistema de generación de energía eléctrica mediante el uso de un biodigestor utilizando como biomasa la excreta de gallina se buscará opciones técnicas para mayor aprovechamiento dichos desechos.

De llegarse a comprobar la prefactibilidad de generación de energía eléctrica suficiente mediante el biodigestor, los beneficios económicos serían la disminución de los costos operativos y la posibilidad de la venta de bio-abono obtenido al separar el amoníaco de la excreta de gallina mediante el uso del biodigestor, ya que el residuo del proceso puede ser usado como bio-abono con niveles bajos de amoníaco, muy útil para la agricultura.

El principal beneficiado sería la Granja Avícola San Bernardo, al producir su propio suministro de energía eléctrica, sea como fuente única o de respaldo al suministro de la ANDE, ya que con ellos lograría reducir la mortandad de pollos como consecuencia del corte en suministro de energía eléctrica, aumentando consecuentemente la producción e incrementando sus ingresos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la prefactibilidad de un sistema de generación de energía eléctrica mediante la utilización de un biodigestor, caso biomasa avícola: Granja San Bernardo ubicada en la ciudad de Coronel Oviedo, Dpto. Caaguazú.

1.4.2 Objetivo Especifico

- Relevar datos de la Granja San Bernardo para el análisis del proceso de generación de energía eléctrica mediante un Biodigestor.
- Investigar el potencial energético del metano en la excreta de la gallina.
- Estudiar y analizar la prefactibilidad técnica y económica del sistema de generación de energía eléctrica utilizando un Biodigestor en la Granja San Bernardo.

2. CAPITULO II: BIODIGESTOR

2.1 ANTECEDENTES

El estudio titulado “Estudio de Pre-Factibilidad para el aprovechamiento energético de la Biomasa de una granja avícola en un cocinador de mortalidad” (2), año 2015 realizado por Juan Correa, Anderson Martinez y Heliodoro Rios, tuvo como objetivo de reemplazar la totalidad de la demanda de gas propano por biogas producido a partir de gallinaza. Este explicativo se desarrollo de manera a ser un aporte de base investigativa para la factibilidad técnica del método y en el ámbito económico.

Otro estudio con el proyecto titulado “Implementación de un Biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi” (3), Latacunga Ecuador 2018, realizado por Leider Guamanquispe y Luis Perdomo con objetivo principal, fue la de realizar la implementación de un biodigestor para el aprovechamiento del excremento producido por la gallina de jaula en la granja avícola Aves del Cotopaxi. El motivo de la investigación, fue plantear la evaluación técnica de manera a obtener un mejor tratamiento de la excreta de la gallina y una buena disposición de la biomasa en la granja avícola Aves del Cotopaxi.

El Trabajo titulado “Estudio de factibilidad para la implementación de Biodigestores para el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos en granjas avícolas” (4), realizado por Carlos Alberto Rodríguez, 2016, Bogotá D.C. Se realizó un estudio con objetivo de proponer una mejor manera para gestionar los residuos sólidos orgánicos producidos en la granja avícola de engorde La Rosita. Se analizan conceptual y financieramente la implementación de dos tipos de Biodigestores, para finalmente decidir cuál de las dos propuestas es la que mejor se adapta a las necesidades de la granja.

El Trabajo “Aprovechamiento Energético del Biogás obtenido a partir del Estiércol de Gallina” (5), realizado por Eduardo Maehara y Rosalino Báez, 2014, San Lorenzo Paraguay, se realizó un estudio con objetivo de analizar la posibilidad de utilizar la

materia orgánica como energía alternativa, este explicativo se debe a la posibilidad de brindar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores o sectores rurales de difícil acceso a las fuentes convencionales de energía.

2.2 Funcionamiento del Biodigestor

Es un proceso en el que los desechos orgánicos se convierten en biogás, y esta es denominada biodigestión. La siguiente ilustración muestra el proceso de funcionamiento de un biodigestor:

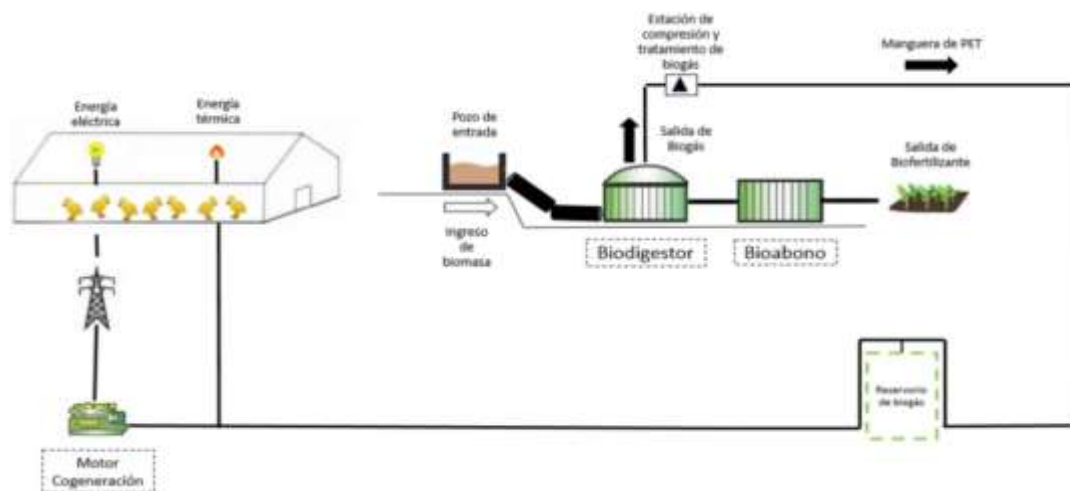


Ilustración 1: Proceso de Biodigestión para una granja avícola.

Para que el proceso pueda iniciar, los desechos son ingresados al reactor, una cámara hermética que crea un ambiente anaeróbico donde las bacterias puedan descomponer la materia orgánica y mediante la fermentación, producir el biogás. Una vez el gas es producido debe depurarse, para lo cual se utilizan trampas de agua y filtros para sulfuro de hidrógeno. Posteriormente es transportado por una tubería hasta el reservorio donde será almacenado. Entre el reservorio y la cocina de gas se instala un filtro de seguridad para que el biogás pueda ser finalmente utilizado de la manera más conveniente (BAEZ & BENITEZ, 2015).

Los Biodigestores contribuyen una manera de solución, para el uso de los residuos orgánicos transformándolos en biofertilizantes, biogás o bioenergía. Es un dispositivo herméticamente sellado, mediante las actividades de bacterias

anaeróbicas, donde fermentan, restos orgánicos provenientes de animales o vegetales, así también como el excremento, produciendo biogás (metano) y un componente líquido espeso que se utiliza como fertilizante (biol). Su principal funcionamiento consiste en alimentar el biodigestor con biomasa, como el excremento de animales y una proporción de agua, en un tiempo de 35 a 45 días aproximadamente, produciendo una reacción metabólica de las bacterias, generando respuestas bioquímicas, que se desarrollan en ese proceso, siempre que se genere en condiciones ambientales, químicas y físicas favorables, en el desarrollo se desintegra materia orgánica hasta producir biol y biogás (metano), para ser utilizado como combustibles (producción de calor y/o electricidad).

Los Biodigestores están estructurados en forma cilíndrica, cubica, ovoide o rectangular, siendo que los Biodigestores cilíndricos los más construidos para su utilización, también hoy en día están los Biodigestores modernos poseen cubiertas fijas o flotantes, su principal función es impedir salida de malos olores, mantener la temperatura, prevenir la entrada de oxígeno y recoger el gas producido.

2.3 Partes de un Biodigestor

- Tanque de homogenización
- Una bomba
- Tanque de biodigestión
- Un mezclador o agitador
- Tuberías de captación de biogás
- Tuberías y válvulas de seguridad, cierre y desagües, filtro de remoción de H₂S
- Equipos para combustión
- Generador de energía eléctrica

2.4 Características de los Biodigestores

- Hermético a modo de evitar fugas
- Térmicamente aislado para prevenir cambios de temperatura
- Acceso para mantenimiento

2.4.1 Proceso de construcción de un biodigestor

Los Biodigestores pueden llegar a ser diseñados de acuerdo a la finalidad en cual se quiere disponer, teniendo en cuenta la temperatura para el trabajo requerido, la misma puede ser diseñado para eliminar todo desperdicio que genera a diario en una granja avícola u otros recintos que pretenden ser aprovechados el excremento de animales para la generación de energía alternativa.

Cámara de digestión: es una de las partes más importante de una biodigestor, donde se coloca el material, para luego llevarlo al digestor.

El digestor: es un moderador hermético donde son depositados los restos de origen vegetal o animal que son los fertilizantes orgánicos.

También, existen factores a tener en cuenta en la etapa de construcción de un biodigestor, y son:

- a) El compromiso de participación y responsabilidad por parte de las personas que van a implementar un biodigestor es fundamental.
- b) Se debe de invertir tiempo para el mantenimiento, recursos económicos para la compra de materiales de construcción, mano de obra, área disponible para la construcción.
- c) Desechos pecuarios o domésticos como materia Prima.
- d) La materia prima y el lugar en donde se instalará el biodigestor, debe estar a por lo menos 10 metros de distancia con cualquier fuente de agua para evitar contaminaciones.

2.5 Tipos de biodigestor

2.5.1 Sistemas continuos

La ingestión es ininterrumpida en este tipo de biodigestor, contándose con una generación periódica de biomasa, y en periodos de retención de los desechos es más corto. Por ello el afluente es igual al efluente o descarga del digestor, y se espera que por tal motivo la producción de biogás sea uniforme en el tiempo. Generalmente estos digestores son de gran potencial por ello es necesario el uso de bombas para alimentarlos y otros equipos para proporcionar calor y agitación. Estos digestores

son de mayor uso en la industria. Uno de los reactores químicos de este tipo más común es el CSTR. (6)



Ilustración 2: Biodigestor de Sistema continuo

2.5.2 Reactor de Tanque Agitado constante, CSTR

Este tipo de digestor se encarga de numerosas cargas orgánicas, tiene una elevada conversión en el momento de la alimentación por lo cual la composición es la misma en cualquier punto dentro del depósito, ya que trabaja en estado estable, es decir que las propiedades de la mezcla no varían con el tiempo. Se identifica por contener un sistema de un sistema agitación el cual optimiza el contacto entre la materia orgánica y los microorganismos, ayudando a la transferencia de calor en el proceso y una producción de 15 al 30% en biogás.

En estos reactores anaeróbicos el tiempo de retención hidráulica (TRH) y el tiempo de retención de sólidos (TRS) son iguales dado que se parte del supuesto que no hay acumulación de lodo en el reactor.

2.5.3 Sistema Semi-Continuo

Se realiza inicialmente con una carga en estos digestores y luego, teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulico (TRH) y el volumen del tanque, se agregan nuevas cargas.

Sus diseños más populares son el digestor chino, el indiano, el UASB (Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente o Upflow Anaerobic Sludge Blankett, por sus siglas en inglés). (7)

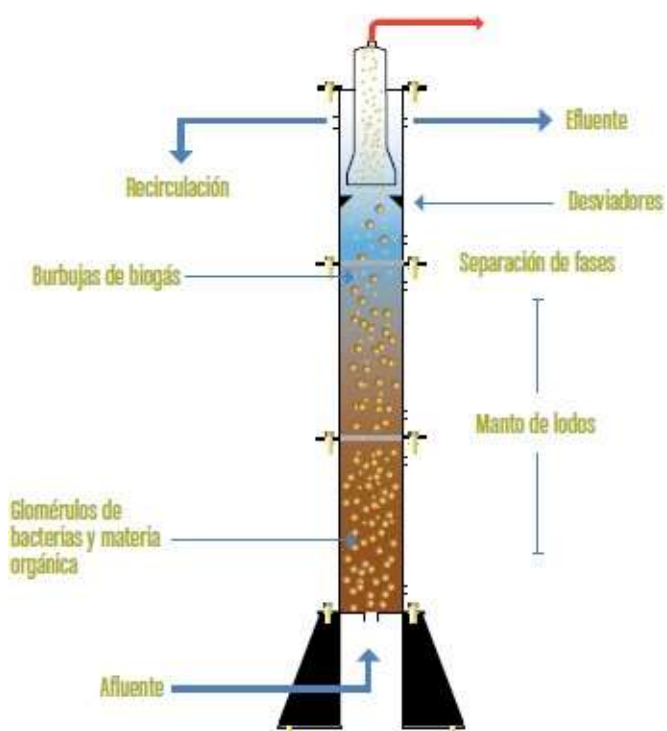


Ilustración 3: Biodigestor de Sistema Semi- continuo.

2.5.4 Modelo chino

El biogás se almacena dentro del sistema. Periódicamente se extrae una parte del líquido en fermentación a través del tubo de salida. A pesar de que este tipo de Biodigestores es poco eficiente para generar biogás debido a los largos tiempos de retención, es muy buena opción para la obtención de biofertilizantes. (8)



Ilustración 4: Biodigestor Modelo Chino.

2.5.5 Biodigestores de laguna cubierta de media-baja tecnología

Este tipo de Biodigestor es construido a partir de lagunas de tratamiento de efluentes, que en muchos casos se cubrieron con el fin de captar el biogás y así aprovechar la biodigestión anaeróbica. Estas lagunas suelen ser grandes y con poco o nulo sistema de agitación. No presentan sistema de calefacción ni aislación del medio, por lo que su eficiencia depende mucho de las temperaturas externas y/o de la temperatura con que ingresan los efluentes. En la mayoría de los casos

tampoco disponen de sistemas de medición y control para un seguimiento de la eficiencia del proceso el cual funcionan mejor en zonas tropicales, donde la temperatura interna no desciende por debajo de los 10 °C.



Ilustración 5: Biodigestor de Laguna cubierta de media-baja tecnología.

2.5.6 Biodigestores de mezcla completa de alta tecnología

Este tipo de Biodigestor permite trabajar en cualquier rango de temperatura, cualquier condición climática, con altas cargas de manera a maximizar el proceso. Se construyen con hormigón armado, acero al carbono y/o acero inoxidable. En cualquier caso, se tiene que garantizar que el material esté tratado correctamente para resistir el ataque químico que produce el biogás. Este tipo de Biodigestores permite garantizar una producción de biogás y, consecuentemente, de energía térmica y/o eléctrica constante las 24 horas del día los 365 días del año. Su vida útil

se estima en 15 a 20 años, lo que permite firmar contratos de largo plazo de suministro de energía eléctrica a la red.

La desventaja de estos sistemas es que requieren una inversión significativa, en el orden de los 3.500 a 5.000 USD/kW eléctrico instalado, dependiendo de la escala y los tipos de sustratos a utilizar.



Ilustración 6: Biodigestor de mezcla completa de alta tecnología.

2.6 Objetivo del Biodigestor

- Convertir restos orgánicos en gas apto con el objetivo de conseguir energía y disminuir las emisiones de gases dañinos a la atmosfera.
- Ayudar al bienestar económico, social y ambiental.
- Energía limpia.
- Bajo costo.
- Energía descentralizada.
- Saneamiento ambiental por medio del aprovechamiento y la transformación de desechos orgánicos que pueden resultar perjudiciales para el ambiente, como el caso de las excretas de animales (en su mayoría bovinos) que tienden a

contaminar el ambiente y producir enfermedades tanto en seres humanos como en animales.

- Protección al medio ambiente.

2.7 Proceso de Biodigestión

Las excretas, juega un papel importante en la transformación de los residuos orgánicos, esto permite establecer bioprocesos en función de la presencia o ausencia del oxígeno, con el objetivo de tratar adecuadamente diversos residuos orgánicos.

2.7.1 Digestión Anaeróbica

Es un proceso biológico complejo y la descomposición comienza a partir de materiales orgánicos como desechos animales y vegetales que se convierten en biogás que consiste en dióxido de carbono, metano y pequeñas cantidades de otros elementos.

Mediante la digestión anaerobia, es posible convertir grandes cantidades de residuos vegetales, estiércol, aguas residuales de las industrias alimentaria y de fermentación, la industria papelera y algunas industrias químicas en productos, subproductos útiles. Durante la digestión anaeróbica, más del 90 % de la energía disponible de la oxidación directa se convierte en metano, utilizando solo el 10 % de la energía para el crecimiento bacteriano en comparación con el 50 % utilizado para el crecimiento microbiano que se utiliza en los sistemas aeróbicos. (9)

Es un proceso complejo en el que participan diferentes grupos de microorganismos que descomponen la materia orgánica en compuestos más simples que se convierten en ácidos grasos volátiles, que son los principales intermediarios y moduladores de este programa. Estos ácidos son consumidos por microorganismos metanogénicos que producen metano y dióxido de carbono, los cuales ocurren simultáneamente en el bioreactor. (10)

La digestión anaeróbica tiene lugar a una temperatura de 50-55°C en un reactor cilíndrico vertical de acero inoxidable de 1.600 m³, equipado con un revestimiento

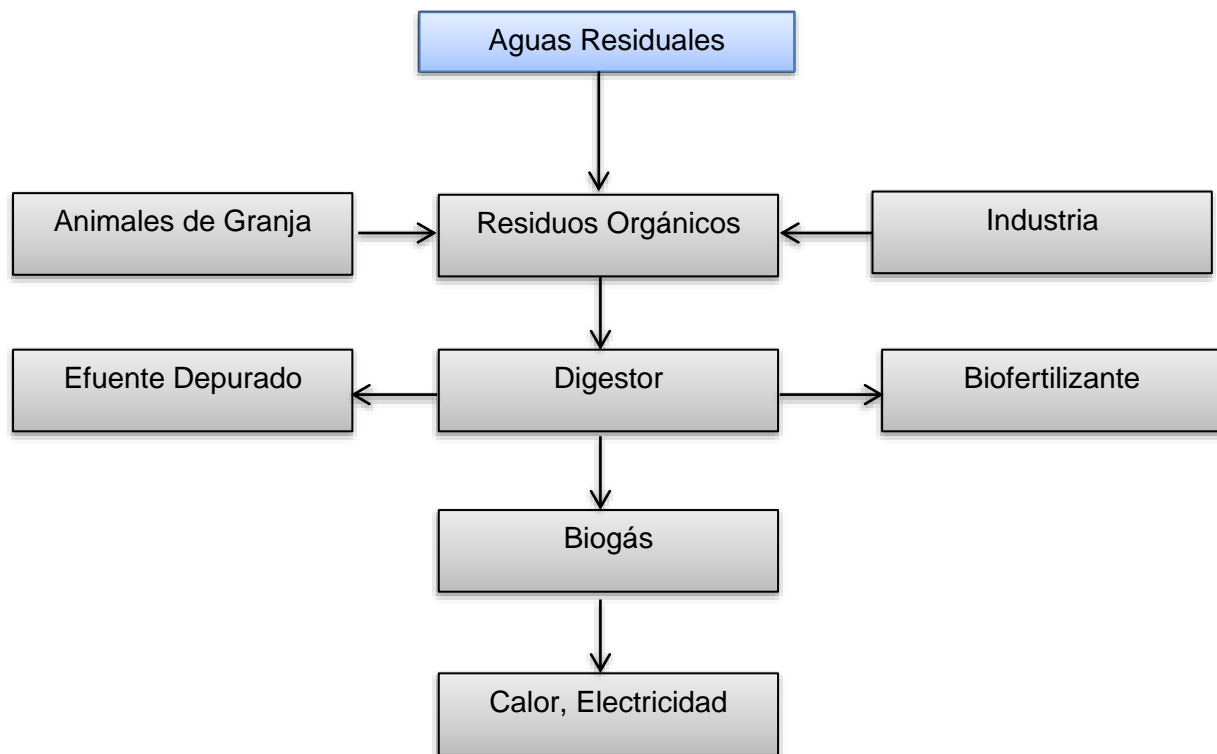
especial para evitar la pérdida de calor.

Antes de transferir el estiércol de pollo a la cámara de fermentación, debe pasar por procesos que contribuyen a la digestión.

La gallinaza tiene una estancia media en el digester de unos 25 días, donde se somete a una digestión anaerobia con la ayuda de bacterias termófilas a una temperatura de unos 55°C. No hay agitación dentro del reactor, por lo que el movimiento del material dentro del digester es solo por gravedad.

El residuo digerido se descarga por el fondo del digester mediante un extractor de tornillo, la mayor parte se recicla (cada dos días se renueva todo el volumen) a la cámara de mezcla o una menor parte se lleva a la línea de compostaje. Gracias a este proceso es posible eliminar del sustrato cualquier factor patógeno debido a la alta temperatura y otras condiciones desfavorables para su crecimiento.

Los residuos pueden incluir lodos, fertilizantes, residuos agrícolas o de cultivos, etc. Estos desechos se pueden tratar de forma independiente o en conjunto mediante codigestión. La digestión anaerobia también es un proceso adecuado para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, como las que se producen en muchas industrias alimentarias.



2.7.2 Ventajas y Desventajas de la Digestión Anaeróbica

2.7.2.1 Ventajas de la Digestión Anaeróbica

- Trabaja a tiempos de retención hidráulicos muy bajos.
- Los costos de inversión son bajos, porque se aplican altas cargas orgánicas al biodigestor y los tiempos de la retención son cortos. Además, el diseño y la construcción es simple, lo que reduce aún más los costos.
- Son sistemas que asimilan altas y bajas cargas orgánicas.
- El lodo anaerobio puede ser almacenado y conservado fácilmente, lo que simplifica los arranques sucesivos después de paradas o los períodos con cargas orgánicas reducidas.

2.7.2.2 Desventajas de la Digestión Anaeróbica

- Presencia de malos olores, lo cual se requiere de un sistema simple de control.

- Coste elevado de la aeración, por consumo de energía eléctrica.
- Se pueden presentar problemas de formación de espumas.
- La mejora en la separación es menor si se mantienen temperaturas en el rango termofílico.

2.7.3 Condiciones para la Digestión Anaeróbica

Las condiciones para la obtención de metano en el digestor son las siguientes:

1. Temperatura entre los 20°C y 60°C
2. pH (nivel de acidez/ alcalinidad) alrededor de siete.
3. Ausencia de oxígeno.
4. Gran nivel de humedad.
5. Materia orgánica.
6. Equilibrio de carbono/ nitrógeno.

3. CAPITULO III: BIOMASA

3.1 ¿Qué es Biomasa?

La biomasa es una de las fuentes de energía renovable más versátiles, baratas, limpias y rentables. Puede reemplazar combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos y también es una opción muy recomendable para las necesidades energéticas domésticas e incluso para la generación de energía. (11)

3.2 Tipos de Biomasa

3.2.1 Biomasa Natural

Se crean en ecosistemas naturales sin ninguna intervención humana, un ejemplo de este tipo de biomasa son las ramas de los árboles u otro material que pueda convertirse en leña. El problema es que la explotación de este recurso no respeta la protección del medio ambiente, por lo que ya no estaríamos hablando de un tipo de combustible renovable ni ecológico (12)

3.2.2 Biomasa Residual (seca y húmeda)

La agricultura, la ganadería, la industria maderera y las actividades agroalimentarias son las principales fuentes de biomasa residual, tanto seca como húmeda. Su problema a veces es deshacerse de ellos, por lo que una muy buena solución es convertir estos residuos en materia prima para crear combustible sostenible. (13)

3.2.3 Excedente Agrícola

Los excedentes agrícolas pueden utilizarse para la generación de electricidad, la combustión o como biocombustible.

La biomasa residual son desechos animales, principalmente estiércol.

3.3 Definición de Gallinaza

Estiércol de pollo: de gallinas ponedoras criadas en interiores y cubiertas con pisos. Por otro lado, el estiércol de pollo contiene residuos de coccidiosis y antibióticos que evitan la fermentación. (14)

El estiércol de pollo es uno de los ingredientes naturales más densos en nutrientes de cualquier fertilizante conocido; Además, en todos los tipos de gallinaza la gallinaza contiene una fuente de carbono necesaria para facilitar el metabolismo del humus. (15)

En las granjas de pollos de engorda se define a la pollinaza como “el material compuesto de heces, cama, orina, restos de alimento, mucosa intestinal descamada, secreciones glandulares, microorganismos de la biota intestinal, sales minerales, plumas, insectos, pigmentos, trazas de medicamentos, etc.”. Entre los tipos de cama utilizados tenemos la cascarilla de arroz, viruta o aserrín, paja molida de trigo, avena o sorgo, cascarilla de grano de café, papel en tiras o pliegos, etc., o bien casetas sin cama.

El estiércol de pollo es un fertilizante orgánico natural que se puede utilizar en combinación con otros materiales en forma de fertilizante orgánico. Este producto primero debe ser fermentado para luego cambiar y liberar los químicos presentes en el estiércol, reduciendo la presencia de amoníaco y otros compuestos nocivos para las plantas. (16)

Las propiedades como la cantidad y las características de la gallinaza dependen de:

- La especie
- La edad
- La dieta
- Salud de las aves.

3.3.1 Calidad de la Gallinaza

La calidad del estiércol de pollo está determinada principalmente por: el tipo de alimento, la edad de los pollos, la temperatura ambiente, la ventilación del gallinero y la cantidad de plumas, otro aspecto importante es el tiempo que pasan en el gallinero, lo que genera el desprendimiento abundante de olores amoniacales que reduce considerablemente el contenido de nitrógeno. (17)

3.3.2 Producción de la Gallinaza

La producción de la gallinaza depende de los factores siguientes:

- a- Edad del ave:** Las aves en las primeras edades producen menos excretas, debido a su bajo consumo de alimento en sus primeras etapas de vida.
- b- Línea:** para pollos de engorde la situación es mas compleja debido a la alta cantidad de gallinaza producida es una mezcla con otro material utilizado como cama (cascarilla de arroz).

La producción de la gallinaza pura y seca, al final del periodo, depende del peso vivo y de su consumo total, pudiéndose estimar entre 20 y 27 kg/ave, la estimación de producción de deyecciones de gallinas ponedoras.

3.3.3 Usos de la Gallinaza

3.3.3.1 Como Fertilizantes

La Gallinaza puede ser mejor fertilizante que cualquier otro tipo de abono, porque la

alimentación de las gallinas suele ser más rica y balanceada que los alimentos de otros animales. (18)

3.3.3.2 Como Biocombustible

La gallinaza, como cualquier otro residuo orgánico, puede ser procesada en biorreactores para producir biogás, por lo que la instalación de plantas de biogás de gallinaza es factible e incluso rentable, son fiables y una gran alternativa a los combustibles fósiles.

4. CAPITULO IV: BIOGAS

4.1 Definición de Biogás

Es una mezcla compuesta principalmente por metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas, cuya composición depende de las materias primas a tratar y del proceso de fabricación, y de la cantidad de impurezas. Por encima del 45% de metano, es muy inflamable. (19)

Es un gas renovable producido artificialmente por bioconversión anaeróbica (sin oxígeno) por bacterias especiales que descomponen la materia orgánica. Como resultado de la fermentación se generan residuos orgánicos (biofertilizantes) y biogás.

Este gas es generalmente una fuente de energía limpia, lo que permite reutilizar los desechos con fuentes de energía renovables de los hogares, granjas o negocios. Es una de las alternativas más viables para reemplazar los combustibles fósiles.

El uso del biogás puede considerarse simple, en el hogar para cocinar, calentar e iluminar, generar electricidad y comprimir gas (para almacenamiento o uso en vehículos).

4.2 Composición del Biogás

El biogás es el producto de la fermentación anaeróbica con compuestos orgánicos. Su composición, dependiendo del sustrato a tratar y del tipo de tecnología utilizada, puede ser la siguiente:

- ✓ 50 - 70% metano (CH_4)
- ✓ 30 - 50% dióxido de carbono (CO_2) sus componentes se determinan según las características de la biomasa utilizada y condiciones ambientales en las que se crea.
- ✓ $\leq 5\%$ de Hidrógeno (H_2), ácido sulfhídrico (H_2S), y otros gases.

Por su alto contenido en metano, tiene un poder calorífico algo mayor que la mitad del poder calorífico del gas natural. Un biogás con contenido en metano del 60% tiene un poder calorífico de unas 6.000 kcal/m³ (6,4 kWh/m³).

El metano es incoloro e inodoro se caracteriza por ser muy inflamable, genera una llama de color azul emitiendo elementos no contaminantes sus propiedades son:

- Posee menor densidad que el aire.
- Temperatura de inflamación cerca de 700° C.
- Temperatura de su llama alcanza los 870° C.

La cantidad de metano presente en el biogás depende principalmente de la temperatura de fermentación, a bajas temperaturas de fermentación la proporción de metano obtenido es alta pero la cantidad de gas es menor.

El porcentaje de metano además depende del material de fermentación llegando a alcanzar, en diferentes sustratos los siguientes valores aproximadamente:

Estiércol de gallina.....	60%
Estiércol de cerdo.....	67%
Estiércol de establo.....	55%
Pasto.....	70%
Desperdicios de cocina.....	50%

Es decir, salvo por el contenido en H₂S, es un combustible ideal, con unas equivalencias que se muestran en la Tabla 1, siguiente:

1m ³ de biogás: 70% CH ₄ + 30% CO ₂ 6.000 Kcal	1.5 kg de madera
	6.8 kWh de electricidad
	0.6 m ³ de gas natural
	0.8L de gasolina
	1.2L de alcohol combustible
	0.3 kg de carbón
	0.7L de fue oíl

Tabla 1: La biomasa como energía.

4.2.1 Uso Del Biogás

El biogás en el proceso de digestión anaerobia puede tener diferentes formas de uso:

- Para generación de calor o electricidad.
- En motores o turbinas para generar electricidad.
- En pilas de combustibles, previa realización de una limpieza de H₂S y otros contaminantes de las membranas.
- Uso como material base para la síntesis de productos de elevado valor añadido como es el metanol o el gas natural licuado.
- Combustible de automoción.

Una aplicación tipo de la digestión anaerobia es en las granjas avícolas, de ganados bovino y porcino de gran tamaño o como planta comarcal de gestión de residuos en zonas de alta concentración de ganado estabulado, por el gran problema que generan los purines. En este caso se puede proponer y proyectar una planta de digestión anaerobia de producción de biogás como auto abastecimiento energético según las necesidades.

En la Tabla 2 se observa los tratamientos según uso final del biogás.

Uso Final	Eliminación del agua	Eliminación del CO ₂	Eliminación de H ₂ S
Producción térmica en calderas	1	0	0-1-2
Producción de electricidad en motores estacionarios	1 o 2	0-1-2	1 o 2
Combustible de vehículos o para turbinas	2	2	2
Gas natural para calefacción	2	2	2
Pilas de combustible	2	2	2

Tabla 2: Tratamiento según el uso final del Biogás. Fuente: CIRCE. Curso de Energías Renovables

Observaciones:

0 = no tratamiento

1 = tratamiento parcial

2 = tratamiento elevado

Generalmente, los costes asociados a instalaciones de gestión de residuos orgánicos mediante digestión anaerobia son elevados y la productividad es muy baja en términos de la energía contenida en el biogás respecto a la cantidad de residuo tratado.

4.2.2 Aplicaciones principales del Biogás

Ya que el biogás es un combustible con un alto valor calórico igual a 19,6 a 25 MJ/m³ de energía, en los lugares donde se implementan pequeños sistemas de biogás se puede emplear la energía calórica para actividades básicas como cocción, calefacción de agua, e iluminación. (20)

1 m³ de biogás con 70% de metano equivale a:

- 0,8 litro de Gasolina.
- 1,3 litro de alcohol.
- 1,5 m³ de GLP, y 2,7 kg de madera

Características del Biogas resumidas en la siguiente Tabla 3:

Características		CH ₄	CO ₂	H ₂ - H ₂ S	Otros	Biogás
Proporciones (%) Volumen		50-70	30-50	1	3	100
Valor Calorífico	MJ/m ³	38.8	-	10.8	22	21.5
	Kcal/m ³	8.600	-	2.581	5.258	5.140
Ignición (%) en aire			-	-	-	
Temperatura ignición en °C		650-750	-	-	-	650-750
Temperatura Crítica en °C		-	-	-	-	-82.5
Presión Crítica en Mpa		4.7	7.5	1.2	8.9	7.5-8.9
Densidad nominal en g/l		0-7	1.9	0.08	-	1.2
Densidad relativa		0-0.55	2.5	0.07	1.2	0.83
Inflamabilidad Vol. En % aire		5-15	-	-	-	6-12
Límite de explosión (% biogás en el aire)		-	-	-	-	6-12
Masa molar kg/kmol		-	-	-	-	16.043
Olor		Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)				

Tabla 3: Manual para la producción de Biogás, y Deublein D. Steinhauser.

4.3 Definición del Biol

Biol es un fertilizante orgánico líquido obtenido de la descomposición de desechos animales y vegetales, fermentado en tanques cerrados sin acceso a oxígeno, contiene nutrientes que son fácilmente absorbidos por las plantas, otorgándoles más energía y estabilidad. (21)

El abono orgánico líquido se crea a partir del proceso de descomposición de sustancias orgánicas como estiércol o desechos animales, árboles, frutas, etc. Este proceso se lleva a cabo en ausencia de oxígeno (proceso anaeróbico). Como resultado de la descomposición de la materia orgánica y la generación de biogás, se produce en un bioreactor, el cual impulsa el abono líquido hacia fuera de la cámara de digestión, al salir del biodigestor este componente ya no tiene un aroma

desagradable y no atrae insectos o ratas, como es el caso del excremento sin procesar,

4.3.1 Utilidades del Biol

Uno de los usos del biol es estimular el crecimiento de las plantas, ya que ayuda a combatir plagas y enfermedades, ayuda a mantener el vigor de las plantas y resiste cambios climáticos extremos, especialmente útil después de rocío, precios y granizo.[22].

4.3.2 Ventajas y desventajas del Biol

4.3.2.1 Ventajas del Biol

- No contamina el suelo, el agua, el aire, ni los cultivos.
- Fácil preparación
- Puede adecuarse a diversos tipos de recipientes.
- Incrementa la producción.
- Revitaliza a las plantas que tienen estrés, por el ataque de plagas y enfermedades, sequías, heladas o granizadas, si aplicamos en el momento adecuado.
- Tiene sustancias (fitohormonas) que aceleran el crecimiento de la planta.

4.3.2.2 Desventajas del Biol

- La preparación es lenta, dependerá de la temperatura del ambiente, por lo que se debe planificar su producción antes del inicio de la temporada agrícola.
- Debe de estar en un ambiente oscuro y fresco para el almacenamiento, para no perder sus propiedades biológicas y nutritivas.
- Sólo se puede usar entre 3 a 6 meses de su cosecha, después disminuye sus propiedades.
- El mal manejo durante su aplicación puede quemar las plantas.

5. CAPITULO V: MATERIA PRIMA

Las materias primas fermentables pueden ser estiércol animal, aguas residuales orgánicas de plantas industriales, subproductos de cultivos y diversos desechos, como aguas residuales de algunas industrias químicas.

Para el proceso microbiológico, no solo requiere de fuentes de carbono nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores).

Las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales presentan estos elementos en proporciones adecuadas. Sin embargo en la digestión de ciertos desechos industriales puede presentarse el caso de ser necesaria la adición de los compuestos enumerados o bien un post tratamiento aeróbico.

Las sustancias con un alto contenido de lignina no son adecuadas para el uso directo y, por lo tanto, deben someterse a un tratamiento previo (trituración, remojo, recocado) para liberar las sustancias transformables del residuo de lignina.

En cuanto al estiércol, la descomposición de cada uno dependerá principalmente del tipo de animal y de la alimentación que reciba.

En cuanto a la cantidad de estiércol que producen los distintos animales, varía en función de su peso, así como de la forma en que se alimentan y manipulan.

En la Tabla 4 se expone a continuación, un cuadro indicativo sobre cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales y el rendimiento en gas de los mismos tomando como referencia el kilogramo de sólidos volátiles.

Especie	Peso vivo	kg Estiércol/día	l/kg. S.V.	% CH ₄	Relación C/N
Aves	1.5	0.06	310 - 620	60	19:1
Caprinos	40	1.5	110 - 290	-	40:1
Cerdos	50	4.5 - 6	340 - 550	65 - 70	13:1
Vacunos	400	25 - 40	90 - 310	65	25:1
Equinos	450	12 16	200 - 300	65	50:1
Ovinos	45	2.5	90 - 310	63	35:1

Tabla 4: Cuadro indicativo sobre Cantidades de Estiércol producido por distintos tipos de Animales y el rendimiento del Gas de los mismos. Fuente: Manual para la producción de Biogás.

5.1 Naturaleza y Composición Bioquímica de Materias Primas

Se pueden utilizar diferentes tipos de materias primas en la fermentación metanogénica, pueden ser residuos orgánicos de origen vegetal, animal, agroindustrial, etc. En la Tabla 5 se observa los residuos orgánicos de origen animal.

Materia Prima	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Celulosa Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Ceniza (%)
Aves	2,84	9,56	50,55	19,82	17,23
Bovinos	3,23	9,05	32,49	35,57	19,66
Porcino	11,50	10,95	32,39	21,49	23,67
Equino	2,70	5,00	40,50	35,00	17,80
Ovino	6,30	3,75	32,00	32,00	25,95
Caprino	2,90	4,70	34,00	33,00	26,40

Tabla 5: Composición de Residuos de origen Animal. Fuente: Vamero y Arellano, 1991.

Se pueden clasificar los sustratos en cuatro clases: como el porcentaje de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y demanda química de oxígeno (DQO), como puede apreciarse en la Tabla 6.

Los sustratos de clase 1 pueden degradarse eficientemente en digestores tipo Batch o por lotes.

Los sustratos de la clase 2 son degradados de manera eficiente en digestores mezcla completa de operación continua.

Por presentar una dilución mayor y en consecuencia una DQO menor, los sustratos de clase 3 deben tratarse con digestores de alta eficiencia, como los de filtro anaerobio.

En cuanto a los sustratos de clase 4, debido a su alto contenido de DQO deben ser degradados en digestores aerobios intensivos para mayor eficiencia.

Características	Clase	Tipo de Sustrato	Características Cuantitativas
Sólido	1	Basura doméstica	> 20% ST
		Estiércol sólido	40 – 70% Fracción Orgánica
		Resto de cosecha	
Lodo altamente contaminado, alta viscosidad.	2	Heces Animales	100 – 150 g/l DQO 5% - 10% ST 4% - 8% SV
Fluidos con alto contenido de sólidos suspendidos	3	Excretas de animales de cría diluido con agua de lavado	3 – 17 g/l DQO
		Aguas residuales de mataderos	1 – 2 g/l SS
Fluidos muy contaminados, sólidos en suspensión	4	Aguas residuales de agroindustrias	5 – 18 g/l DQO
		Aguas negras	4 – 500 g/l DQO

Tabla 6: Clasificación de los sustratos según sus características cuantitativas. Fuente: Esguerra, 1989.

5.2 Relación Carbono/Nitrógeno de las Materias Primas

Todas las sustancias orgánicas son capaces de generar biogás durante la digestión anaeróbica. La calidad y cantidad del biogás generado dependerá de la composición y naturaleza de los residuos utilizados.

Los niveles de nutrientes deben ser más altos que las concentraciones óptimas para las metanobacterias porque están muy inhibidas por las deficiencias de nutrientes. El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimento para los metanógenos. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1. En la Tabla 7 se muestra dicha relación.

Materiales	% C	% N	C/N
Gallinas	35	1.50	23:1
Bovinos	30	1.30	25:1
Equinos	40	0.80	50:1
Ovinos	35	1.00	35:1
Porcinos	25	1.50	16:1
Caprinos	40	1.00	40:1

Tabla 7: Relación C/N. Fuente: Vamero y Arellano, 1991.

5.3 Niveles de Sólidos Totales y Sólidos Volátiles

Toda la materia orgánica que consiste en agua y una porción de sólidos se denomina sólidos totales (TS). El porcentaje de sólidos en la mezcla que se carga en el digestor es un factor importante a considerar para asegurar un proceso satisfactorio. La movilidad de los metanógenos en el sustrato se ve cada vez más limitada a medida que aumenta el contenido de sólidos, lo que puede afectar el rendimiento y la producción de gas.

Se ha demostrado que una carga en digestores semicontinuos no debe tener más de un 8% a 12% de ST para asegurar el buen funcionamiento del proceso, a diferencia de los digestores discontinuos, que tienen entre un 40 a 60% de ST.

Para calcular el volumen de agua que se debe mezclar con la materia prima para dar la proporción adecuada de sólidos totales, es necesario conocer el porcentaje de sólidos totales de la materia prima fresca. En la Tabla 8 se observan los sólidos totales de diversos residuos.

Materias Primas	% Sólidos Totales
Aves	26.0 - 92.0
Bovinos	13.4 - 56.2
Porcinos	15.0 - 49.0
Caprinos	83.0 - 92.0
Ovejas	32.0 - 45.0
Equinos	19.0 - 42.9

Tabla 8: Contenido de sólidos totales de diversos residuos. Fuente: Vamero y Arellano, 1991.

6. CAPITULO VI: INGENIERIA DE PROYECTO

6.1 Descripción de la Granja San Bernardo

La granja San Bernardo comprende una superficie de terreno de 6.000m², cuenta con un Galpón de área igual a 2.450m², teniendo, 14 metros de ancho y 175 metros de longitud, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 31.850 pollos, la cual es distribuida por la relación de 13 pollos por cada metro cuadrado.



Ilustración 7: Granja San Bernardo.

6.2 Sistema de Alimentación

Cuenta con 2 unidades de Silo Metálico que está situado en la parte exterior del galpón, este silo es fabricado con chapa galvanizada NBR-7008 ZC275; el sellado completo entre chapas es realizado a través de masa a base de goma sintética, la misma tiene características que permanecen inalterables bajo la acción del tiempo, tales como flexibilidad, adherencia, plasticidad y anticorrosión, el silo metálico trae unas barandillas superiores, su pantalla de control es fabricada en policarbonato de cristal de alta densidad, con protección anti-UV, con 95% de transparencia, que permite una visión clara del nivel de alimentos, es un equipo seguro, robusto y eficiente, de gran durabilidad.

El conjunto de tapas y topes ajustables garantizan una circulación completa del aire, ya que la fijación es realizada con tornillos y tuercas, con protección de zinc amarillo trivalente de 8 micrones y arandela selladora de PVC flexible.

Tiene salida lateral para extracción manual de alimento, fabricada con chapa galvanizada NBR-7008 ZC 275;

Este modelo de Silo Metálico también vienen disponibles en modelos: 4, 6 y 8 pies de soporte que se detalla en la siguiente tabla:

SILO METÁLICO 4 PIES					
VOLUMEN (M³)	PESO TOTAL SOPORTADO (Kg)	ALTURA DE LA PIERNA (M)	ALTURA TOTAL (M)	DIÁMETRO (M)	ANILLOS
*4,0	2.600	2,5	3,53	1,87	1
6,0	3.900	2,5	4,38	1,87	2
*7,5	4.875	4,0	4,79	2,26	1
7,5	4.875	3,6	4,58	2,26	1
10,9	7.085	3,6	5,43	2,26	2
*10,9	7.085	4,0	5,83	2,26	2
14,4	9.390	3,6	6,28	2,26	3
*14,4	9.390	4,0	6,68	2,26	3
17,8	11.570	3,6	7,13	2,26	4
*17,8	11.570	4,0	7,53	2,26	4

SILO METÁLICO 6 PIES					
VOLUMEN (M³)	PESO TOTAL SOPORTADO (Kg)	ALTURA DE LA PIERNA (M)	ALTURA TOTAL (M)	DIÁMETRO (M)	ANILLOS
*13	8.450	4,0	5,30	2,84	1
*18,4	11.960	4,0	6,15	2,84	2
*23,7	15.405	4,0	7,00	2,84	3
*28,9	18.785	4,0	7,85	2,84	4

SILO METÁLICO 8 PIES					
VOLUMEN (M³)	PESO TOTAL SOPORTADO (Kg)	ALTURA DE LA PIERNA (M)	ALTURA TOTAL (M)	DIÁMETRO (M)	ANILLOS
33,1	21.515	5,17	6,39	3,64	2
41,8	27.170	5,17	7,24	3,64	3

Tabla 1: Modelos de Silos Metalicos; Fuente: Avioeste

Observación: Los volúmenes que tienen (*) también están disponibles en el modelo con plataforma NR12. Se calculó la capacidad de almacenamiento descrita en la tabla en base a un alimento, cuya densidad es de 650 kg / m³.



Ilustración 8: Silo Metálico – Granja San Bernardo.

Del Silo Metálico, va conectado por el comedero principal fabricada en polipropileno con una Capacidad de 0,10 m³ de alta densidad, con protección anti-UV, el material ayuda a la fácil limpieza, ajuste y manejo ya que es un equipo eficiente y muy duradero, la misma es comandado por un motor de 2HP, dicho comedero principal se encuentra en la parte central del galpón para la distribución al alimentador automático de corti sintesi el cual está distribuido en 4 filas en toda área del galpón.



Ilustración 9: Comedero Principal – Granja San Bernardo.

El alimentador automático es una placa fabricada en polipropileno de alta densidad, con protección anti-UV con sistema de cierre individual que evita que la ración baje a platos que no se utilizarán en la fase inicial, su regulación es de forma manual colectiva del nivel de ración en el plato cada 55 m, también tiene regulación manual individual del nivel de ración plato a plato, es fácil su limpieza, ajuste y manipulación. En cada extremo del galpón fueron puestas 4 motores lado derecho, y 4 motores lado izquierdo, estos poseen sensores de limitación de balanceado de distribución a los pollos, cuya función va sujeta a un sistema de tornillos sin fin en el que van cargándose el balanceado según necesidad a los alimentadores automáticos, las mismas son dirigidos por “platos comandos” que son ubicados por sistema como último plato, ya que su función principal es alertar al sistema de tornillo sin fin para la distribución desde el comedero principal a los platos comandos.

Recomendaciones: el alimentador automático fue diseñado para 45 a 60 aves por plato.



Ilustración 10: Alimentador Automático – Granja San Bernardo.

6.3 Sistema de Distribución de Agua

La distribución del agua es a través de 4 filas en toda el área del galpón, el agua llega al conducto por gravedad desde un tanque de 1.000L de fibra de vidrio.

También posee un sistema de purificadores de agua, estos filtros neutraliza los contaminantes, elimina malos olores y sabores del agua para los pollos.

La altura de los picos de agua es regulada de forma manual, dependiendo de las edades de los pollos.



Ilustración 11: Suministro de Agua – Granja San Bernardo.



6.4 Sistema de abastecimiento de Electricidad

La Granja San Bernardo, es alimentada por el suministro de energía de la ANDE, la granja cuenta con un Transformador de 75KVA trifásico y un generador que es utilizada en caso de emergencia de 75 KVA trifásica reacondicionada.



Ilustración 12: Suministro de Energía Eléctrica – Grupo Generador 75 KVA – Granja San Bernardo.



Ilustración 14: Suministro de Energía Eléctrica – Transformador 75KVA – Granja San Bernardo.
La iluminación del Galpón es con lámparas led avilamp, son lámparas con tecnología LED certificada por Inmetro, resistente y durable, se destaca por su excelente eficiencia luminosa, no geran calor y, además de ser amigables con el medio ambiente, evita el desperdicio de luz,

Su curva de dimerización lineal proporciona bienestar a los animales.



Tensão	220 VCA
Potência	10 W
Frequência	60 Hz
Corrente	0,048 A
Fator de potência	0,87
Fluxo luminoso	900 lm
Vida útil (l70)	25.000 h
IRC	>80%
Temperatura de cor	2.700 K
Base	E 27

Ilustración 15: Lámpara led avilamp; Fuente: Avioeste.

6.5 Controlador Smaai 4

Es un controlador práctico de alta calidad, tecnología, rendimiento y funciones innovadoras, en versiones: SMMI 04/SMMI045 I SMAAI04CH. Posee 23 salidas de relé para accionamientos, también selección individual de sondas, llamadas sondas Smaai el cual son los siguientes:

- Sensor de Temperatura
- Sensor de Humedad
- Sensor CO2
- Sensor H2O
- Sensor temperatura y Humedad (T/U)

Las funciones de estos sensores son de manera a controlar la curva de temperatura para programación, el controlador smaai 4 recolecta el registro de datos a través de USB, hace mediciones y registro del consumo de agua, controla los niveles de ventilación por nivel de CO2 y hace un control de cortina lateral.



Ilustración 16: Controlador Smaai 4; Granja San Bernardo.

6.6 Sistema de Calefacción

La calefacción se hace a través de una Caldera a leña manual, el fuego es generado por medio de un soplador con un motor de 0,5 HP que se encuentra ubicada dentro del caldero, para la extracción del aire caliente es realizado por 2 motores de 3HP que envían el aire caliente por medio de tubos instaladas dentro del recinto.



Ilustración 17: Caldera - Granja San Bernardo.

6.7 Sistema de Refrigeración

6.7.1 Sistema Cooling

El Sistema de enfriamiento evaporativo Cooling es fabricada con chapas evaporativas especial de alta durabilidad, en una disposición en forma de panel que maximiza la evaporación del agua, reduciendo la temperatura y aumentando la humedad relativa en la entrada de aire del ambiente; generando mayor eficiencia de enfriamiento y menor pérdida de carga del sistema como un todo.

Las partes metálicas son de acero inoxidable. El sistema genera una distribución uniforme del agua, aprovechando mejor la zona de entrada de aire, manteniendo la humidificación uniforme en toda la chapa evaporativa, es de fácil montaje y manejo.



Ilustración 18: Sistema de enfriamiento evaporativo Cooling - Granja San Bernardo.

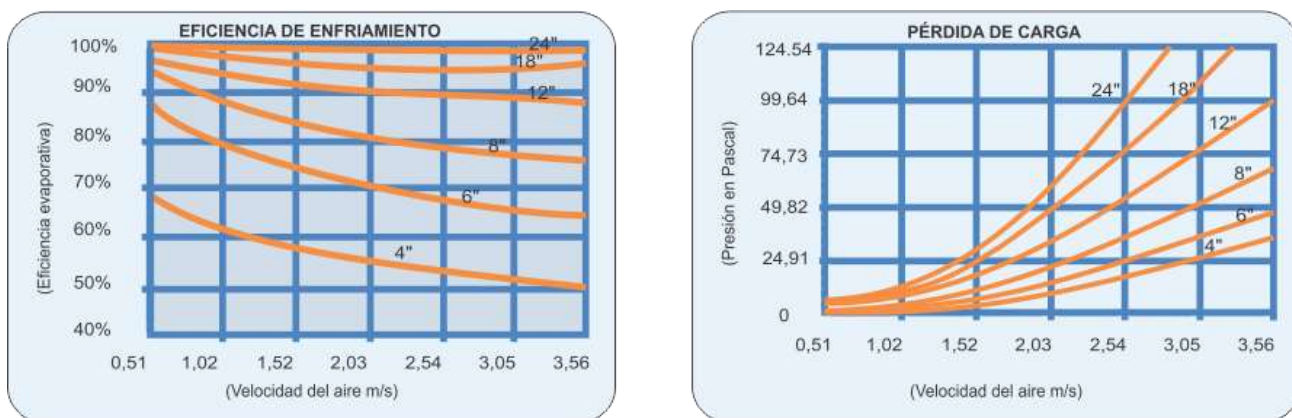


Ilustración 19: Sistema de enfriamiento evaporativo Cooling - Granja San Bernardo.

6.7.2 Sistema Extractor

La Granja San Bernardo cuenta con 12 unidades de extractores, dicha estructura está fabricada con chapa galvanizada NBR 7008CZ-275, y polímero de alta resistencia, el sistema de sellado es realizado a través de alas fabricadas en ACM (aluminio y polímero) de alta resistencia, con anti-UV.

Posee un conjunto de hélice desarrollado en polímero de alta resistencia, con un diseño único y aerodinámico que proporciona menor ruido y mayor eficiencia, es fácil de limpiar, instalar y manipular.

También tiene un cinturón de ajuste de fácil acceso y fácil manejo, lo que hace que el equipo sea más robusto, confiable y simple de mantener. Posee un motor blindado de alta eficiencia de 1,5 CV.



Ilustración 20: Sistema de Extractor - Granja San Bernardo.



Ilustración 21: Sistema de Extractor - Granja San Bernardo

6.7.3 Sistema de Nebulización

El Sistema de nebulización cuenta con filas distribuidas en toda área del galpón en forma de aspersores el cual genera un sistema de neblina o forma de lluvia, la función principal del sistema de refrigeración es la de refrescar a los pollos en caso de no llegar al abastecimiento de los otros sistemas de refrigeración, la misma es accionada por un motor de 2HP.

6.8 Inled

El Inled está fabricado por polipropileno de alta densidad, con protección anti-UV, de manera a cubrir un area libre de paso de aire 0,24 m², su estructura central fabricada con chapa galvanizada NBR 7008 ZC 275.

Tiene un sistema de control de sellado colectivo, hecho de manera motorizada, facilitando el control de la presión de trabajo, la apertura y cierre individualizados mediante trabas inteligentes que indican la posición correcta, es fácil su instalación,

ajuste y manejo, también su equipo es sencillo, robusto y confiable, ofrece máxima protección contra los gases nocivos y el cambio climático.

Sus dimensiones externas de Inled es de : 807,5 x 393 x 649 mm (largo x alto x ancho).



Ilustración 22: Inlet - Granja San Bernardo

6.9 Túnel Door

La estructura del túnel Door trabaja con el sistema de enfriamiento evaporativo Cooling, ya que está estructurada por una lona de espesor considerable de manera a no filtrar ningún aire proveniente del exterior, a medida que la temperatura dentro del galpón va bajando, la lona tiene un sistema de apertura y cierre según necesidad, es controlada por sensores del Smaai 4, su mantenimiento es sencillo, la misma permite un mayor control de la presión de trabajo.

El sistema es seguro, eficiente y de gran durabilidad, ideal para la comodidad y el bienestar de los animales.



Ilustración 23: Túnel Door - Granja San Bernardo

7. CAPITULO VII: ESTUDIO TÉCNICO

7.1 Gallinaza en estudio

La siguiente tabla muestra una serie de datos que han sido proporcionados por la empresa, a excepción de la cantidad de estiércol utilizada, la cual resulta del cociente entre la producción de biogás necesaria para satisfacer la demanda de calor y el volumen de biogás obtenido por cada kilogramo de estiércol seco.

Estiércol de Gallina		
Estiércol/gallina	0,06	kg/u
Cantidad de gallinas	31.850	unidades
Cantidad total de Estiércol	1.911	kg estiércol/día
Cantidad utilizada	1.911	kg estiércol/día
% Estiércol utilizado	100%	

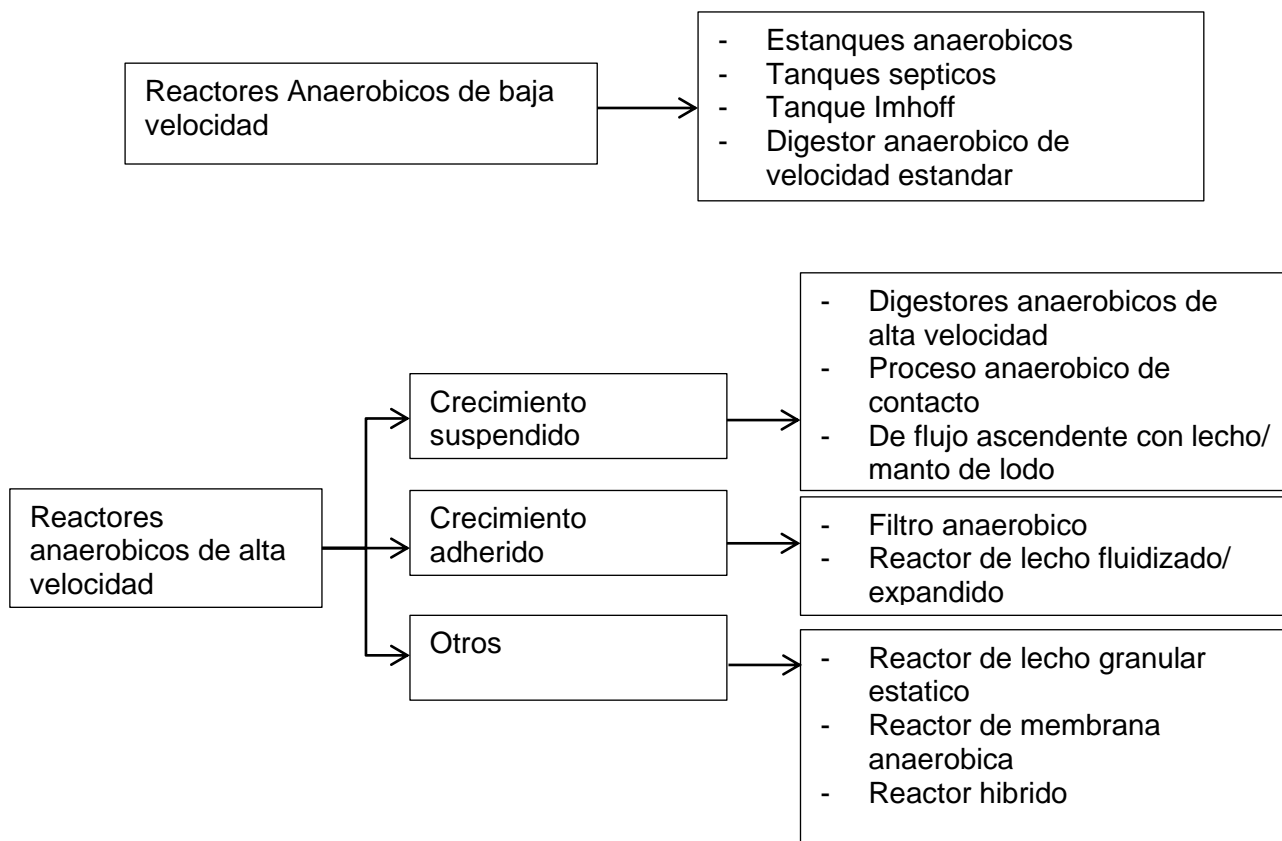
Tabla 9: Datos Gallinaza de Granja San Bernardo.

La gallinaza en estudio considerada contiene un porcentaje de carbono es 35% y un contenido de nitrógeno igual a 1.5%, por lo que la relación carbono/nitrógeno obtenida es de 23:1. Dicha relación está dentro del rango ideal, de 20:1 hasta 30:1, que favorece a la eficiencia a la generación del biogás.

7.2 Tecnología empleada en la Digestión Anaeróbica

Los digestores anaeróbicos pueden clasificarse de la siguiente manera, tal como se muestra en el esquema de abajo

7.2.1 Clasificación de los Reactores Anaeróbicos.



7.2.1.1 Reactor Anaerobico de Alta Velocidad

Estos tipos de digestores anaeróbicos rápidos consisten en un reactor de agitación continua que opera en condiciones mesofílicas o termófilas.

El desarrollo de fermentadores para la metanogénesis presenta extremados problemas en comparación con la mayoría de los fermentadores para otros procesos. Las consecuencias de una falla en el proceso pueden ser graves, especialmente si una instalación de producción tiene que cerrar cuando las aguas residuales no se tratan de manera consistente y satisfactoria.

Algunos de los parámetros que se deben considerar para el funcionamiento de reactores anaeróbicos son:

a) Tiempo de retención de sólidos (TRS): El tiempo de retención apropiado requerido para una descomposición eficiente puede evaluarse en un estudio de laboratorio o experimental o mediante la evaluación de una planta existente basada en la producción máxima de bioenergía en función de TRS.

Este tiempo de retención puede variar de 15 a 30 días para fermentación mesófila y de 5 a 15 días para fermentación termófila. El tamaño del digester se puede estimar conociendo la cantidad de residuos generados.

b) Tasa de carga de sólidos volátiles (SV): Este es el método de aproximación más utilizado para determinar el tamaño de un digester anaeróbico. El factor de carga típico de RAT para la digestión mesófila es de 1,6 a 4,8 kg/m³ por día. En un digester mesofílico, la tasa de alimentación de RAT puede ser el doble de rápida que en un digester mesofílico.

c) Reducción de sólidos volátiles: La degradación de SV puede estimarse utilizando la siguiente ecuación empírica.

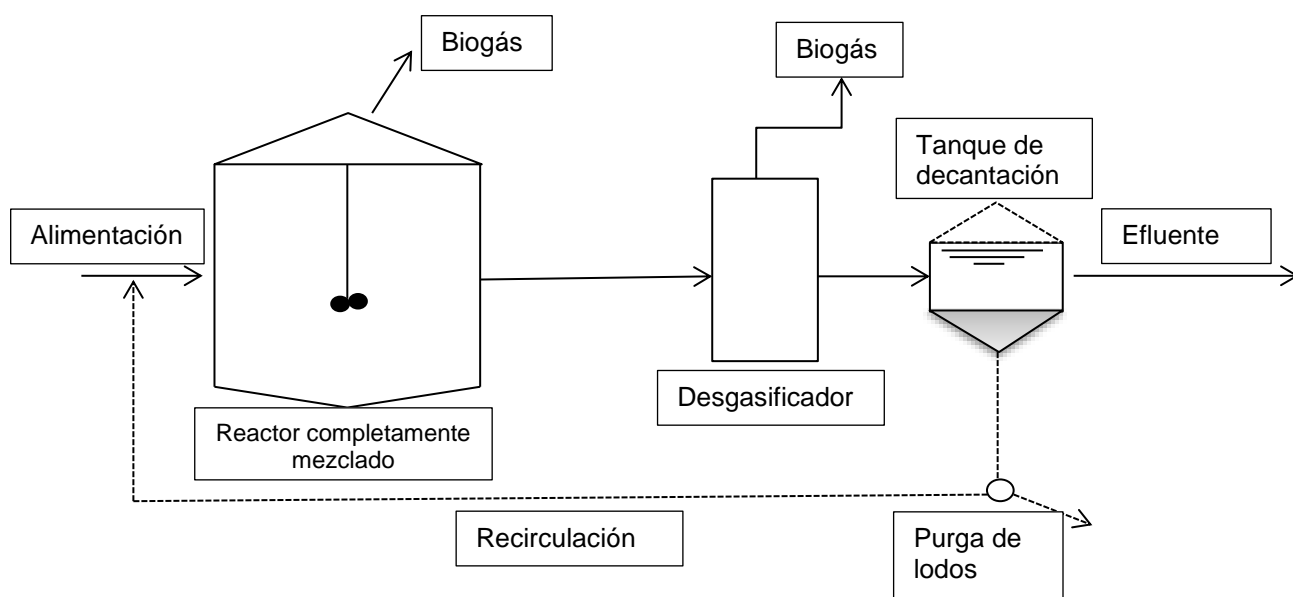
$$Vd = 13.7 \ln(\text{TRS}) + 18.9$$

Donde Vd es la degradación de sólidos volátiles (%) y TRS es el tiempo de retención de sólidos (días).

7.2.1.2 Proceso Anaerobico de Contacto

Según el diagrama esquemático del proceso anaerobio de contacto, éste consiste en un reactor anaerobio agitado en el que el agua residual suministrada al reactor está en contacto con la biomasa anaerobia remanente en el mismo. Esto permite que los compuestos orgánicos disueltos y coloidales se descompongan primero en la HRT durante un período de 12 a 24 horas. Los microorganismos pueden adherirse a las partículas, formando depósitos sólidos en el proceso. La eficiencia de este sistema está íntimamente relacionada con la buena deposición que se consigue en el decantador, pudiendo instalarse un des aireador antes de que el líquido a tratar entre en el decantador. El des aireador permite la eliminación de burbujas biológicas (CO₂ y CH₄) que se adhieren a las partículas de lodo contribuyendo a una mejor deposición. De lo contrario, la suciedad flotará en la superficie. La fracción de sólidos

sedimentables que llega con el efluente de alimentación junto con la biomasa activa se retira en un decantador, ubicado después del reactor anaeróbico (decantador secundario). El lodo obtenido se concentra y recircula nuevamente hacia el reactor. Esto posibilita que el TRS en el sistema sea del orden de 25 a 40 días, produciendo la hidrólisis de los sólidos y su posterior mecanización.



Esquema de un Proceso de Contacto Anaeróbico - Fuente: Manual del biogás. Prof. María Varnero, Santiago Chile, 2011

7.2.1.3 Filtro Anaeróbico

Dependiendo de la forma de alimentación, los filtros anaeróbicos se pueden clasificar como filtros anaeróbicos aguas arriba (FAA), anaeróbicos aguas abajo (FAD) o anaeróbicos de flujo múltiple (FAM). Por lo general, no se recomienda la circulación para obtener la máxima recuperación de energía.

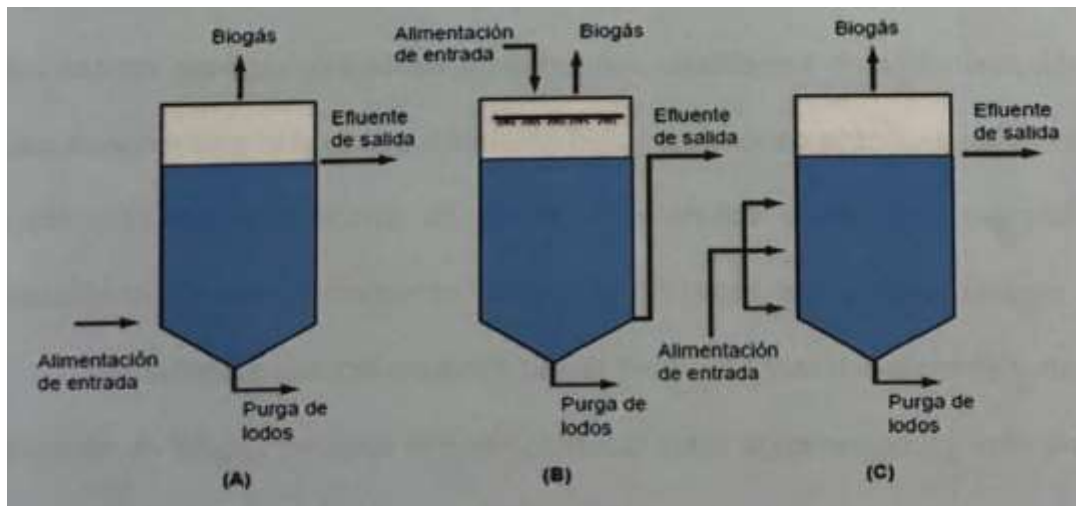


Ilustración 24: Filtros anaeróbicos: (A) de flujo ascendente; (B) de flujo descendente; (C) de alimentación múltiple. Fuente: Manual del Biogás, Prof., María Varnero, Santiago Chile, 2011

7.2.1.4 Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente

Es un tipo de reactor anaerobio tubular que opera continuamente y tiene un flujo ascendente. La roca se usó originalmente como un medio filtrante anaeróbico, pero debido a su bajo volumen de poros (40-50 %) ocurrieron serios problemas de obstrucción. Actualmente, los materiales más utilizados son las resinas sintéticas o cerámicas con muchas configuraciones diferentes. La resina tiene un volumen de poros del 80 al 95 % y proporciona un área de superficie específica alta, normalmente de $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ o más, lo que promueve el crecimiento de biopelículas. En estos reactores, los microorganismos se agrupan para formar gránulos.

La retención de lodo activo, en forma de gránulos o flóculos, permite la realización de un buen tratamiento incluso a altas tasas de cargas orgánicas.

La turbulencia natural provocada por el propio caudal de entrada y la generación de biogás asegura un buen contacto entre las aguas residuales y los lodos del sistema. Estos sistemas pueden aplicar cargas orgánicas más altas que los procesos aeróbicos. Además, se requiere menos volumen de reacción y espacio, y al mismo

tiempo, se produce una gran cantidad de biogás, y por tanto de energía. Por otra parte, la elevada concentración de biomasa de este sistema, lo hace más tolerante a la presencia de tóxicos.

Los gases producidos en condiciones anaeróbicas provocan una circulación interna que promueve la formación y el mantenimiento de biomoléculas a las que se unen algunas moléculas de gas.

El líquido que ha pasado a través del manto contiene algunos sólidos residuales y gránulos biológicos que pasan a través del sedimentador donde los sólidos se separan del futuro efluente. Los sólidos retornan por tanto al caer a través del sistema de baffle en la parte alta del manto de lodos. Debido a que un filtro anaeróbico retiene una gran cantidad de biomasa, es posible mantener un mayor TRS independientemente del TRH. Típicamente, el TRH varía de 0.5 a 4 días y la tasa de carga varía de 5 a 15 kg DQO/m³.día. La eliminación periódica del exceso de biomasa puede ser necesaria para minimizar la obstrucción del circuito.

7.2.1.5 Filtro Anaeróbico de flujo descendente

Esto es similar al flujo inverso, excepto que la biomasa está adherida al sustrato. La biomasa antiadherente se elimina del reactor. En este proceso, el sustrato bacteriano se conecta al reactor para formar canales o tubos verticales. El lote lava el empaque de arriba a abajo de la columna del reactor para desecharlo o reciclarlo.

Durante la operación aguas abajo, una parte de la biomasa adherente es transportada por la fuerza de fricción del líquido, evitando así los problemas de obstrucción y creando corrientes inversas entre las fases líquida y gaseosa.. El flujo de gas-líquido de reflujo mejora la mezcla y la homogeneización del sistema, evitando concentraciones locales de ácidos grasos volátiles (AGV) y otros inhibidores en ciertas áreas del reactor. La combinación de flujo hacia abajo y de los canales verticales minimiza la acumulación de sólidos en suspensión en el reactor. Por lo tanto, estos reactores son capaces de tratar compuestos solubles e insolubles. La pérdida de sólidos en suspensión incluye la pérdida de biomasa activa en suspensión. De este modo, el TRS es igual al TRH. Cuando existen TRH inferiores a

uno o dos días, las metanobacterias no pueden crecer en suspensión, mientras que las bacterias acidogénicas tienen tiempo suficiente para crecer en el líquido del reactor.

7.2.1.6 Filtro Anaeróbico de alimentación múltiple

Las ventajas del Filtro Anaeróbico de alimentación múltiple son:

- Tiene una distribución homogénea de la biomasa.
- Mantención de un régimen de mezcla completa a través de todo el reactor, lo cual previene obstrucciones y la acumulación de ácidos grasos volátiles.
- Concentración uniforme del sustrato en todo el reactor, lo cual previene el crecimiento desmedido de biomasa en el fondo del reactor, minimizando así la obstrucción del lecho del filtro.
- Utilización efectiva de todo el lecho del filtro con un volumen de trabajo de 87%, comparado con el 65% de un punto de alimentación simple.

7.2.2 Reactor Anaeróbico en secuencia Tipo Batch

Este tipo de sistema funciona por bastante tiempo y no en flujo continuo, donde cada ciclo de operación se divide en cuatro etapas, las cuales se pueden observar en la siguiente ilustración 25:

- 1) Alimentación**
- 2) Reacción:** etapa de tiempo variable en donde ocurre, en mayor grado, la degradación de la materia orgánica.
- 3) Sedimentación:** se detiene la agitación y la biomasa decanta, separándose del efluente clarificado
- 4) Descarga:** el efluente depurado (clarificado) es retirado del reactor.

Este reactor presenta características particulares y muy buenas que lo hacen ventajoso ante los demás sistemas convencionales continuos, como se destacan se forma siguiente:

- Posee gran flexibilidad de operación, pudiendo lograrse la adaptación de la biomasa a un determinado tipo de sustrato.
- Posee mejor control del proceso y una mejor calidad del efluente.
- La operación puede llevarse a cabo sin recirculación de sólidos ni de líquido, a menos que ésta se utilice como agitación.
- La etapa de sedimentación se realiza dentro del mismo reactor por lo que no es necesario una unidad aparte.
- Se puede conseguir la eliminación de la etapa de sedimentación, con la consiguiente disminución del tiempo de cada ciclo, mediante la utilización de biomasa inmovilizada en soportes.

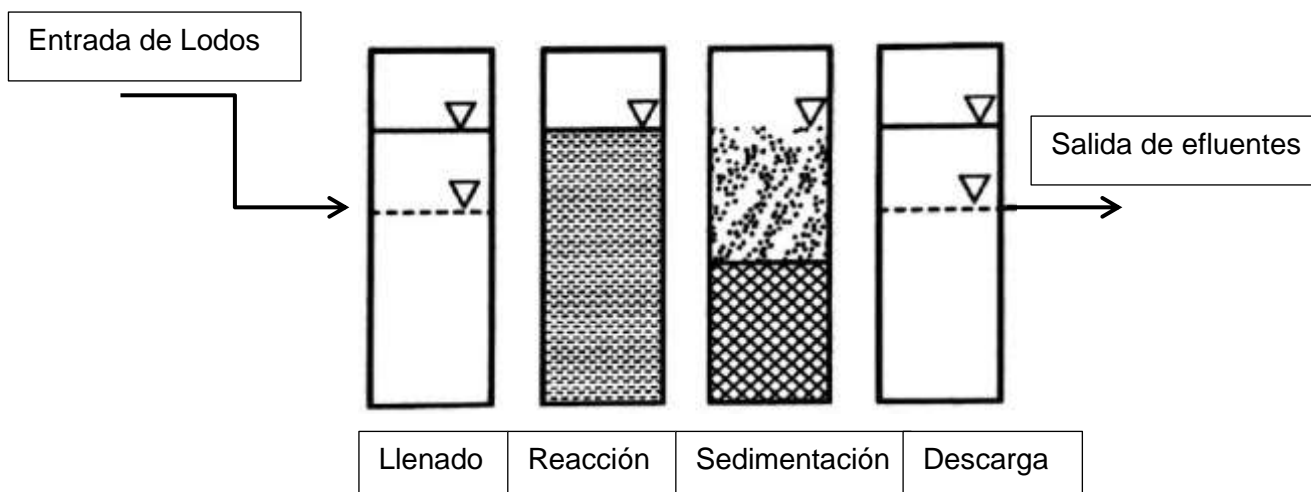


Ilustración 25: Reactor Anaeróbico en secuencia Tipo Batch y sus etapas.

7.2.3 Reactor de Lecho Expandido y Fluidizado

El reactor de lecho expandido (ERR), como se muestra en la siguiente figura, corresponde a una estructura cilíndrica con un pequeño sustrato inerte, lo que permite la acumulación de altas concentraciones de biomasa, formando una película alrededor de estas partículas. Estos bastidores pueden ser de arena, carbón activado granular u otra resina sintética en la que se descompone la materia orgánica. La expansión del lecho se debe al flujo vertical generado por el alto grado de recirculación. La velocidad ascensional es tal que el lecho se expande hasta un punto en el que la fuerza gravitacional de descenso es igual a la de fricción por

arrastre. En un RLE, se mantiene una velocidad de flujo ascendente tal que permita la expansión del lecho en 15-30%.

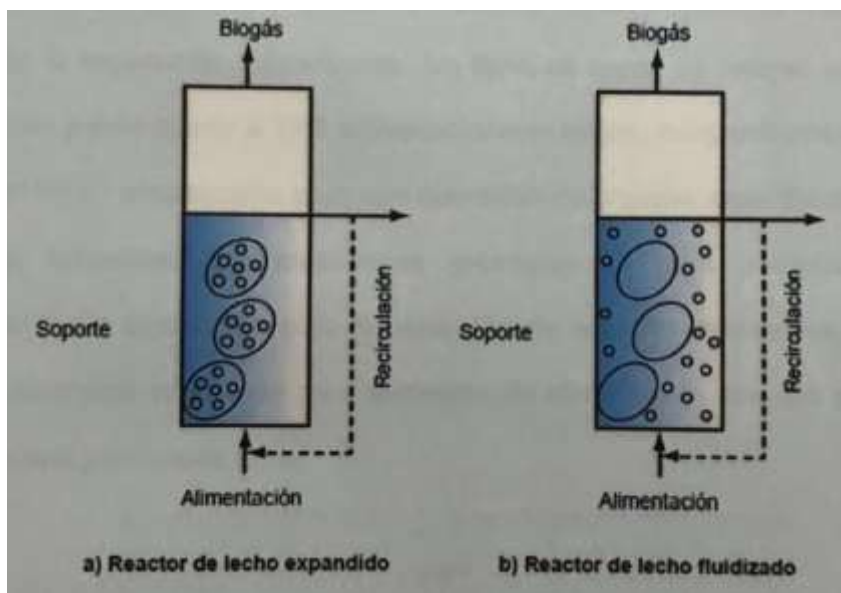


Ilustración 26: Representación esquemática del reactor de lecho expandido y lecho Fluidizado.
Fuente: Manual del Biogás, Santiago Chile, 2011

7.2.4 Configuraciones de un Reactor Anaeróbico para la producción de Bioenergía

La capacidad de la biomasa es un factor importante para seleccionar el biorreactor adecuado porque los microorganismos anaerobios crecen muy lentamente en el proceso metabólico produciendo metano, hidrógeno, etanol y butanol.

Esta separación ayuda a mantener una relación TRS/TRH notablemente alta, lo que evita la lixiviación por anaerobios de crecimiento lento. Otras consideraciones incluyen el tipo de material (sólido, líquido o gas), inhibidores, recuperación de bioenergía y límites de transferencia de masa.

7.2.4.1 Estrategias Para desacoplar TRH y TRS

El desacoplar el TRS y TRH favorece la velocidad de carga orgánica y permite reducir el tamaño del reactor. Existen cuatro estrategias para desacoplar el TRS del TRH, tal como se muestra en la Tabla siguiente.

Estrategia	Mecanismos de retención de biomasa	Tipos de reactor Anaeróbico
Inmovilización de la biomasa en sistemas de crecimiento adherido.	Los microorganismos se adhieren al medio de soporte (e.g., plástico, gravilla, arena, carbón activado) para formar una biopelícula.	Filtro anaeróbico; reactor rotativo de contacto; reactor de lecho fluidizado y lecho expandido.
Granulación y formación de flóculos.	Los microorganismos anaeróbicos se aglomeran para formar gránulos y flóculos que sedimentan en el bioreactor.	Reactor anaeróbico de flujo ascendente con lecho/manto de lodos, reactor de lecho granular estático; reactor de secuencia tipo Batch; reactor anaeróbico con deflectores.
Reciclaje de la biomasa.	Las materias primas con alto contenido de sólidos suspendidos permiten que los microorganismos se adhieran a los sólidos, formando flóculos sedimentables, que luego son reciclados en el reactor.	Reactor anaeróbico de contacto; Clarigester anaeróbico.

Retención de la biomasa.	La integración de una membrana dentro de un reactor anaeróbico retiene la biomasa.	Bioreactor anaeróbico de membrana
--------------------------	--	-----------------------------------

Fuente: Khanal, 2008.

Tales corrientes de alimentación frecuentemente se digieren en un reactor de mezcla completa en el cual $TR_S = TR_H$. Por ende, para maximizar la producción de biogás se requiere un alto tiempo de retención. El pretratamiento de la corriente de alimentación puede reducir el tiempo de retención y mejorar el potencial de producción de bioenergía.

8. CAPITULO VIII: RESULTADOS

En este capítulo se lleva a cabo la descripción de los procesos principales que intervienen en el sistema de biodigestión en estudio, donde se detallan las operaciones unitarias de la misma.

El sistema se inicia con la carga del estiércol de gallina, a la tolva mezcladora, seguidamente al biodigestor, en donde una vez que se genere el biogás, éste va a un tanque pulmón donde se almacena a presión constante y con el que es alimentado el quemador. Dicho quemador recibe el gas tal cual sale del biodigestor, es decir, a parte del gas metano (principal factor determinante de biogás) también se encuentran otros gases como por ejemplo el dióxido de carbono (CO_2) el hidrógeno (H_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), etc. Este último genera ciertos problemas de corrosión en los equipos ya sean estos, tuberías, válvulas bombas, etc., si no es filtrado adecuadamente, ya que el azufre se convierte inicialmente en sulfato (SO_4) y posteriormente en ácido sulfúrico (H_2SO_4) en la cámara de combustión. El quemador seleccionado trae incorporado un filtro para evitar dicho efecto no deseado.

8.1 Biodigestor

Los tanques de fermentación biológica son pozos especiales en los que se produce metano mediante la fermentación anaeróbica (sin oxígeno) de desechos orgánicos. Hay varios tipos de fermentadores biológicos, pero son esencialmente dos partes; tanques de almacenamiento y fermentación de biomasa y recipientes de medición de gas (campanas) para el almacenamiento de biogás.

En el caso del estiércol animal, las características de los sustratos resultantes son lodos muy contaminados y muy viscosos, que se descomponen de manera más eficiente en digestores de "mezcla continuamente llena", sin embargo, en el caso estudiado, esta tecnología de biodegradación no se adapta a las propiedades de la gallinaza, debido a que tiene un alto contenido de materia seca que supera los límites para los que fueron diseñadas.

La tecnología de digestión anaerobia seleccionada por razones mencionadas

anteriormente es conocida como “DRANCO – DRY ANAEROBIC COMPOSTING”. Comercializada en todo el mundo por Organic Waste System, a través de sus socios de licencia exclusiva. Este proceso llamado DRANCO es único debido al diseño que posee de forma vertical, la elevada concentración de residuos sólidos y la ausencia de mezcla dentro del digester. Estos principios hacen que el proceso de digestión de materias sólidas y semisólidas sea de la forma más eficaz.

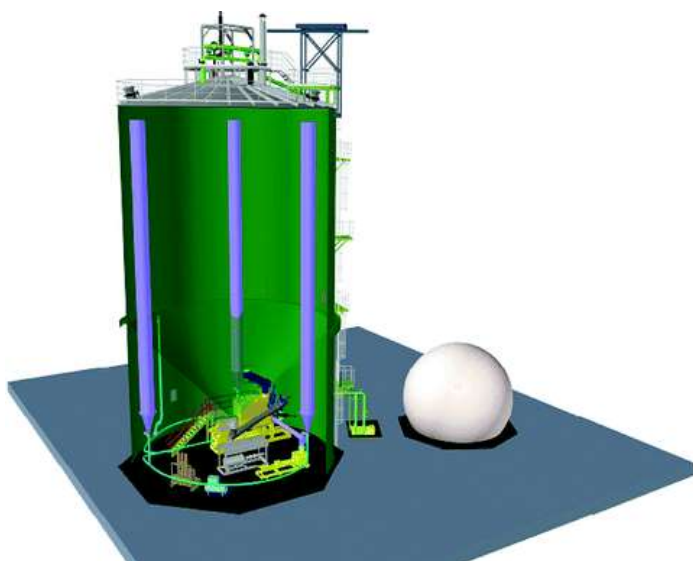
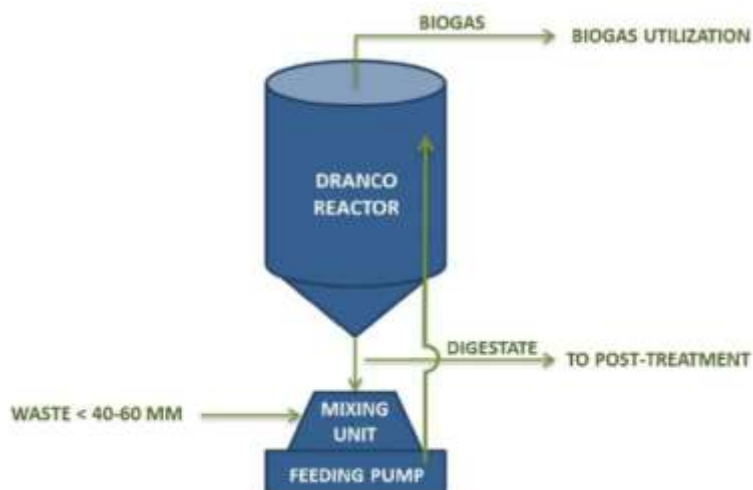


Ilustración 26: Biodigester tipo Dranco

Fuente: <http://www.ows/be>



Esta tecnología de digestión se ha aplicado con frecuencia al tratamiento de residuos, que comúnmente se colocaban en un vertedero. Estas plantas funcionan con un contenido de materia seca en el digester de hasta 40%. Sin embargo, DRANCO es una tecnología que se aplica ampliamente, que puede tratar diferentes

tipos de corrientes de residuos. En otras plantas DRANCO se tratan residuos orgánicos separados en origen de almacenaje o alimenticios, con un contenido de materia seca de 20 a 35%. Para este caso en particular se utiliza esta tecnología para tratar la gallinaza con un contenido de materia seca igual a 25,11%.

8.2 Biometanización

La capacidad de tratamiento del módulo de Biometanización se estima en 1.911 kg diarios de estiércol de gallina, con una producción media e biogás de 19,11 m³/día.

La etapa de digestión anaerobia se basa en la tecnología de Biometanización DRACO. Se trata de un proceso en vía seca, seguido directamente (50-55°C), en el que se biometaniza la fracción orgánica, seguido directamente de un compostaje, se obtiene, respectivamente un biogás empleado para producción de energía térmica.

Este proceso de digestión en vía seca se caracteriza principalmente por el diseño simplificado del reactor o digestor sin partes mecánicas móviles sin agitación, una inoculación intensa y gran producción de biogás. Además, no requiere de ningún tipo de pretratamiento previo a la digestión, lo que permite obtener mayor proporción de fracción orgánica fácilmente degradable y en consecuencia mayor producción de biogás. Además, permite simplificar notablemente el proceso.

Otros de los aspectos destacables de este proceso es el nulo consumo de agua. De este modo se obtienen dos importantes ventajas, tanto desde el punto de vista económico como medioambiental.

8.3 Digestion Anaerobia

Como se ha descrito anteriormente, la digestión anaerobia se realiza a una temperatura de 50-55 °C en un digestor cilíndrico vertical de 100 m³ fabricado en acero inoxidable con un revestimiento especial para evitar la pérdida de calor. Antes de transferir el estiércol de gallina al digestor, es sometida a unos procesos que favorecen el proceso de digestión.

El tiempo promedio de la gallinaza en la cámara de fermentación es de unos 25 días,

donde realiza una fermentación anaeróbica con la participación de bacterias termófilas a una temperatura de unos 55°C. No hay mezcla dentro del reactor, por lo que el movimiento del material dentro del digestor es solo por gravedad. El hecho de que el sistema con tecnología DRANCO suponga una digestión estacionaria y sin mezcla con tecnología DRANCO suponga una digestión estacionaria y sin mezcla mecánica permite una construcción simple del reactor, además de un funcionamiento duradero y viable, sin problemas mecánicos.

El residuo digerido se evacua por la parte inferior del digestor mediante un tornillo sinfín de extracción, recirculándose gran parte del mismo (cada dos días se renueva todo el volumen) hacia la cámara de mezcla o una pequeña parte enviándose a la línea de compostaje. Mediante este proceso se consiguen eliminar los posibles elementos patógenos del sustrato gracias a las altas temperaturas y otras condiciones desfavorables para su crecimiento.

8.4 Producción del Biogás

Además de la descomposición, el biogás es producido por varios procesos biológicos dentro de la descomposición. Su composición, aunque depende de varios factores como la composición de la materia orgánica, se estima en un 65% de metano (CH₄) y alrededor de un 35% de CO₂, además de otras sustancias secundarias (materias primas) como el sulfuro de hidrógeno. (H₂S). Su humedad relativa es del 80%.

Teniendo en cuenta que el biogás que se obtiene posee una concentración del 65% de metano, su PCI se ha estimado en 6.000 kcal/m³.

8.5 Almacenamiento del Biogás

El biogás generado en este proceso suele dirigirse a la bombona de gas, donde se almacena temporalmente debido a una disminución de la presión. El propósito de la adición de biogás al tanque de almacenamiento de gas es asegurar un flujo uniforme de gas a la instalación de cogeneración prevista para el uso de energía, así como

almacenar gas en caso de falla o mantenimiento de este sistema.

Los ventiladores de explosión regulan el suministro de biogás suministrando aire cuando no se está produciendo biogás. El volumen de gas en la cámara varía en función del gas suministrado y consumido. De lo contrario, la forma exterior del tanque siempre se mantiene igual. Una película delgada conecta la cámara de aire al suelo y un anillo de retención de acero galvanizado asegura el tanque de combustible al hormigón. El aire de apoyo se introduce sobre la membrana exterior.

Las características principales del gasómetro son las siguientes:

- ✓ Volumen: 100 m³
- ✓ Diámetro: 4,09 m
- ✓ Altura: 7,79 m
- ✓ Presión de operación: 25 mbar

8.6 Sistema de Recuperación Energética

El biogás se recupera para obtener energía quemándolo en un incinerador, generando calor.

Una planta de cogeneración consiste simplemente en una serie de quemadores, idénticos a los de las viviendas individuales, con un sistema de evacuación de calor.. Se aprovecha una fracción pequeña del calor obtenido para el proceso de Biometanización, mediante una serie de intercambiadores de calor.

La instalación cuenta, además, con una antorcha de seguridad de alta temperatura que asegura la combustión completa del biogás en caso de fallo en el funcionamiento o por parada de mantenimiento, con el fin de evitar el vertido directo del biogás a la atmosfera.

Todo el sistema de recuperación energética de la planta se controla informáticamente, siendo uno de los parámetros más importantes el caudal y los porcentajes de metano y oxígeno de la mezcla de biogás así como la temperatura de la antorcha.

8.7 Compostaje

El sistema de compostaje es un sistema mixto que consta de dos etapas. Fermentación controlada de la materia orgánica en túneles, seguida de maduración en meseta de rotación periódica. El material adecuado para el compostaje son los residuos del reactor de biometanización, junto con la fracción vegetal que se añade como estructurante para facilitar el proceso de fermentación aeróbica y también su posterior salida comercial. Al tratarse de un material lignocelulósico, su mantenimiento en espacios cerrados es perjudicial para que esta fracción actúe como material secante de la fracción orgánica.

Las fuentes de emisión previstas en la planta incluyen emisiones gaseosas, acústicas y olores.

8.8 Emisiones a la Atmósfera

Los gases de escape corresponden a los gases de escape del quemador de seguridad. El sonido producido por el funcionamiento de la bomba del fermentador, intercambiador de calor, tanque de gas, ventilador en el área de procesamiento de gas, etc. Los olores que pueden resultar desagradables alrededor de la planta surgen principalmente en los túneles de fermentación y en la zona de maduración.

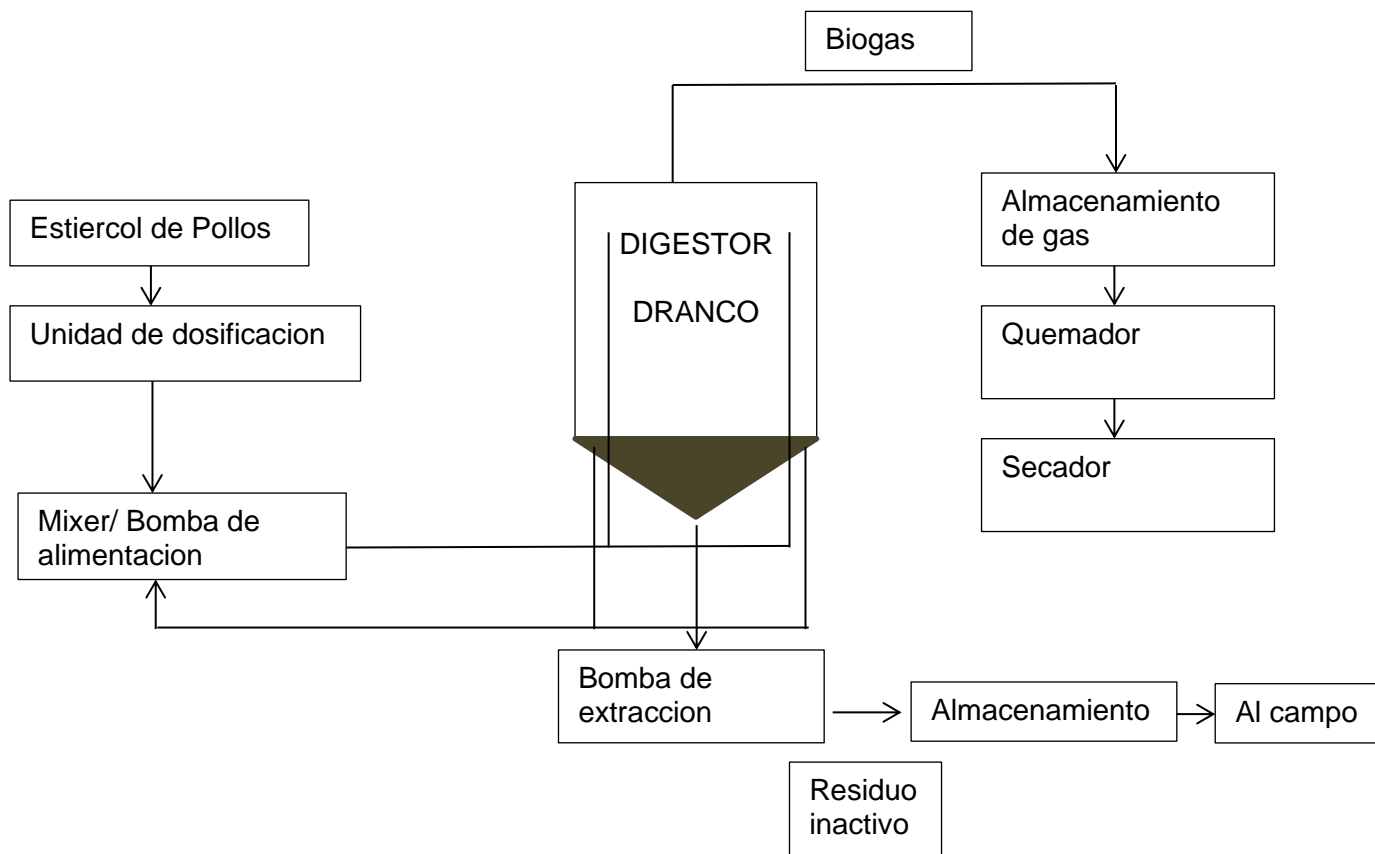
8.9 Características del Proceso DRANCO

- Digestor de forma vertical: su alimentación se encuentra en la parte superior y la extracción a través de una salida cónica en la parte inferior.
- Es un sistema de digestión de una sola fase con reciclaje del digerido.
- Funcionamiento termofílico.
- Digestores compactos y bien aislados con requerimientos de calefacción mínimos.
- Digestión en seco de índice elevado (se pueden lograr índices de carga y productividades de biogás muy elevados).

8.10 DRANCO – Ventajas

- Digestión anaerobia "en seco"
- Digestión elevada de residuos sólido
- Índice de carga y productividad de biogás elevados
- Volúmenes pequeños de digestor.
- Se evita la formación de costras o sedimentos
- Digestor vertical con salida cónica
- Extracción en el punto más bajo
- Sin acumulación en el digestor
- Mínimos requerimientos de superficie
- Digestión de una fase
- Complejidad reducida
- No hay mezcla, agitación ni inyección de gas en el digestor
- No hace falta mantenimiento ni se producen fallas dentro del digestor
- Recirculación intensiva
- Inoculación externa bien controlada
- Mezcla óptima de materia prima fresca con el digerido
- Es posible una temperatura termofílica (48-55 °C) con un mínimo de calefacción
- Producción de biogás más elevada
- Proceso más eficaz
- Exterminación de patógenos y semillas
- Control automatizada de procesos
- Seguridad operativa elevada
- Sistema resistente e industrial
- Confiabilidad elevada
- Digestores únicos con una capacidad de hasta 60.000 toneladas por año de residuos orgánicos domésticos

8.11 Esquema Básico de Digestión



El esquema básico del digestor DRANCO es como sigue:

- 1) El proceso se inicia con el vertido de la gallinaza, en la unidad de dosificación, que cuenta con un equipo de instrumentación que se encarga del suministro adecuado de los mismos.
- 2) Mediante un tornillo de dosificación la mezcla es llevada al mezclador que cuenta con una bomba de alimentación cuya función es bombear el sustrato hasta la parte superior del biodigestor a través de tres tubos que se encuentran en el interior del mismo, cayendo luego por gravedad en el interior del tanque del biodigestor.

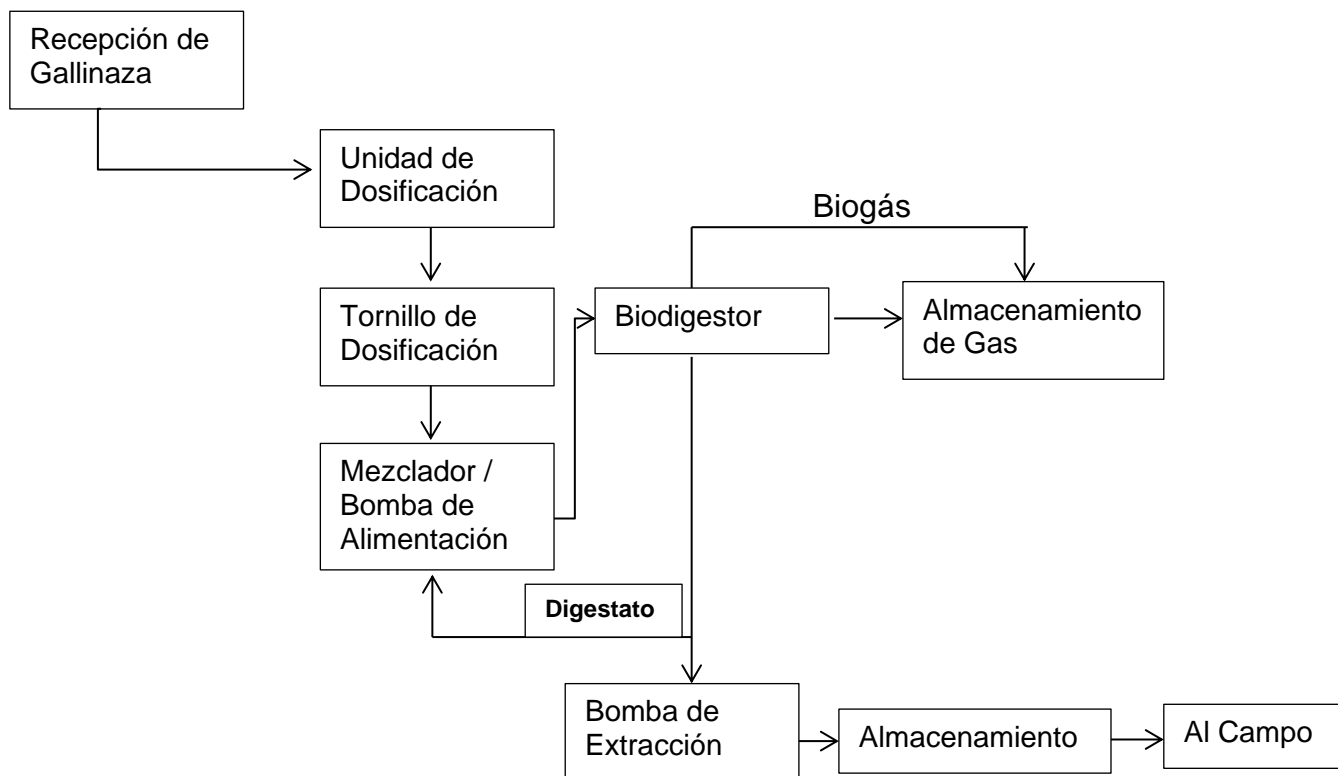
3) En el biodigestor se lleva a cabo el proceso de descomposición anaeróbico que luego de un tiempo de retención aproximadamente igual a 25 días, se obtiene el biogás de la parte superior del mismo. Dicho biogás tiene un poder calorífico hasta 6.000 kcal/m^3 con un contenido de metano igual a 60% y el resto es una mezcla de gases como anhídrido carbónico, hidrógeno, ácido sulfúrico y otros.

4) De la parte inferior, se extrae el lodo mediante una bomba tipo tornillo sinfín en donde una fracción del mismo retorna al mezclador para acelerar el proceso microbacteriológico, y la otra fracción es llevada a un depósito para el almacenamiento y secado del lodo, y posterior disposición como biofertilizantes.

5) De la parte superior del digestor, el gas, por diferencia de presión pasa al gasómetro donde es almacenado para su posterior aprovechamiento y asegurar una alimentación constante.

6) El quemador es alimentado por el gasómetro, con el cual se genera la llama y mediante un sistema de control se asegura la aportación de calor necesario requerido.

8.12 Flujo de Procesos



8.12.1 Quemador

Un quemador es un dispositivo que permite que la reacción de combustión entre el combustible y el comburente se lleve a cabo de manera controlada y controlada, brindando el aporte adecuado para lograr el poder calorífico especificado, al mismo tiempo que distribuye la reacción (llama) y circulación de los productos de la combustión. Que todo el calor generado se transfiera a la carga de la manera más eficiente.

Según el combustible utilizado, los quemadores se dividen en combustibles gaseosos, líquidos y sólidos. Para estos últimos, si el material sólido se carga neumáticamente (por ejemplo, carbón pulverizado), existe cierta uniformidad con los equipos utilizados para otros combustibles; pero en otros casos, como el uso de

barbacoa, hay una clara diferencia.

8.13 Análisis Técnico

Actualmente la Granja San Bernardo tiene un consumo considerable de energía eléctrica, la idea del presente Proyecto de Fin de Grado es reemplazar en su totalidad o de manera parcial el consumo de la misma por el sistema del Biodigestor.

8.13.1 Consumo de Energía Eléctrica

Para obtener el costo unitario de energía eléctrica, se utiliza el Resumen de Pliego de Tarifas N°21 de la ANDE.

Los parámetros considerados para la obtención del costo son los siguientes:

- Instalación de Entrega: Línea de Baja Tensión
- Tensión de Abastecimiento: 380 ó $380/\sqrt{3}$ Voltios
- Carga Contratada: Hasta 30 kW
- Tarifaria única de Energía: 404,97 Gs/kWh
- Categoría Tarifaria: 343 Industrial

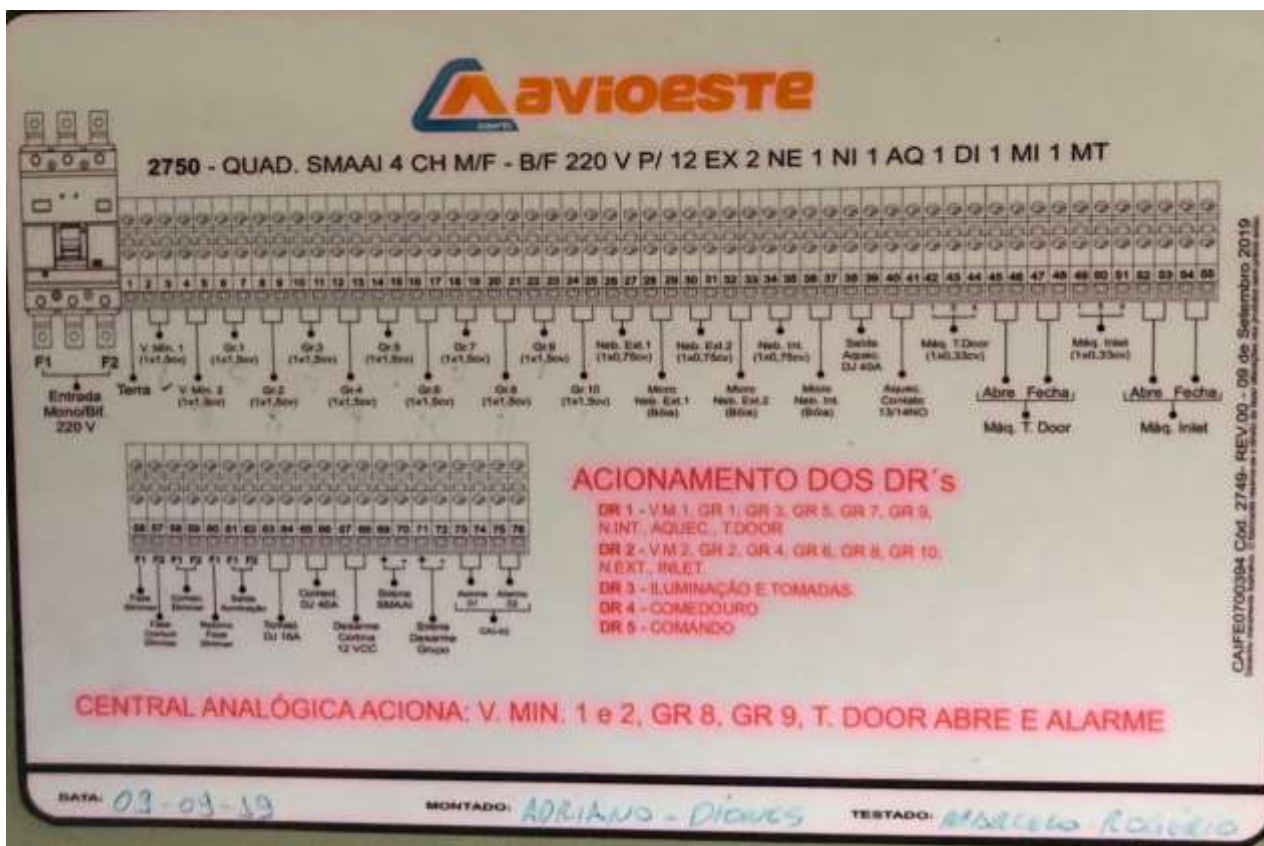
8.13.2 Instalación Eléctrica de la Granja San Bernardo

1- Cuadro de Carga

Tablero	Circuito, Grupo (Gr)	Lamparas		Tomas		Motores				Proteccion	Potencia /carga	
		Dimerizable	Led y otros	trifasico	monofasico	Extractores	Nebulizador	Comedores	Cooling			Caldera
	Gr 1.1											1.5 cv
	Gr 1.2											1.5 cv
	Gr2											1.5 cv
	Gr3											1.5 cv
	Gr4											1.5 cv
	Gr5											1.5 cv
	Gr6											1.5 cv
	Gr7											1.5 cv
	Gr8											1.5 cv
	Gr9											1.5 cv
	Gr10											1.5 cv
	Gr11											1.5 cv
	Gr12.1											1.5 cv
	Gr12.2											1.5 cv
	13								1			0.75 cv
	14								1			0.75 cv
	15											3 cv
	16								1			3 cv
	17								1			0.5 cv
	18										1	0.5 cv
	19											0.33 cv
	20	160								1		1600 w
	21		22									1080 w
	22			10								50000 w
	23											2700 w
	24											2 cv
	25								1			0.75 cv
	26								1			0.75 cv
	27								1			0.75 cv
	28								1			0.75 cv
	29								1			0.75 cv
	30								1			0.75 cv
	31								1			0.75 cv
	32								1			0.75 cv
	33										1	1 cv
	34										1	1 cv
Potencia total											36 kva	

Diagrama de conexión:

En la siguiente ilustración se muestra el diagrama de conexión detallado del galpón, Granja San Bernardo.



8.13.3 Caso Biomasa Avícola

A continuación se describirá el proceso para la obtención de Generación de Electricidad a partir de la Biomasa obtenida de las aves, cuyo estudio y datos son proporcionados por la Granja San Bernardo, primeramente, las siguientes tablas utilizadas para el dimensionamiento, y por consiguiente la explicativa del proceso.

ESPECIE	PESO VIVO	kg ESTIERCOL/di ^a	l/kg.S.V.	%CH ₄
Cerdos	50	4,5 - 6	340 - 550	65 - 70
Vacunos	400	25 -40	90 - 310	65
Equinos	450	12 - 16	200 - 300	65
Ovinos	45	2,5	90 - 310	63
Aves	1.5	0,06	310 - 620	60
Caprinos	40	1,5	110 - 290	--

Tabla 10: Cuadro indicativo sobre cantidades de Estiércol producido por distintos tipos de animales y el rendimiento de Gas de los mismos.

Rendimiento biogás	500	m ³ /Tn
Metano (CH ₄)	60%	
Poder Calorífico Metano	6	kWh/m ³
Rendimiento digestión	60%	
Rendimiento térmico	30%	
Potencia máxima	120	kW

Tabla 11: Valores de la especie AVES extraídos para el Cálculo.

BACTERIAS	RANGO DE TEMPERATURAS	SENSIBILIDAD
Psicrofilicas	menos de 20°C	+ - 2°C/hora
Mesofilicas	entre 20°C y 40°C	+ - 1°C/hora
Termofilicas	más de 40°C	+ - 0,5°C/hora

Tabla 12: Tipos de Bacterias con rango de temperatura generado para biomasa.

Tabla 13: Cálculo de Generador eléctrico alimentado por Biogás. Elaboración Propia

Meses	Producción biomasa Mensual	Potencial producción gas	Real producción gas		Real Producción Metano	Poder Calorífico gas	Potencial Generación de Electricidad	Tiempo de Generación con 150 kVA	Tiempo de Generación con 75 kVA	Tiempo Operando con 50%
	Tn/mes	m³/mes	m³/mes	m³/mes	m³/mes	kWh/día	kWh/día	h/día	h/día	h/día
Enero	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Febrero	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Marzo	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Abril	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Mayo	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Junio	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Julio	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Agosto	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Setiembre	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Octubre	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Noviembre	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18
Diciembre	57,33	28.665	17.199	573	343,98	2.064	619	5,1597	10,3194	18

EXPLICATIVA DE LA TABLA 13

Según Tabla 11, se tiene en cuenta los factores para la especie en estudio, para caso de Biomasa Avícola, dichos valores son asumidos ya que no es posible la realización de medición de las mismas.

La tabla 10 arroja una cantidad mínima de peso vivo (peso empírico que debe de

tener la biomasa) igual a 1,5 kg, también muestra la cantidad de kilogramo de estiércol por día en caso de aves es un valor de 0,06 kg de estiércol por día para aquellas que mínimamente alcance el peso vivo que debe de tener para el estudio de biomasa; un rango de la cantidad de litros por kilo de sólidos volátiles o también se puede llamar rendimiento de biogás en términos más sencillos que oscila entre 310 - 620, se tiene en cuenta el porcentaje de metano para caso de biomasa avícola igual a 60% según tabla 10, extraído de bibliografías ya que ese porcentaje es el principal factor para este estudio la cual ayudará para la generación de electricidad. La Granja San Bernardo tiene un galpón donde albergan 31.850 pollos (aves) aproximadamente, dicho dato fueron proporcionados por el encargado de la misma, se determina según cálculo, qué cantidad de biomasa seca generará 31.850 aves, teniendo así un valor igual a 57.330 kg de biomasa seca de manera mensual, con ese dato se puede partir con el estudio.

El dimensionamiento realizado fue discriminado para cada mes del año como se encuentra descrito en la Tabla 13 para lograr una mejor evaluación de estudio, partiendo de la cantidad de biomasa que genera los pollos se tiene el potencial de producción de gas por m^3/mes que es para un rendimiento de biogás del $500 \text{ m}^3/\text{Tn}$ cuyo parámetro se adoptó según tabla 10 como valor intermedio. Para el caso de aves el porcentaje de metano adoptado es del 60%, un poder calorífico igual a $6 \text{ kWh}/\text{m}^3$ con un rendimiento de digestión del 60%, y el rendimiento térmico adoptado es el 30% debido a las pérdidas, todos estos valores asumidos se encuentran en la tabla 11.

Partiendo y aclarando esos datos se da la explicativa del cálculo obteniendo los valores de la **Real Producción de Gas** que están sub-divididos por m^3/mes y $\text{m}^3/\text{día}$. La cantidad de metano generado producto del gas y el rendimiento de digestión se aprecia en la **Real Producción de Metano**, ya que estos valores en este estudio se lleva muy en cuenta no tanto por el Biogás, sino el Metano generado ya que esta es uno de los tantos gases producto de la reacción anaeróbica, y por lo que a través del valor obtenido se puede determinar del poder calorífico en $\text{kWh}/\text{día}$.

El producto entre el poder calorífico de gas y el rendimiento térmico determina el Potencial de Generación de electricidad en $\text{kWh}/\text{día}$, con ese dato se puede obtener

el tiempo de generación de energía para un generador eléctrico alimentado por Biogás, generada a partir del caso de Biomasa avícola.

En conclusión, el tiempo de generación para un generador de 150kVA arroja un valor de 5 horas diarias por mes y para un generador de 75kVA un total de 10 horas diarias por mes indistintamente, por tanto se puede plantear utilizar uno de esos 2 tipos de generadores propuestos, y con esa energía eléctrica obtenida, usarla como una energía eléctrica alternativa en casos de que no abastezca la energía eléctrica convencional como es de la ANDE o en el caso de corte de energía, de manera a no dejar sin energía eléctrica la producción avícola de la Granja San Bernardo.

8.13.4 Dimensionamiento de Biodigestor

A continuación, se dimensiona el biodigestor dado el cálculo anterior de Biomasa.

El Biodigestor tipo pileta es planteado como alternativa para este Trabajo de Fin de Grado, caso biomasa avícola en la Granja San Bernardo.

Como dato se tiene que 31.850 aves producen una cantidad de Biomasa igual a 57,33 Tn/mes.

En la Tabla 14 se presenta parámetros de Tiempo de Retención Hidráulica, la que representa la cantidad de días en el que se producirá el Biogás, ésta oscila entre 20 – 40 días.

El Biodigestor planteado según tabla 15 cuyas dimensiones son: Longitud: 10 metros; Ancho: 5 metros; Profundidad: 2 metros, arroja 100 m³ de volumen, ayuda a la determinación por cálculo descrita según tabla 16, un Tiempo de Retención aproximado de 21 días para el caso de Biomasa generado por la Granja San Bernardo, dicho valor se encuentra en el rango aceptado según tabla 14.

Con 4 unidades de Biodigestores de misma dimensión para 57,33 Tn/mes total de biomasa extraída de la Granja avícola San Bernardo se podrá lograr en 21 días el biogás y así generar la energía eléctrica que se usará como respaldo por cualquier eventualidad surgida en la Granja.

MATERIA PRIMA	T.R.H.
Estiércol vacuno líquido	20 - 30 días
Estiércol porcino líquido	15 - 25 días
Estiércol aviar líquido	20 - 40 días

Tabla 14: Tiempo de retención Hidráulica.

Biodigestores		
Largo	10	m
Ancho	5	m
Profundidad	2	m
Volumen	100	m ³
Unidades	4	
Total	400	m ³

Tabla 15: Dimensiones del Biodigestor planteado.

Biomasa seca	57,3	Tn/mes	1,91	t/día
Biomasa húmeda			19,1	t/día
			19,1	m ³ /día
Tiempo de retención			20,94241	días

Tabla 16: Cálculo de tiempo de retención

9. CAPITULO IX: ANÁLISIS ECONÓMICO

9.1 Resumen de Costos generales

A continuación, una breve descripción de gastos para los distintos suministros de energía.

GENERADOR A COMBUSTIBLE DIESEL					Total (1 Año)
Costo actual (1 año)		Material (leña)	Mano de obra	Mantenimiento	
Costos de Energía por mes					
Ande	Gasoil				
5.000.000					60.000.000
	264.750				3.177.000
			3.000.000		39.000.000
		4.800.000			4.800.000
				953.100	953.100
TOTAL Gs. POR UN AÑO:					Gs. 106.977.000
TOTAL \$ POR UN AÑO:					\$ 14.764

Generador Biodigestor						
Costos a futuro (1 año)						
Inversión en biodigestor y generador	Depreciación de inversión	Costos de Energía ANDE(x mes)	Mano de obra	Mantenimiento (mes)		Total
172.948.600				mano de obra	materiales	
	11.529.907					11.529.907
		1.250.000				15.000.000
			3.000.000			39.000.000
				571.860		6.862.320
						3.000.000
TOTAL Gs. POR UN AÑO:						Gs 75.392.227
TOTAL \$ POR UN AÑO:						\$ 10.405

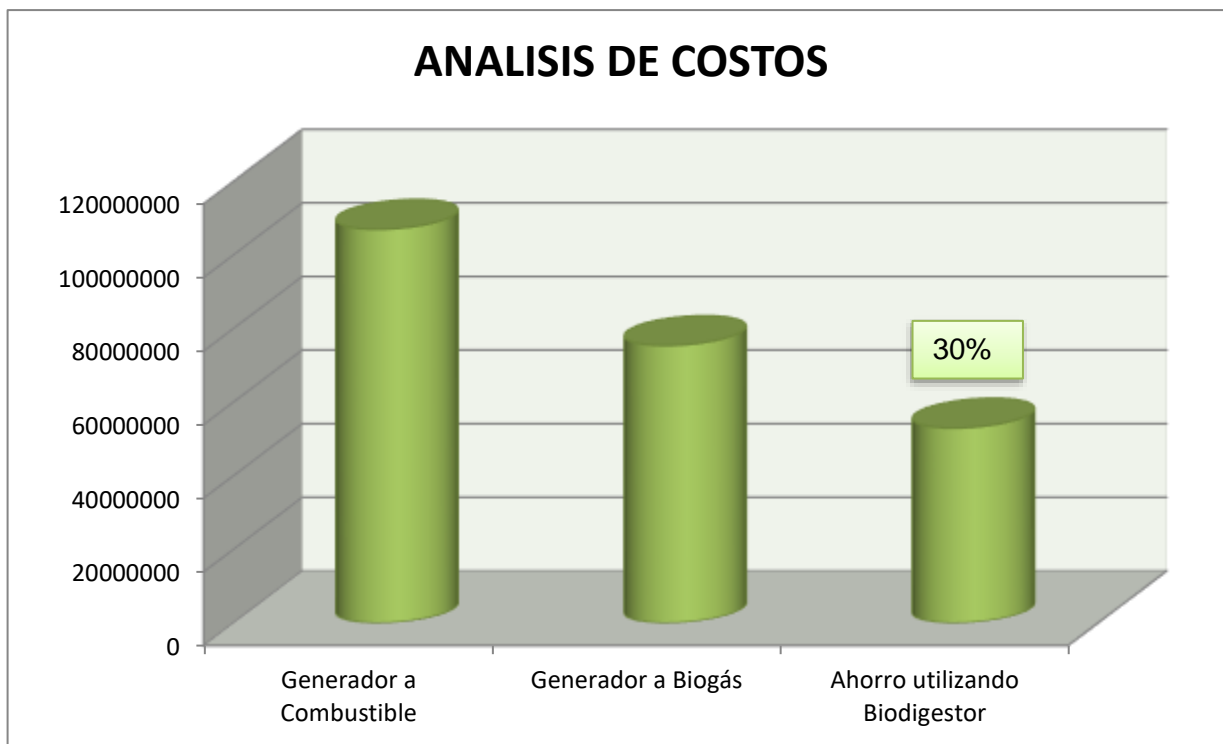
9.1.1 Ahorro de Costos para la Granja San Bernardo utilizando el Biodigestor, en el periodo de un año.

Ahorro			
leña(1año)	Gasoil	Ande (75%)	TOTAL (1 año)
	264.750		3.177.000
		3.750.000	45.000.000
4.800.000			4.800.000
TOTAL Gs. POR UN AÑO:			Gs. 52.977.000
TOTAL \$ POR UN AÑO:			\$ 7.311

9.1.2 Análisis de Precios Unitarios

Generador de 75 kVA alimentado por biogás				
Ítem N°	Proyecto Final de Grado - Biodigestor - Caso: Biomasa avícola			Unidad: un
	Obra			
a. Equipos a utilizar	Modelo de equipo	Horas de c/equipo	Costo horario Gs.	Costo Total hora Horario Gs.
Herramientas Menores	convencional	1,0	100.000	100.000
A. Total Gs.				100.000
b. Mano de obra	Cantidad de trabajadores	Horas de c/trabajador	Costo horario Gs.	Costo Total hora Horario Gs.
Oficial		3,0	50.000	150.000
Ayudante		4,0	30.000	120.000
B. Total Gs.				270.000
C. Producción de equipo p/h		0,02	Costo horario (A+B)	370.000
D. Costo Unitario de la Ejecución (A+B)/C =D				100.000
E. Materiales	Unidad	Consumo	Costo horario Gs.	Costo Total hora Horario Gs.
Generador de 75kVA	un	1,0	85.000.000	85.000.000
Biodigestor	un	4,0	7.250.000	29.000.000
Conductores	gl	1,0	4.000.000	4.000.000
Viatico	gl	1,0	5.500.000	5.500.000
E. Total Gs.				144.500.000
F. Transporte	DMT KM	Consumo	Costo horario Gs.	Costo Total hora Horario Gs.
Camión para traslado	global	1,0	200.000	200.000
F. Total Gs.				200.000
Costo Directo Total [D+E+F]			Gs	123.800.000
Gastos Generales [12% s/ (CDT)] (GG)			Gs	14.856.000
Beneficio e Impuestos [15% s/ (CDT)] (Bel)			Gs	18.570.000
Costo Unitario [CDT + G.G. + BEL] (CU)			Gs	157.226.000
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (I.V.A.)			Gs	15.722.600
COSTO UNITARIO ADOPTADO [CU + IVA]			Gs	172.948.600
			\$	23.869

9.1.3 Resumen Comparativa de Gastos



- El costo operativo del Generador a combustible es de 106.977.000 Gs. Un total de 14.764\$
- El costo operativo del Generador a Biogás generado mediante Biodigestores es de 75.392.227 Gs. Un total de 10.405 \$
- El costo del Generador a Biogás generado mediante Biodigestores arroja un total de ahorro del 30% guaraníes menos con respecto al Generador a combustible diesel.

10. CAPITULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

- Se relevaron datos de la Granja Avícola San Bernardo para el cálculo de Biomasa y el dimensionamiento de los Biodigestores.
- Dada las investigaciones bibliográficas, se obtuvo el valor del porcentaje de metano para caso de biomasa avícola igual a 60%, ya que ese porcentaje es el principal factor para este estudio la cual ayudará para la generación de electricidad.
- **Evaluación Técnica:** Para un generador eléctrico alimentado por biogás, de 75kVA operando a 50% de la potencia total instalada, arroja un resultado total de 18 horas diarias por mes, por tanto se puede plantear utilizar como una energía eléctrica alternativa.
- **Evaluación Económica:** Plantear la alternativa de instalación para el uso del generador eléctrico alimentado por Biogás resulta Prefactible con respecto al Generador a Diesel para la Granja San Bernardo.
- La Energía Eléctrica extraída del biogás a través de un Biodigestor, alimenta un generador eléctrico de 75kVA arrojando un total de 18 horas diarias que puede llegar a ser utilizada como una alternativa en caso de fallas de parte de la ANDE.

10.2 Recomendación

- Plantear el Estudio con diversos tipos de Biomasa, determinar una Granja el cual críe cerdos, aves y ganados vacunos para poder obtener mayor cantidad de biomasa y así generar mayor cantidad de Metano, y de esta manera crear una fuente única de Electricidad por medio del Biogás.
- Ya que el consumo de un Galpón en la Granja San Bernardo es de 36kVA de potencia instalada, se podrá llevar a cabo el estudio de 2 galpones para aumentar la materia prima de generación de Biogás, y a su vez la cantidad de horas del Generador.

11. CAPITULO XI: BIBLIOGRAFIA

- [1]. (2016). «Diseño de un Biodigestor para obtención de biogás». En G. Jaime, Diseño de un Biodigestor para obtención de biogás. México.
- [2]. (2015). Estudio de Pre-Factibilidad para el aprovechamiento energético de la Biomasa de una granja avícola en un cocinador de mortalidad. Colombia: [En línea]. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/1198>.
- [3] (2018). Implementación de un Biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi. Ecuador: [En línea]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5389>.
- [4] (2016). Estudio de factibilidad para la implementación de Biodigestores para el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos en granjas avícolas. Bogotá D.C.: [En línea]. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/12588>.
- [5] (2016). Báez R, Maehara E, Aprovechamiento Energético del Biogás obtenido a partir del Estiércol de Gallina. San Lorenzo – Paraguay.
- [6] (Grupo Noriega editores). O, Levenspiel "Ingeniería de las reacciones químicas". Grupo Noriega editores.
- [7] (1999). KELLY, Gerard; «Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías, y Sistemas De Gestión, McGraw-Hill, 1999.».
- [8] (2013). Alarcón, G. «Estudio de la producción de biogás en función de la temperatura, en un biodigestor tipo chino». Santiago.
- [9] (2011). Varnero, M. «Manual de biogás». Santiago de Chile.
- Burger, W., & J., B. M. (2016). Digital Image Processing segunda edición . Londres : Springer.
- Celalettin, B., Bekir, Ç., & Semsettin, K. (2012). ASSESSMENT OF CONCRETE
- [10] (2004). Campos, J. P. J. A. F. S. A. M. Elena; «Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas». Catalunya.
- [11] (13 Marzo 2013). Martín, L. «Compromiso Empresarial.». [En línea]. Available: <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/medio-ambiente/2013/03/biomasa-la-energia-natural/>.

- [12] (1 Abril 2016.). C. P «Combustibles Aragón,». [En línea]. Available: <https://combustiblesaragon.es/tipos-de-biomasa/>. [Último acceso: 4 Junio 2018].
- [13] (Septiembre 2010). Mosquera, B. «FONAG,» . [En línea]. Available: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.
- [14] (24 Septiembre 2008.). Moriya, K. «abc color,». [En línea]. Available: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/gallinaza-como-fertilizante-1107254.html>.
- [15] (2009.). Fabricación, A. E. d. «Agronutrientes,».
- [16] (Enero-Junio 2005.). Mónica, E. «Manejo y procesamiento de la gallinaza,». Lasallista de Investigación, vol. II, nº 1, pp. 43-48,.
- [17] (28 Mayo 2012.). G. S. Viera «Scribd,». [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/95091904/La-Gallinaza#scribd>.
- [18] (2001.). Villanueva, B. «Proyecto para la construcción de una planta de biogás a partir de desechos». Mexico.
- [19] (2015). E. A. D. S. E. H. G. P. Jaime Herrero «Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador,». Quito.
- [20] (2014). FONCODES «Producción y uso de abonos orgánicos; biol, compost y humus,». Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- [21] (2008). INIA «Producción y uso del biol, Primera ed., A. Roldán, Ed.». Lima: Primera ed., A. Roldán, Ed.

Otras Fuentes:

Avioeste.com.br

Inobram.com.br

<https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/1198?show=full>

<https://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogas/>

<https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

<https://avioeste.com.br/es/produto/16/sistema-de-enfriamento-evaporativo-cooling>

<https://avioeste.com.br/es/produto/107/extractor-avifan-53>

<https://www.academia.edu/13065807/biogas>

<https://docplayer.es/73694498-Univesidad-nacional-agraria-la-molina.html>

<http://www.sim-alianza.com.ar/dranco.php>

12. CAPITULO XII: ANEXOS



Granja San Bernardo - Lateral derecho.





Galpón Granja San Bernardo – Parte Posterior



Interior del Galpón – Granja San Bernardo



Sistema de Alimentación a los Pollos





Sistema de Control – Smaai 4
Granja San Bernardo



Fabricación, reparación y Mantenimiento de Transformadores de Distribución Montajes Electromecánicos

Señor:

PROPUESTA N° 961

PRESENTE:

Tenemos a bien dirigirnos a ustedes en respuesta a vuestro pedido, a los efectos de cotizarle transformador de 75 KVA .

• Características del Transformador

- **Potencia** : 75 KVA
- **Tipo** : TRIFASICO
- **Frecuencia** : 50 Hz
- **Tensión de entrada** : 23000 Voltios
- **Tensión de salida** : 231/400 Voltios
- **Industria** : Paraguaya
- **Garantía** : 12 meses
- **Marca** : TRAFÓ ELECTRIC
- **Estado** : Nuevo

• Condiciones Comerciales

Detalle	Cant.	Precio unitario	Precio total
Transformador de 75 kva	1	12.000.000	12.000.000
			12.000.000

SON GUARANIES : DOCE MILLONES.-

Forma de Pago : 50 % de anticipo 50% a contra entrega

Incluye : Impuesto al Valor Agregado

Validez de la oferta : 15 días

Plazo de entrega : 10 Días

Aprobación del cliente

LUIS SERRANO

Los Pinos c/ España Barrio
LaureltyTel: 0971 251920

Luque - Paraguay
J.cmereles@hotmail.com

Presupuesto de Transformador de 75 kVA - Trafoelectric

L.S.

**GENERADORES -TRANSFORMADORES-
AUTOMATIZACIONES EN GRAL.**

DIRECCIÓN: GRAL DIAZ 1010 CEL. 0969-859010

MAQUINAS

E- MAIL: luis64s@outlook.com

Luque, 25 de octubre de 2022

**GRUPO GENERADOR INSONORIZADO DE 80 KVA
TRIFÁSICO con ATS.**

Señores:

COTIZACIÓN

Cotizamos a Uds. el equipo de referencia de acuerdo al siguiente detalle:

1. GRUPO GENERADOR INSONORIZADO TRIFÁSICO

Marca		IRW-China
Modelo		IRW-60 KOFO
Motor a Combustible		DIESEL
Potencia nominal (KW / KVA)		Prime: 60Kw/75Kva Standby: 66Kw/82.5Kva
Capacidad del tanque de combustible		136L
Autonomía del Equipo con el Tanque lleno		10- 12Hrs
MOTOR R410ZL DS	Tipo	refrigerado a agua, vertical en línea
	Combustión	Inyección directa
	Velocidad nominal (r/min)	1500
	Potencia nominal(kw)	66Kw
GENERAD OR UC224F	Voltaje nominal(V) ampers (A)	220 / 380Vlt.- 114A
	Frecuencia(Hz)	50Hz
	Velocidad nominal(rpm)	1500
	Tipo de conexión	3 fases +neutro
	Peso (Kg.) vacío	1150Kg
Dimensiones(LxWxH)(metros)		2.35*0.93*1.25

(*) **Garantía: 12 (doce) meses**

Precio Item 1, Grupo Generador 80kva Insonorizado:..... 10.500.-, dólares .

PRECIO TOTAL..... 10.500.- dólares IVA INCLUIDO

Forma de Pago: contado

Plazo de Entrega: 5 días

Validez de la Oferta: 10 días

Atentamente.

Sr. Luis A. Serrano G.

Presupuesto de GG 75kVA