



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

PROTOTIPO DE BIODIGESTOR PARA LA GENERACION DE GAS METANO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener al título de
Técnico Universitario en Energías Renovables y Eficiencia Energética

Profesor guía: Juan Carlos Madrigal lobos.

Danny Alexander Campos Escudero
Rodrigo Fernando Araya Torres

Copiapó, Chile, 2023

DEDICATORIAS

A mis padres, por enseñarme que el esfuerzo y trabajo arduo trae como resultado grandes éxitos en todo ámbito de la vida.

A mi hijo, por darle un sentido a mi vida y un gran motivo para no rendirme jamás,

A mis docentes, por su entrega y enseñanza los cuales fueron factores fundamentales para concluir esta etapa.

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, agradecer a nuestra casa de estudios, Universidad de Atacama por permitirnos ser parte de esta linda carrera, y entregarnos las herramientas necesarias para defendernos en el ámbito laboral como grandes profesionales.

A quienes impulsaron nuestro éxito y nos entregaron confianza, fuerzas y motivación.

A quienes fueron principales pilares en la vida, entregando principios y valores, además de ser un ejemplo a seguir, por el apoyo fundamental, Por enseñarnos que el camino difícil siempre es el correcto.

Gracias, totales papás.

A Mariano Daniel, gracias por darle sentido y orientación a mi vida.

Con la intención de potenciar las energías renovables y utilizar materia orgánica para conseguir gas metano, nace la idea de un biodigestor anaeróbico con una capacidad de 200L el cual tiene como función primaria transformar el estiércol de origen animal a gas metano, gracias a un proceso anaeróbico libre de químicos, teniendo como objetivo general Dimensionar una planta de gas metano, la cual pueda abastecer de este recurso principalmente a una familia y/o personas dedicadas a la pequeña ganadería, mediante de la construcción de un biodigestor económicamente viable y de esta forma potenciar el uso de las energías renovables no convencionales como lo es la biomasa, destacando aspectos fundamentales como, las contribuciones al medio ambiente y la calidad de vida de las personas, el funcionamiento mediante la fermentación de la materia orgánica (digestión anaeróbica) para la producción del gas metano, y fertilizante orgánico. Es por esto que la importancia de analizar en profundidad el proceso que tiene como objetivo la conversión de desechos animales a gas metano para uso doméstico despierta el interés por realizar el proyecto en cuestión para satisfacer, cubrir y mejorar la demanda energética que pueda existir en el país principalmente en zonas rurales o familias que escasean este recurso energético. La importancia de este tipo de energía es, que en caso del sector centro sur del país se puede disminuir la contaminación ambiental causada por la quema de material combustible que afectan la calidad el aire como la combustión de leña, carbón, el uso de estufas en invierno las cuales son la culpable de gran parte de la contaminación del aire. La idea de implementar un biodigestor, el cual será construido experimentalmente para analizar, obtener información y someterlo a una diversidad de estudios en cuanto a la obtención de biogás, comportamiento de este y la descomposición de la materia orgánica a utilizar.

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	1
1.3 Análisis	2
1.4 Resumen de capítulo	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Gas metano	6
2.1.1 ¿Qué es el gas metano?	6
2.1.2 ¿Como influye el metano?	6
2.1.3 ¿Cuál es el origen del metano?	7
2.2 Biomasa	7
2.3 Biodigestor	9
2.3.1 ¿Que es un biodigestor?	9
2.4 Biogás	10
2.5 Biofertilizantes	11
2.6 Usos del biogás	12
2.6.1 Principios de la combustión	12
2.6.2 Producción de calor o vapor	12
2.6.3 Generación de electricidad	13
2.6.4 Combustible para vehículos	13
2.6.5 Remoción de agua	15
2.7 Tipología biodigestores	15
2.7.1 Biodigestor tipo continuo	15
A. Funcionamiento biodigestor continuo	16
B. Ventajas y desventajas	16
2.7.2 Biodigestor tipo batch o lote	16

A. Ventajas y desventajas	17
2.8 Biomasa	17
2.8.1 Biomasa natural	18
2.8.2 Biomasa residual	18
2.8.3 Biomasa cultivo energético	18
2.12 Digestión anaerobia y la producción del metano	18
CAPITULO III	
PLANIFICACION DEL PROTOTIPO	20
3.1 Factores por considerar	20
3.1.1 Carga diaria	20
3.1.2 Tiempo de retención	21
3.2 Formula mezcla	22
3.3 Dimensionamiento	23
3.3.1 Lista valorización de materiales y herramientas	23
A. Tanque para biodigestor y entrada de carga	24
B. Materiales para salida de efluente	24
C. Materiales para salida de efluente	25
CAPITULO IV	
CONSTRUCCION BIODIGESTOR	26
CAPITULO V	
ANALISIS Y RESULTADOS	37
5.1 Resultados esperados	37
5.2 Viabilidad	38
5.2 Análisis de construcción	40
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES	41

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Modelo de biodigestor tipo bidón.	9
Figura N° 2.2: Faces de digestión anaeróbica.	19
Figura N° 4.1: Estanque 200 L.	26
Figura N° 4.2: Agujeros 50mm.	27
Figura N° 4.3: Agujero 110mm (carga) y 20mm (gas).	28
Figura N° 4.4: Colocación de unión de estanque 50mm.	29
Figura N° 4.5: uniones de estanque 50mm. Instaladas	30
Figura N° 4.6: Tuberías 100mm para carga.	31
Figura N° 4.7: Ensamble de tuberías 110mm para entrade carga.	32
Figura N° 4.8: Ensamble de tuberías y sellado.	33
Figura N° 4.9: Ensamble de codos, tuberías y válvulas esfera.	34
Figura N° 4.10: Instalación de llave y manguera de gas	35
Figura N° 4.11: Prototipo biodigestor finalizado.	36

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Ventajas y desventajas del biodigestor tipo continuo.	16
Tabla N° 2.2: Ventajas y desventajas del biodigestor tipo Batch o Lote.	17
Tabla N° 3.1: Tiempo de retención de la carga según la temperatura.	21
Tabla N° 3.2: Materiales para la entrada de carga del prototipo.	24
Tabla N° 3.3: Materiales para la salida de los efluentes.	24
Tabla N° 3.4: Materiales para la salida de biogás.	25
Tabla N° 5.1: Consumos calefón.	39
Tabla N° 5.2: Consumos cocina.	39
Tabla N° 5.3: Consumos estufas.	40

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción de biogás es uno de los tipos de biomasa factibles de explotar en Chile. Según lo señalado por el ex ministro de Energía don, Andrés Rebolledo. Actualmente el uso de la energía biomasa representa el 2 % de toda la capacidad eléctrica nacional, y cerca del 12 % de la capacidad instalada eléctrica en operación de las energías renovables no convencionales.

Con la intención de potenciar las energías renovables y utilizar materia orgánica para conseguir gas metano, nace el estudio por construir un equipo biodigestor anaeróbico con una capacidad de 200L el cual tiene como función primaria transformar el estiércol de origen animal a gas metano, gracias a un proceso anaeróbico libre de químicos.

Este dispositivo pretende mejorar la calidad de vida de las personas quienes se dedican a la pequeña ganadería, y la comunidad que se vea afectada por plagas, malos olores e infecciones originadas por la presencia de desechos animales.

1.1 Objetivo general

Dimensionar una planta de gas metano, la cual pueda abastecer de este recurso principalmente a una familia y/o personas dedicadas a la pequeña ganadería, mediante de la construcción de un biodigestor económicamente viable y de esta forma potenciar el uso de las energías renovables no convencionales como lo es la biomasa.

1.2 Objetivos específicos

- ✚ Describir el consumo de gas de una localidad rural.
- ✚ Dimensionar una planta pequeña de generación de gas metano a base de materia fecal de origen animal.
- ✚ Construir una planta pequeña de generación de gas metano.

- ✚ Analizar el correcto funcionamiento de la planta y los ahorros energéticos proveniente de esta.

En el siguiente capítulo se abordará el estudio y diseño de un biodigestor de 200 L. destacando aspectos fundamentales como, por ejemplo, las contribuciones al medio ambiente y la calidad de vida de las personas, el funcionamiento y la fermentación de la materia orgánica mediante la digestión anaeróbica, para la producción del gas metano, y fertilizante orgánico.

Se comprenderá también la importancia de la energía biomasa y su clasificación. De esta misma manera se dan a conocer los tipos de biodigestores, resaltando las ventajas y desventajas de cada uno de estos.

1.3 Análisis

Según estudios del Ministerio de Energía, un cerdo o vacuno pueden producir alrededor de 45 kg de estiércol y orina al día. Si se calcula la cantidad por año, 16.2 toneladas de excremento podrían convertirse en la solución del gas domiciliario.

Es por esto que la importancia de analizar en profundidad el proceso que tiene como objetivo la conversión de desechos animales a gas metano para uso doméstico despierta el interés por realizar el proyecto en cuestión para satisfacer, cubrir y mejorar la demanda energética que pueda existir en el país principalmente en zonas rurales o familias que escasean este recurso energético.

La importancia de este tipo de energía es que en caso del sector centro sur del país se puede disminuir la contaminación ambiental causada por la quema de material combustible que afectan la calidad el aire como lo son la combustión de leña, carbón, el uso de estufas en invierno las cuales son la culpable de gran parte de la contaminación del aire.

La realidad rural del país crea la inquietud de aprovechar una de las principales actividades económicas, como lo es La crianza de animales para engorda y aprovechamiento de los mismo, dando como resultado grandes cantidades de materia fecal, las cuales han sido sometidas a investigaciones a lo largo del tiempo para su utilización para la energía biomasa.

La idea de implementar un biodigestor, el cual será construido experimentalmente para analizar, obtener información y someterlo a una diversidad de estudios en cuanto a la obtención de biogás, comportamiento de este y la descomposición de la materia orgánica a utilizar.

Cabe destacar que este diseño de biodigestor no debe ser visualizado como una fuente estable de gas, más bien un proyecto experimental, ya que la construcción del prototipo en cuestión es de carácter casero, de esta forma se podrán realizar pruebas para obtener información en cuanto al comportamiento de gas obtenido, la necesidad energética que este biodigestor puede satisfacer, entre otros factores importantes los cuales se destacarán a continuación:

- ✚ El biodigestor, es la solución a este tipo de problemática ambiental que aqueja a comunidades que se puedan ver expuesta a la acumulación de excrementos animales.
- ✚ Además de aprovechar el gas metano que se obtendrá del proceso de descomposición, se consigue también potenciar cultivos ya que los residuos de este proceso denominado digestivo. Es un potente fertilizante sin olor, Que puede ser la mejor opción en comparación con fertilizantes de tipo químicos de gran valor comercial.

✚ Al igual que se reducirá la contaminación ambiental ya que, se reduciría el uso de leña, carbón, parafina y otros combustibles, junto con ello las grandes emisiones de gas metano proveniente de la descomposición del estiércol, otro de los gases de efecto invernadero.

Un Biodigestor es un equipo que produce gas metano (CH_4), a partir de la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos. Es decir, es un proceso en el cual microorganismos descomponen materia biodegradable en ausencia de oxígeno. Obteniendo gases principalmente metano y dióxido de carbono.

Se propone el diseño en términos de ingeniería básica, de un Biodigestor adecuado para las necesidades especificadas anteriormente.

La idea de este proyecto se basa básicamente en la construcción de un biodigestor adecuado para granjas o personas con poco ganado, con la intención de obtener primeramente energía calórica. Esta energía calórica obtenida a través del proceso de combustión del metano que se conseguirá del equipo anteriormente descrito será utilizada por las personas dueños del ganado en cuestión.

1.4 Resumen de capítulo

Capítulo II marco teórico, este contiene información general y datos precisos para comprender el funcionamiento de un biodigestor.

Capítulo III planificación del prototipo, aquí se dará a conocer los factores a considerar, dimensionamiento, lista de valores de los materiales y herramientas a utilizar.

Capítulo IV construcción del biodigestor, donde se mostrará paso a paso y detalladamente como es el proceso de construcción.

Capítulo V análisis y resultados, ya casi por concluir se mostrarán los resultados obtenidos de los capítulos anteriormente mencionados.

Capítulo VI Conclusión, se realiza un análisis de toda la información entregada y obtenida en la ejecución del proyecto y se da un breve comentario sobre este.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Gas metano

2.1.1 ¿Qué es el metano?

El metano es un gas natural, incoloro e inodoro que se produce debido a la descomposición o la digestión de materia orgánica, como las plantas. Su fórmula química es CH₄ (un átomo de carbono y cuatro átomos e hidrogeno). Una de las propiedades más importantes del metano es que produce más calor y luz, y su combustión es más limpia, que otros combustibles hidrocarburos, o fósiles, como el carbón o la gasolina refinada a partir del petróleo.

2.1.2 ¿Cómo influye el metano?

El metano es un gas de efecto invernadero muy importante en la atmósfera de la Tierra con un potencial de calentamiento de 23 sobre un período de 100 años. Esto implica que la emisión de un kilogramo de metano tendrá 23 veces el impacto de la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono durante los siguientes cien años.

La concentración de metano en la atmósfera ha aumentado durante los últimos cinco mil años. La explicación más probable de este aumento continuado reside en las innovaciones asociadas al comienzo de la agricultura, sobre todo debido probablemente al desvío de los ríos para el riego del arroz.

Hace unos siete mil años en Oriente Próximo se descubrió la técnica del regadío y luego esta práctica se extendió hasta el sureste asiático y el sur de China, creando así humedales artificiales. En estos humedales la vegetación crecía, moría, se descomponía de manera anaeróbica y emitía metano,

Su concentración es más alta en el hemisferio norte porque la mayoría de las fuentes (naturales y antropogénicas) son mayores en ese hemisferio. Las concentraciones varían estacionalmente con un mínimo a finales del verano.

El cambio climático puede incrementar los niveles de metano atmosférico al aumentar la liberación de metano en ecosistemas naturales.

El 60 % de las emisiones en todo el mundo es de origen antropogénico. Proceden principalmente de actividades agrícolas y otras actividades humanas. La concentración de este gas en la atmósfera se ha incrementado de 0,8 a 1,7 ppm, pero se teme que lo haga mucho más a medida que se libere, al aumentar la temperatura de los océanos, el que se encuentra almacenado en el fondo del Ártico.

2.1.3 ¿Cuál es el origen del metano?

Los orígenes principales de metano son:

- ✚ Fuentes naturales (pantanos): **23 %**.
- ✚ Extracción de combustibles fósiles: **20 %**.
- ✚ Los procesos en la digestión y defecación de animales. **17 %**.
- ✚ Las bacterias en plantaciones de arroz: **12 %**.
- ✚ Digestión anaeróbica de la biomasa.
- ✚ Descomposición de los residuos orgánicos por bacterias.

2.2 Biomasa

La **biomasa (energía)** se refiere a un tipo de energía útil en términos energéticos formales: las plantas transforman la energía radiante del **Sol** en energía química a través de la **fotosíntesis**, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de **materia orgánica**; la energía química de la biomasa puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible.

Un error muy común es confundir “materia orgánica” con “materia viva”, pero basta considerar un **árbol**, en el que la mayor parte de la masa está muerta, para deshacer de hecho, es precisamente la biomasa “muerta” la que en el árbol resulta más útil en términos energéticos. Se trata de un debate importante en ecología.

Otro error muy común es utilizar “biomas” como sinónimo de la energía útil que puede extraerse de ella, lo que genera bastante confusión debido a que la relación entre la energía útil y la biomasa es muy variable y depende de innumerables factores. Para empezar, la energía útil puede extraerse por combustión directa de biomasa (madera, excrementos animales, etc.), pero también de la quema de combustibles obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas (gas metano de los residuos orgánicos, por ejemplo), procesos en los que “siempre” se pierde algo de la energía útil original. Además, la biomasa puede ser útil directamente como materia orgánica en forma de abono y tratamiento de suelos (por ejemplo, el uso de estiércol o de coberturas vegetales). Y por supuesto no puede olvidarse su utilidad más común: servir de alimento a muy diversos organismos, la humanidad incluida.

La biomasa de la madera, residuos agrícolas y estiércol continúa siendo una fuente principal de energía y materia útiles en países poco industrializados.

En términos energéticos, se puede utilizar directamente, como es el caso de la leña, o indirectamente en forma de los biocombustibles (nótese que el etanol puede obtenerse del vino por destilación) “biomasa” debe reservarse para denominar la materia prima empleada en la fabricación de biocombustibles.

La biomasa podría proporcionar energías sustitutivas a los combustibles fósiles, gracias a agrocombustibles líquidos (como el biodiésel o el bioetanol), gaseosos (gas metano) o sólidos (leña), pero todo depende de que no se emplee más biomasa que la producción neta del ecosistema explotado, de que no se incurra en otros consumos de combustibles en los procesos de transformación, y de que la utilidad energética sea la más oportuna frente a otros usos posibles (como abono y alimento).

Actualmente (2009), la biomasa proporciona combustibles complementarios a los fósiles, ayudando al crecimiento del consumo mundial (y de sus correspondientes impactos ambientales), sobre todo en el sector transporte. Este hecho contribuye a la ya amplia apropiación humana del producto total de la fotosíntesis en el planeta, que supera actualmente más de la mitad del total, apropiación en la que competimos con el resto de las especies animales y vegetales.

2.3 Biodigestor

2.3.1 ¿Qué es un Biodigestor?

La Figura N°2.1 muestra un modelo de biodigestor tipo bidón.

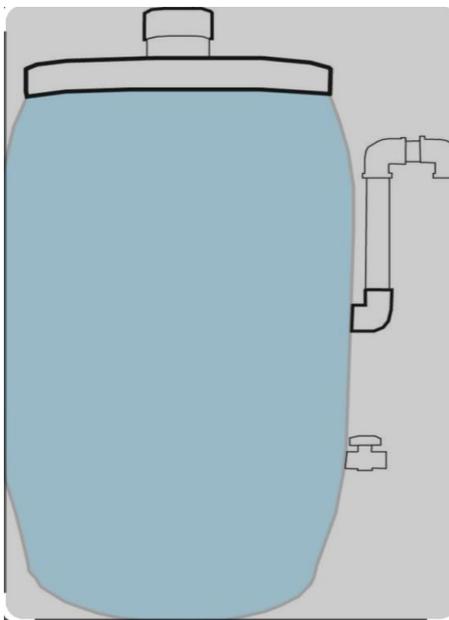


Figura N°2.1 modelo de biodigestor tipo bidón.

Fuente: <https://issuu.com>

Un biodigestor permite producir **biogás** naturalmente, con un elevado poder calorífico para ser utilizado como combustible, evitando así la extracción de combustibles no renovables. Aprovechar residuos orgánicos que de otra manera terminan siendo derivados a un sitio de disposición final.

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos se produce biofertilizante rico en nitrógeno, fosforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente

2.4 Biogás

El biogás, una mezcla en mayor proporción de metano, dióxido de carbono y otros componentes minoritarios, se produce en la digestión anaerobia de la materia orgánica. En su versión agroindustrial, esta operación se realiza de forma controlada en digestores anaerobios, donde se genera el biogás que, tras una limpieza, se puede utilizar en un motor de cogeneración para producir electricidad y calor, o en una caldera para generar energía térmica. También es posible, aplicando procesos de purificación al biogás, transformarlo en biometano y utilizarlo como combustible para vehículos o inyectarlo a la red de gas natural, pues sus propiedades son muy similares.

Como tecnología de generación de energía renovable, el biogás es independiente de las condiciones climáticas, y además se puede almacenar fácilmente.

Además, las instalaciones de producción de biogás no generan únicamente energía renovable; son una solución a los residuos orgánicos que se utilizan como sustrato de la digestión anaerobia, que acaban transformados en fertilizante orgánico de alta calidad, y además reducen las emisiones de CO₂.

A pesar de todo ello, Chile está muy por detrás de otros países en la explotación de esta tecnología. Esto se debe, entre otros factores, a cuestiones económicas: el apoyo que ha recibido esta energía renovable ha sido tímido, lo cual, unido a los precios de la energía en el pasado, ha hecho que el periodo de retorno de estas instalaciones no haya sido tan atractivo como el de otras energías renovables. Además, la complejidad administrativa de la tramitación de este tipo de plantas ha ralentizado la aparición de nuevos proyectos.

Finalmente, en los últimos años se han producido **avances científico-técnicos** que permiten mejorar la rentabilidad de las plantas de biogás, como por ejemplo procesos de mono digestión que posibilitan la implantación del biogás en zonas con poca diversidad de residuos disponibles, mejora de rendimientos del proceso, o aplicación de conceptos de biorrefinería para dar mayor valor a corrientes intermedias o finales.

2.5 Biofertilizantes

Los biofertilizantes son fertilizantes orgánicos que proporcionan a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo, al mismo tiempo que mejoran la calidad del suelo y ayudan a conseguir un entorno microbiológico más óptimo y natural.

Un biofertilizante es una sustancia que contine microorganismo vivos que, cuando se aplican a semillas, superficies de plantas o suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta y promueven el crecimiento aumentando el suministro o disponibilidad de nutrientes primarios para la planta huésped.

Estos productos proporcionan nutrimentos a la planta, principalmente nitrógeno y fosforo. Las bacterias que se utilizan para este fin se conocen como fijadoras de nitrógeno, ya que son microorganismos que toman el nitrógeno atmosférico, lo transforman en nitrógeno orgánico y se lo entregan a la planta.

2.6 Usos del biogás

2.6.1 Principios de la combustión

La combustión es una reacción química en la cual ocurre una rápida oxigenación / oxidación del biogás.

O El requerimiento de aire mínimo sería del 21 % pero esta cifra debe ser aumentada para lograr una buena combustión. La relación aire-gas puede ser optimizada aumentando la presión del aire, incrementando la apertura de la válvula dosificadora de gas (el biogás requiere de una apertura 2 a 3 veces mayor a la utilizada por el metano puro y modificando la geometría del paso de aire desde el exterior).

La presión adecuada para un óptimo uso del biogás oscila entre los 7 y los 20 mbar. Se debe tener especial precaución en este aspecto, para lo cual se debe calcular las pérdidas de presión de salida del gasómetro (adicionándole contrapesos en el caso de gasómetros flotantes)

2.6.2 Producción de calor o vapor

El uso más simple del biogás es para la obtención de energía térmica (calor). En aquellos lugares donde los combustibles son escasos, los sistemas pequeños de biogás pueden proporcionar la energía calórica para actividades básicas como cocinar y calentar agua. Los sistemas de pequeña escala también se pueden utilizar para iluminación.

Los quemadores de gas convencionales se pueden adaptar fácilmente para operar con biogás, simplemente cambiando la relación aire-gas. El requerimiento de calidad del biogás para quemadores es bajo. Se necesita alcanzar una presión de gas de 8 a 25 mbar y mantener niveles de H₂S inferiores a 100 ppm para conseguir un punto de rocío de 150°C.

2.6.3 Generación de electricidad

Los sistemas combinados de calor y electricidad utilizan la electricidad generada por el combustible y el calor residual que se genera. Algunos sistemas combinados producen principalmente calor y la electricidad es secundaria. Otros sistemas producen principalmente electricidad y el calor residual se utiliza para calentar el agua del proceso. En ambos casos, se aumenta la eficiencia del proceso en contraste si se utilizara el biogás sólo para producir electricidad o calor. Las turbinas de gas (microturbinas, desde 25 hasta 100 kW y turbinas grandes, > 100 kW) se pueden utilizar para la producción de calor y energía, con una eficiencia comparable a los motores de encendido por chispa y con un bajo mantenimiento.

Sin embargo, los motores de combustión interna son los usados más comúnmente en este tipo de aplicaciones. El uso de biogás en estos sistemas requiere la remoción de H₂S (bajo 100 ppm) y vapor de agua.

Las celdas de combustible se consideran las plantas de energía a pequeña escala del futuro para la producción de electricidad y calor con una eficiencia superior al 60% y bajas emisiones.

2.6.4 Combustible para vehículos

El uso vehicular del biogás es posible y en la realidad se ha empleado desde hace bastante tiempo. Para esto, el biogás debe tener una calidad similar a la del gas natural, para usarse en vehículos que se han acondicionado para el funcionamiento con gas natural. La mayoría de los vehículos de esta categoría han sido equipados con un tanque de gas y un sistema de suministro de gas, además del sistema de gasolina normal de combustible.

El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto a gasolina como Diesel. El gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 y 110 lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión, por otro lado, una desventaja es su baja velocidad de encendido.

Sin embargo, su difusión está limitada por una serie de problemas:

- ✚ A fin de permitir una autonomía razonable el gas por su volumen debe ser almacenado en contenedores cilíndricos de alta presión (200 a 300 bar); este tipo de almacenamiento implica que el mismo deba ser purificado antes de su compresión.
- ✚ La conversión de los motores es costosa (instalación similar a la del gas natural) y el peso de los cilindros disminuye la capacidad de carga de los vehículos.
- ✚ Por último, la falta de una adecuada red de abastecimiento y la energía involucrada en la compresión a gran escala de este tipo de uso.

Purificación o acondicionamiento del biogás El biogás (CH_4 - CO_2) no es absolutamente puro, puesto que contiene partículas y trazas de otros gases. Todas estas impurezas deben ser removidas dependiendo del tipo de utilización que tendrá el biogás.

La purificación del biogás es importante por dos razones principales: (1) para aumentar el poder calorífico del biogás y, (2) cumplir los requerimientos de algunas aplicaciones de gas (motores, calderas, celdas de combustible, vehículos, etc.). Los propósitos de purificación y/o acondicionamiento del biogás. El “tratamiento completo” implica que se elimina gran parte del CO_2 , vapor de agua y otros gases traza del biogás, mientras que el “reformado” es la conversión de metano en hidrógeno.

Las partículas sólidas en el biogás se filtran con los colectores de partículas convencionales. Para la remoción de gases traza, las técnicas utilizadas son el lavado, adsorción y secado.

2.6.5 Remoción de agua

Al momento de salir del digestor, generalmente, el biogás se satura con vapor. El biogás debe tener una humedad relativa inferior a 60% para prevenir la formación de condensado en las tuberías de transporte. Este condensado, particularmente en combinación con otras impurezas puede corroer las paredes de las tuberías. Frecuentemente, el biogás debe ser secado antes de ser purificado. El biogás puede secarse por compresión y/o enfriamiento del gas, adsorción en carbón activado o sílica gel o absorción, principalmente en soluciones de glicol y sales higroscópicas.

2.7 Tipología biodigestor

La clasificación de los diferentes tipos de biodigestores se caracteriza principalmente en el proceso de carga que tienen.

A continuación, se desglosa una clasificación general en cuanto a la carga y usos de los diferentes tipos de biodigestores.

2.7.1 Biodigestor tipo continuo

Este tipo de biodigestores es el más común y apropiado para instalaciones pequeñas, ya que no requiere de conocimiento especializado ni maquinaria grande para su correcto funcionamiento, este diseño consta de 4 orificios.

El primer orificio central que pertenece a la carga de este, un orificio en el cuerpo del bidón, otro orificio que se encuentra en la parte inferior del cuerpo del digestor (efluentes pesados), también cuenta con un agujero que pertenece a la salida del gas este se encuentra en la superficie del estanque o bidón.

A. Funcionamiento de biodigestor continuo

Este tipo de equipo permite agregar carga diariamente y el efluente (biofertilizante), se va descargando a medida que el estanque aumente su nivel.

El proceso en cuestión se caracteriza por una fermentación constante, una producción y obtención uniforme de gas, también se caracteriza por ser un proceso de simple control y monitoreo.

B. Ventajas y desventajas

A continuación, se presenta una tabla donde se pueden destacar las principales ventajas y desventajas del biodigestor tipo continuo,

Tabla N° 2.1: Ventajas y desventaja del biodigestor tipo continuo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La carga y descarga del biodigestor no requiere de operaciones especializadas.	No posee un buen diseño para tratar materiales que son más pesados que el agua (que no flotan), ya que no cuenta con un agitador.
Se puede controlar la digestión que es requerida por medio de la cantidad de biomasa depositada diariamente.	alto consumo de agua, requieren también de control y monitoreo diario.
El uso de biomasa se considera un tipo de energía renovable. Amigable con el medio ambiente.	Pueden depositarse una cantidad considerable de sólidos en el fondo del equipo.

Fuente: <http://www.zecalconsa.com>

2.7.2 Biodigestor tipo Batch o Lote

A diferencia del biodigestor continuo, este de tipo lote tiene solamente un acceso por donde se carga y se descarga, dependiendo del clima la fermentación de la materia orgánica disponible puede tardar de 2 a 4 meses, la carga se realiza una sola vez para el llenado y uso del equipo, la descarga se lleva a cabo una vez finalizado el proceso de fermentación.

Si bien se puede construir en una escala pequeña, Este tipo de biodigestores son empleados principalmente como equipos industriales.

A. Ventajas y desventajas

A continuación, se presenta una tabla donde se pueden destacar las principales ventajas y desventajas del biodigestor tipo batch:

Tabla N° 2.2: Ventajas y desventajas biodigestor tipo Batch o Lote.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Puede procesar gran cantidad de materiales, sin importar si tiene materia seca pues esto no entorpece la operación del biodigestor.	La Carga y La descarga del biodigestor requiere de mucho trabajo debido a la cantidad que este necesita.
No requiere atención diaria.	Se necesita un espacio adecuadamente amplio para su instalación
Se pueden manejar las variables relacionadas con la fermentación como la de la temperatura, tiempo de retención, carga depositada y los periodos de carga y descarga.	El vaciado posterior de la materia ya fermentada es abundante por lo que se debe tener predestinado el lugar donde se descargara.

Fuente: <http://www.zecalconsa.com>

2.8 Biomasa

La energía biomasa se refiere a materia de origen orgánico animal o vegetal incluyendo residuos o desechos orgánicos, utilizados para fines energéticos. Este tipo de biomasa se puede clasificar según:

2.8.1 Biomasa natural

Es obtenida en ecosistemas y se produce en la naturaleza sin intervención humana. Generalmente se produce en bosques y matorrales etc.

2.8.2 Biomasa residual

Se generan en actividades humanas que utiliza materias orgánicas como, por ejemplo: actividades agrícolas, ganaderas, industria maderera o agroalimentaria.

2.8.3 Biomasa cultivo energético

Se trata de cultivos que tienen por finalidad producir biomasa transformable en combustibles como lo es el caso de girasol o el cardo.

2.9 Digestión anaeróbica y la producción del metano

La digestión anaeróbica es el proceso por el cual se obtiene como resultado biogás y un lodo que se puede utilizar como bio fertilizante.

El biogás se obtiene a partir de la fermentación de materia orgánica tales como: basura orgánica, desechos fecales o cualquier otra materia orgánica que sea capaz de descomponerse. Este proceso es llevado a cabo por diversos grupos de microorganismo, principalmente bacterias y protozoos.

Se trata de la transformación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno esto da como resultado biogás, formado principalmente por metano y dióxido de carbónico.

El biogás puede utilizarse para diversos fines como por ejemplo para generar electricidad, como combustible o también como energía calórica.

Un biodigestor doméstico tiene la capacidad de producir un promedio de 3 a 6 metros cúbicos de biogás por día.

En la figura N° 2.2 se muestran las fases y bacterias que son encargadas de transformar la materia orgánica en metano.

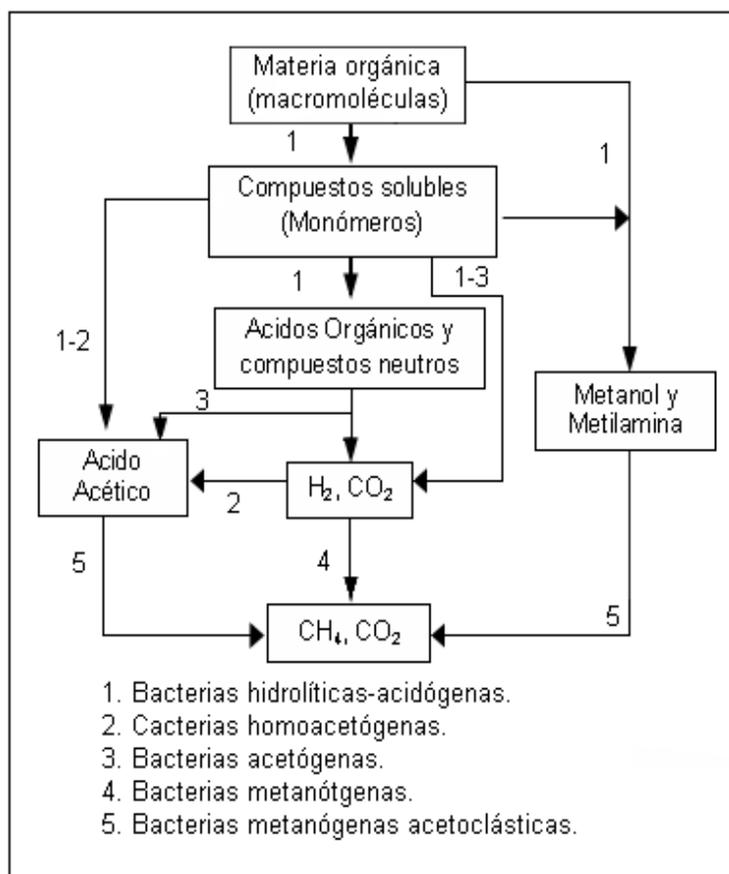


Figura N° 2.2: Fases de la digestión anaeróbica.

Fuente: <https://www.ssme.gov.py>

CAPITULO III

PLANIFICACION DEL PROTOTIPO

Siguiendo el objetivo principal lo cual se traduce a la construcción de un biodigestor con una capacidad de 200 L. Este equipo será dimensionado cuidadosamente bajo una serie de parámetros tanto sea de seguridad como también de funcionamiento que abarcaran factores importantes como: los niveles de carga del equipo con materia orgánica, agua y la mezcla correcta de ambas, también las condiciones de temperatura necesaria para el óptimo funcionamiento de este, la producción de metano que será capaz de proporcionar, cumplir con condiciones seguras apoyándonos con la orientación del ministerio de energías.

Para la construcción del proyecto en su totalidad es necesario saber con exactitud un conjunto de factores importantes a considerar para que la construcción de este sea un producto final exitoso.

3.1 Factores por considerar

Los factores que se deben de considerar en una instalación de este tipo son los siguientes.

3.1.1 Carga diaria

La carga diaria del biodigestor se debe tener en cuenta una serie de factores importante de considerar los que se denotan a continuación:

- ✚ Para permitir una rápida degradación, la materia fecal debe ser triturada, en fragmentos no mayores a 10 mm, de esta manera también se evitará estancamiento de los efluentes.

- ✚ El volumen total del biodigestor alberga una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio donde el 75 % del volumen total corresponde a la fase líquida (mezcla de estiércol y agua), y del 25 % restante a la fase gaseosa.
- ✚ Cargar el biodigestor con una carga de estiércol mezclada 1:4 con agua. (una parte es de estiércol y cuatro de agua) de esta manera se pretende evitar que se formen 'natas' en la superficie.
- ✚ Un biodigestor doméstico tiene la capacidad de producir un promedio de 3 a 6 metros cúbicos de biogás por día.

3.1.2 Tiempo de retención

Tabla N° 3.1: Tiempo de retención de la carga según la temperatura.

TIEMPO DE RETENCIÓN SEGÚN TEMPERATURA		
Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	15
Valle	20	25
Altiplano	10	60

Fuente: energiacasera.wordpress.com

Según la tabla N° 3.1 donde indica el tiempo de retención para lograr generar el biogás. Sabiendo que en la región de atacama la temperatura media es de 17,3 °C esto entraría en el rango de la temperatura de valle (20 °C). Es decir, los días de retención se traduce a 25 días, los cálculos serán en base a esta temperatura.

Es importante destacar que de la capacidad total solo se utilizara el 75 % de la totalidad de este (3/4 de estanque aprox.). el ¼ restante corresponde a la cámara de gas.

3.2 Formula de mezcla

Para calcular la carga de mezcla diaria que necesita el biodigestor se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✚ VT: volumen de trabajo en Litros.
- ✚ CTT: capacidad total del tanque en Litros.
- ✚ CD: carga diaria de mezcla que se debe añadir.
- ✚ TR: tiempo de retención en días (ver tabla).

Utilizando las siguientes fórmulas se determinará VT Y CD.

$$VT= CTT \times 0,75 \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.1)$$

$$CD= VT/TR \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.2)$$

Entonces el biodigestor en cuestión con capacidad total de 200 L que será construido en un clima de 20 °C, en base a esta temperatura se calculará volumen de trabajo (VT) y la carga diaria (CD).

- ✚ El volumen de trabajo VT será de **150 L** ya que ($VT= 200L \times 0,75= 150$).
- ✚ La carga diaria corresponde a volumen total en litros/ tiempo de retención (25 días) lo que se traduce a una carga diaria de mezcla CD de 6 L ($CD = 150 \text{ L} /25 \text{ días}$).

Traduciendo los cálculos anteriormente obtenidos mediante las fórmulas que se utilizaron se puede deducir que el volumen de trabajo que será disponible de la capacidad total del biodigestor (200 L).

Se trabajará en los 150 litros de este dejando el espacio suficiente para la cámara donde se almacenará el gas en su superficie, también sabemos que la carga diaria corresponde a 6 litros de mezcla después de la carga inicial.

El biogás será producido al tener en el interior del biodigestor el estiércol con agua Se estima que el tiempo del almacenado del estiércol para que se lleve a cabo el fermentado para la producción de biogás es de 60 días en promedio los cuales pueden variar siendo menores en el verano por las altas temperaturas favoreciendo a una producción de biogás más rápida. Sin embargo, en tiempo de frío el tiempo puede ser mayor Se

3.3 Dimensionamiento

Se dimensionar un biodigestor de tipo continuo utilizando un bidón de 200 L y materiales de fácil obtención y buena calidad para evitar problemas de filtraciones u otros.

3.3.1 Lista e valorización de materiales y herramientas

A continuación, se muestra en las tablas N° 3.2 y 3.3 el costo de los materiales para la construcción del biodigestor para la generación de biogás.

En las tabla N° 3.2 se detallan los materiales y los costes monetarios de cada uno de los componentes que se utilizan para la elaboración de la entrada de la carga, del biodigestor. Esta tabla comprende, materiales, dimensiones y precios de estos en el mercado.

De igual manera en la tabla N° 3.3 se exponen: materiales, dimensiones, valor comercial y también las cantidades que se utilizaran para la construcción de la salida de los efluentes.

A. Tanque para biodigestor y entrada de carga

Tabla N° 3.2: Materiales para la entrada de carga del prototipo.

MATERIALES	DIMENSIÓN	VALOR COMERCIAL
Tubo PVC	110 mm	\$ 4160
Tapón sanitario	110 mm	\$ 660
Reducción PVC	110 X 75 mm	\$ 1390
Tubo PVC	75 mm	\$ 2490
Tanque	200 L	\$ 9000
Codo PVC	110 mm	\$ 2540
T PVC con tapa rosca	110 mm	\$ 3050

Fuente: energiacasera.wordpress.com

B. Materiales para salida de efluente

Tabla N° 3.3: Materiales para la salida de los efluentes.

MATERIALES	DIMENSIÓN	VALOR COMERCIAL	CANTIDAD
Unión de tanque	50 mm	\$ 3090	1 para el efluente de biol
Tubo PVC	50 mm	\$ 2290	1
Codo PVC	50 mm	\$ 585	3
Unión de tanque	50 mm	\$ 3090	1 efluente pesado (inferior)
Válvula esfera	50 mm	\$ 9750	1 para el efluente pesado
Golillas planas de goma	50 mm	\$ 1790	1pack

Fuente: energiacasera.wordpress.com

C. Materiales para salida el gas

Tabla N° 3.4: Materiales para la salida del biogás.

Material	Dimensión	Valor comercial	Cantidad
unión de tanque	20 X ½	\$ 940	1
Válvula de gas	½	\$ 5490	1
Manguera	½	\$ 8490	1
Silicona antihongos		\$ 3110	1
teflón (gas)		\$ 990	2
Pegamento PVC		\$ 1190	2

Fuente: energiacasera.wordpress.com

Total, de materiales y herramientas = \$ **61.395**

A continuación, se explicará detalladamente la construcción un prototipo biodigestor, a partir de la lista de materiales anteriormente explicada, de esta manera se mostrará el paso a paso con fotos de los procedimientos hasta el final de la construcción del biodigestor.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR

Con los criterios de construcción y según la Lista de valorización de materiales, se procede con el trabajo de construcción del biodigestor.

En este capítulo se detallará el paso a paso de la elaboración de manera clara y precisa del prototipo elegido.

El punto de partida es con el estanque como se muestra en la figura N° 4.1. Se utilizará un bidón o estanque de 200 L. para la construcción del proyecto.

Es importante lavar y limpiar los residuos que pueda presentar el contenedor, para facilitar el trabajo que se realizara en él.



Figura N° 4.1: Estanque 200 L.

Fuente: Imagen propia

En esta etapa del proyecto se procede a realizar los agujeros correspondientes como se ven en la figura N° 4.2, ambos agujeros laterales de 50 mm.

Estos orificios estarán destinados para la salida de efluentes pesados (perforación más baja del estanque) y fertilizante o efluentes livianos. (orificio lateral superior).



Figura N° 4.2: Agujeros 50mm.

Fuente: Imagen propia.

A continuación, se procede a realizar los agujeros en la parte superior del estanque encargado de la entrada de carga (110 mm). Y la salida del biogás (20 mm). En esta perforación también se colocará la unión de estanque para luego instalar las demás piezas que se encargarán del transporte del metano. Ver la figura N° 4.3.



Figura N° 4.3: Agujero 110 mm (carga) y 20 mm (gas).

Fuente: Imagen propia.

Se instalan las uniones de estanque con sus respectivas golillas de goma, ambas de 50mm. en los agujeros destinados para la salida de los efluentes, tal como se ve en la figura N° 4.4.



Figura N° 4.4: Colocación de unión de estanque 50mm.

Fuente: Imagen propia.

La instalación de Uniones de estanque y golillas de gomas de 50 mm serán fijadas con la ayuda de una llave Stillson o llave para tubos de 12". En la figura N° 4.5 se puede observar las uniones ya instaladas.



Figura N° 4.5: uniones de estanque 50 mm Instaladas.

Fuente: Imagen propia.

Se procede a lijar los extremos de todas las piezas de PVC sanitario, (T con tapa rosca, tapón sanitario, codo 110 mm, tubo y reducción 110 X 75 mm). Para posteriormente ensamblarlas con el sellante de PVC. La figura N° 4.6 detalla las tuberías de 110 mm utilizadas para la carga.



Figura N°4.6: Tuberías 110mm para carga.

Fuente: Imagen propia.

Se deben fijar el tapón sanitario a uno de los costados de la T con tapa rosca de PVC (110 mm), luego el codo con la tubería (110 mm) y por último unir la reducción 110 X 75mm al tubo.

En este ensamble se debe calentar el tubo de manera que se ablande para formar un molde. Y lograr introducir la reducción 110 X 75 mm dentro de él. En la Figura N° 4.7 se observa el ensamble de tuberías 110 mm.



Figura N° 4.7: Ensamble de tuberías 110 mm para entrada de carga.

Fuente: Imagen propia.

Usando silicona industrial antihongos se fija la tubería ya ensamblada al estanque de 200 L dejando reposar 48 horas aproximadamente, para que de esta manera se pueda asegurar el correcto secado del producto y evitar filtraciones ya que, si existieran estas fugas en el estanque, la generación de biogás sería imposible.

En la Figura N° 4.8 de ensamble y sellado de tubería con estanque de 200 L utilizando silicona antihongos. Se logra observar el resultado del proceso de sellado.

Una vez fijadas todas las piezas de PVC anteriormente señaladas, se procede a sellar todas aquellas superficies que se encuentran en contacto con el estanque utilizando la silicona, se debe dejar secar el pegamento según las indicaciones del fabricante.



Figura N° 4.8: Ensamble de tuberías y sellado con silicona antihongos uniones y aperturas.

Fuente: Imagen propia.

Para la descarga del bio digestor se instala una válvula esfera con la ayuda de un par de llaves Stillson o llave para tubos de 12”, esta válvula se acoplará a través de una unión de estanque de 50 mm, este dispositivo permitirá descargar el contenedor por completo cuando sea requerido, también tendrá como función principal eliminar los efluentes más sólidos que decantaran dentro de este.

Por otra parte, se adosarán un conjunto de codos y tuberías las cuales estarán ubicada en la parte superior de la válvula de 50mm, tal como se logra observar en la Figura N° 4.9. Serán sellados con sellante PVC, al igual como se ensamblaron las tuberías de 110 mm. Para la entrada de la carga. esta tubería será encargada de llevar hacia el exterior el efluente más líquido, el cual será utilizado como bio fertilizante, este proceso se llevará a cabo por rebalse, por ende, no necesita una válvula o un dispositivo que lo retenga.



Figura N° 4.9: Ensamble de codos, tuberías y válvula esfera para la salida de efluentes.

Fuente: Imagen propia.

En esta última fase del proyecto con cinta de gas se lleva a cabo la instalación de una llave de gas que será conectado a la unión de estanque de 20 mm.

También se conectará al otro extremo de la llave una manguera de ½” la que será encargada de la circulación del metano fuera del biodigestor. Tal como se aprecia en la Figura N° 4.10.



Figura N° 4.10: Instalación de llave y manguera de gas.

Fuente: Imagen propia.

Con el biodigestor ya terminado, el prototipo se encuentra listo para ser cargado y puesto en marcha tal como se observa en la figura N° 4.11.



Figura N° 4.11: Prototipo biodigestor finalizado.

Fuente: Imagen propia.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 Resultados esperados

El biodigestor de 200 L el cual fue construido para obtener información en cuanto al comportamiento del gas, el tiempo de retención y la cantidad de gas que pueda generar, se pudieron apreciar las siguientes observaciones:

En primeras instancias se realizó una carga inicial de 150 litros de mezcla de materia orgánica y agua, con fines investigativos para poder comprender de mejor manera el tiempo de retención previamente calculado y de esta forma poder realizar comparaciones entre los cálculos teóricos versus los resultados obtenidos en la práctica.

Sabiendo que en la región de atacama la temperatura media es de 17,3 °C, en verano la temperatura es mucho más alta puesto que estas pueden oscilar entre los 27 °C.

Esta condición de temperaturas altas acelera el proceso de digestión, es decir que los 25 días de retención de la materia orgánica para obtener gas, según la tabla N° 3.1, se acortan considerablemente mostrando los primeros índices de generación de biogás entre el día 19 y 20 desde que se realizó la carga.

También se pudieron obtener otros resultados importantes durante el tiempo que se puso en marcha el proyecto, las cuales se destacan a continuación:

- ✚ El prototipo tiene la capacidad de producir un promedio de 3 a 6 metros cúbicos de biogás por día.

- ✚ Aparentemente la presión de biogás no es muy potente, ya que al momento de combustionar se pudo percatar que la llama era débil y transparente.

- ✚ Este biodigestor de 200 litros genero gas durante 30 días con una misma carga. pero según otras fuentes señalan que es posible generar gas durante 3 meses con la misma carga inicial.
- ✚ Una vez terminada la degradación de la materia orgánica, la generación de gas se termina y estos residuos sirven como un potente fertilizante para cultivos. Así, el círculo de reutilización se completa, la materia cambia y el medio queda intacto.
- ✚ En cuanto a la carga diaria en esta oportunidad no se realizó, ya que uno de los objetivos de este proyecto fue verificar cuánto gas puede generar solo con 150 litros. (carga inicial indicada por el volumen de trabajo).

5.2 Viabilidad

Según lo antes mencionado, estudios del Ministerio de Energía, un cerdo o vacuno pueden producir alrededor de 45 kg de estiércol y orina al día. Si se calcula la cantidad por año, 16.2 toneladas de excremento podrían convertirse en la solución del gas domiciliario.

Al igual que se señala que nuestro prototipo tiene la capacidad de producir un promedio de 3 a 6 metros cúbicos de biogás por día, este biodigestor de 200 litros genero gas durante 30 días con una misma carga, dándonos como mínimo promedio un total de 90m³ de biogás.

Sólo el cilindro de 45 kilos de GLP, equivalente a un consumo de 59,25 metros cúbicos (m³) de gas natural, aunque debemos tener en cuenta que el biogás no tiene la misma eficiencia por m³ que el GLP (gas licuado de petróleo), ya que nuestro biogás no tiene el tratamiento correspondiente para su máxima eficiencia.

A continuación, una serie de tablas las cuales mostraran consumos de equipos específicos:

Esta primera tabla N° 5.1, nos mostrara el consumo de gas en m³ por 1 hora, se divide en 4 filas las cuales muestran el tamaño del equipo para la calefacción de agua según su rendimiento en litros por minuto.

Tabla N° 5.1: Consumos calefón.

CALEFON	m ³ /H
10 litros/min	1,61
12 litros/min	1,94
14 litros/min	2,26
16 litros/min	2,58

Fuente: enargas.gob.ar.

A continuación, en esta la segunda tabla N° 5.2 se da a conocer las cantidades de consumos en m³ por hora de los quemadores individualmente de una cocina común de 2 quemadores pequeños, 1 quemador grande y 1 mediano, al igual que el consumo del horno que incluye la cocina.

Tabla N° 5.2: Consumos cocina.

COCINA	m ³ /H
Quemador pequeño	0,10
Quemador mediano	0,15
Quemador grande	0,19
Quemador de Horno	0,32

Fuente: enargas.gob.ar.

Y por último en esta tercera tabla N° 5.3 se muestran los consumos de algunos tipos de equipos calefactores de ambientes, se clasificaron por tipo y su respectivo consumo de m³ en 1 hora.

Tabla N° 5.3: Consumos estufas.

ESTUFAS	m ³ /H
Tipo 1	0,27
Tipo 2	0,32
Tipo 3	0,48
Tipo 4	0,65
Tipo 5	0,97

Fuente: enargas.gob.ar.

De manera muy generalizada, una vivienda puede consumir 85,8 m³ al mes, de un inmueble con 1 ambientes calefaccionado con 1 estufa estimando tiempo de uso en 2 horas diarias, estufa tipo 3 tabla N°5.3, más un calefón de 10 litros tabla N°5.1 uso estimado de 1 hora diaria (15min por persona promedio) y cocina tabla N°5.2 estimando el uso de los quemadores grande y pequeño en 1 hora diaria cada uno, familia de 4 personas durante los 30 días del mes.

5.3 Análisis de construcción

La construcción de un biodigestor de 200 litros es un proyecto **experimental**, por lo cual no se dispuso de un artefacto de acumulación externo. Es decir, solo se trabajó con el espacio correspondiente al 25 % libre que queda en la superficie del estanque para almacenar el biogás.

A continuación, según lo observado durante el tiempo que se llevó a cabo el proyecto. Es esencial tomar ciertas medidas para su mejor desempeño y eficiencia:

- ✚ Es recomendable que la fuente de alimentación (mechero o cocina) se encuentre a una distancia próxima del bio digestor para que de esta manera se pueda hacer mucho más eficiente la combustión del biogás y este no pierda presión.

- ✚ Si se desea implementar este prototipo como una fuente de gas continuo es indispensable tener un dispositivo de almacenamiento externo. y principalmente contar con la orientación de un profesional experto en la materia.

- ✚ En cuanto a las temperaturas ambientales se propone pintar el biodigestor de color negro para facilitar el aumento de estas dentro del equipo, de esta misma forma en épocas de temperaturas bajas también es necesario crear un cuarto de plástico tipo invernadero para que las bajas condiciones ambientales no afecten en la digestión de la materia orgánica

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

En la búsqueda por potenciar las energías renovables no convencionales y a la vez ayudar a reducir el impacto ambiental que generan los gases invernaderos que provienen de la materia orgánica en descomposición, principalmente de los desechos animales, se determinó un prototipo biodigestor, el cual tiene como finalidad comprobar en la práctica importancia de la biomasa, tanto para el medio ambiente como también para facilitar recursos energéticos y mejorar la calidad de vida de las personas.

Se pudo concluir que la solución del gas en este caso domiciliario se puede obtener a través de un proceso llamado digestión anaeróbica, donde la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno es capaz de producir biogás y también un potente bio fertilizante, que puede permitir ahorros importantes en comparación con otros fertilizantes químicos y de alto valor comercial.

La construcción del prototipo que tuvo un costo rentablemente económico, no olvidando que este biodigestor es de carácter experimental el cual el dimensionamiento de este no tiene relación con el abastecimiento de gas de una vivienda ya que solo se busca la generación del metano, y evaluar la capacidad de este, las cargas diarias de materia orgánica y agua y el comportamiento de la materia orgánica en fase de descomposición.

Destacando también que se debió tomar en consideración que los elementos que se utilizaron para la construcción del biodigestor fueron escogidos en base a la calidad de estos y también la certificación SEC, para que de esta manera sea más seguro, durable y eficiente estas piezas a la hora de poner en marcha el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ www.minenergia.cl/biogaslechero/?page_id=98
- ✚ <http://energiaabierta.cl/?lang=&s=biog%C3%A1s&t=estudios>
- ✚ http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page_id=80
- ✚ <https://energiacasera.wordpress.com/2010/01/23/biodigestor-de-bidon-pautas-de-uso/>
- ✚ <https://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml>
- ✚ http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007
- ✚ <http://atencionciudadana.minenergia.cl/r/index/16628/qZjVgdfXe152HH3> mié.,
26 dic. 2018 12:55
- ✚ <https://www.enargas.gob.ar/secciones/eficiencia-energetica/consumo-artefactos.php>