UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS UTILIZANDO CONTENIDO RUMINAL, COMO ALTERNATIVA DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DE CAJAMARCA

"Presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para el Título Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos"

Jhonatan David Basauri Rabanal

Jeysson Fredy Terrones Linares

Asesor:

Ing. Juan Esaú Florián Alcántara

Cajamarca – Perú

Mayo – 2018

COPYRIGHT © 2018 by

JHONATAN DAVID BASAURI RABANAL

JEYSSON FREDY TERRONES LINARES

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

"PRODUCCIÓN DE BIOGÁS UTILIZANDO CONTENIDO RUMINAL, COMO ALTERNATIVA DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DE CAJAMARCA"

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA

A Dios, por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de vida, por su incondicional apoyo a través del tiempo.

Todo esto ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda nuestra vida.

A cada uno de nuestros profesores, por los aprendizajes recibidos para nuestra formación profesional. Al Camal Municipal por habernos brindado la materia orgánica y la información necesaria para la elaboración de esta tesis.

A nuestro Asesor, Ing. Juan Esaú Florián Alcántara, por brindarnos su apoyo y confianza para hacer posible esta tesis.

ÍNDICE

Dedicatoria…….. i

Agradecimientos……. ii

Índice……..... iii

Lista de tablas…….. vii

Lista de gráficos…….. viii

Lista de figuras ……..... ix

Resumen…….. xi

Abstract……... xii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción……..1

1.2. Objetivos de la investigación……2

1.2.1. Objetivo General…….....2

1.2.2. Objetivos Específicos……2

1.3. El problema de investigación……3

1.3.1. Planteamiento del problema de investigación……...3

1.3.2. Formulación del problema…… 4

1.3.3. Justificación de la investigación……... 5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación…… 7

2.1.1. Antecedentes teóricos……... 7

2.1.2. Marco histórico……..... 9

2.1.3. Marco teórico……..... 13

2.1.3.1. Biomasa…… 13

2.1.3.2. Utilización de la Biomasa……..... 13

2.1.3.3. Contenido ruminal……14

2.1.3.4. Biogás……....15

A. Ventajas del biogás……. 16

B. Desventajas del biogás…… 19

2.1.3.5. Digestión Anaerobia…….....19

2.1.3.6. Factores que intervienen en la producción de biogás……..... 22

2.1.3.7. Biodigestores…….....23

2.1.3.8. Desarrollo sostenible……26

A. Enfoques para abordar el desarrollo sostenible…….…. 28

2.1.3.9. Plan de Manejo Ambiental……34

2.1.4. Términos de referencia……. 36

2.1.5. Hipótesis de la investigación……..... 39

2.1.5.1. Operacionalización de las variables…….. 40

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización……..……... 41

3.2. Materiales y presupuesto……...……... 41

3.3. Diseño experimental…… 42

3.3.1. Tipo de investigación……... 42

3.3.2. Diseño de la contrastación de la hipótesis……..... 43

3.3.3. Unidad de análisis…… 44

3.3.4. Universo……..... 44

3.3.5. Muestra…… 44

3.3.6. Técnicas e instrumentos de investigación……..... 45

3.3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos…….. 45

3.4. Manejo previo……..... 46

3.4.1. Cálculos para el diseño del biodigestor tubular……..... 46

3.4.2. Instalación y operación del biodigestor tubular……..... 50

3.4.3. Temperatura…… 53

3.4.4. pH…… 53

3.4.5. Presión…….. 53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados…… 54

4.2. Discusión…….. 58

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones……60

5.2. Recomendaciones……. 61

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….……... 63

LISTA DE ABREVIATURAS……67

GLOSARIO……68

ANEXOS……69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables…….. 40

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de investigación……. 45

Tabla 3: Resumen de los cálculos para el diseño del biodigestor tubular……... 52

Tabla 4: Criterio de valoración…… 55

Tabla 5: Matriz de valoración……..56

Tabla 6: Análisis de costos y beneficios……..57

Tabla 7: Materiales para la construcción biodigestor…….. 69

Tabla 8: Herramientas para la instalación del biodigestor…….. 70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Biodigestor tubular a construir…….. 46

Gráfico 2: Zanja del biodigestor……. 49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estomago de bovino…….14

Figura 2: Esquema de reacciones de la digestión anaeróbica de materiales Poliméricos……..… 21

Figura 3: Planta con cúpula o campana flotante……..24

Figura 4: Planta con cúpula o campana fija…….25

Figura 5: Planta balón o biodigestor tubular……... 26

Figura 6: Ubicación donde se instaló en biodigestor tubular anaeróbico……41

Figura 7: Zanja para el biodigestor tubular……. 50

Figura 8: Instalación del biodigestor y tubería para la conducción del biogás……50

Figura 9: biodigestor tubular inflado con co_2……. 51

Figura 10: Llenado del biodigestor tubular con contenido ruminal y agua…… 51

Figura 11: Construcción de la zanja…… 72

Figura 12: Midiendo el nivel de la zanja……. 72

Figura 13: Instalación del plástico para la base del biodigestor…….. 73

Figura 14: Nivelación de los tubos de entrada y salida del biodigestor…….. 73

Figura 15: Preparación del biodigestor tubular……... 74

Figura 16: Instalación del biodigestor……. 74

Figura 17: Conexión de cámara al tubo de escape del vehículo para llenar de gas el biodigestor……..... 74

Figura 18: Probando biodigestor que no tenga fugas…….. 75

Figura 19: Biodigestor sin fugas……. 75

Figura 20: Recolección de contenido ruminal en el camal Municipal de Cajamarca…… 75

Figura 21: Traslado de contenido ruminal…….. 76

Figura 22: Preparado de mezcla (contenido ruminal y agua)……..76

Figura 23: Preparado de mezcla…….. 76

Figura 24: Agregado de mezcla al biodigestor…… 76

Figura 25: Preparación del invernadero para el biodigestor…… 77

Figura 26: Biodigestor tubular en el invernadero…… 77

RESUMEN

La presente investigación "Producción de biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca; tiene por objetivo determinar si la producción de biogás utilizando contenido ruminal es una alternativa efectiva para el plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca, planteándose una hipótesis afirmativa.

Para comprobar la hipótesis se instaló y operó del biodigestor tubular anaeróbico con una carga de 20 Kg diarios por un periodo de 30 días. Al finalizar el periodo de tiempo, se obtuvo un resultado de 0.000336 m^3 (0.336 litros) de biogás, por lo que se concluyó que, si es una alternativa altamente eficiente para ser considerada en los planes de manejo ambiental, de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca, pero Económicamente no es rentable su producción por su alto costo de producción y la cantidad de biogás producido. Se deben considerar otros aspectos (Climáticos, tecnológicos, técnicos, entre otros) para optimizar los resultados.

Palabras clave: Biogás, contenido ruminal, Plan de manejo ambiental, biodigestor tubular anaeróbico.

Abstract

The present investigation "Production of biogas using ruminal content, as an alternative environmental management plan for organic waste generated in the Camal Municipal de Cajamarca; Its objective is to determine if the production of biogas using ruminal content is an effective alternative for the environmental management plan of the organic waste generated in the Camal Municipal de Cajamarca, considering an affirmative hypothesis.

To verify the hypothesis, the anaerobic tubular biodigester was installed and operated with a load of 20 Kg daily for a period of 30 days. At the end of the period of time, a result of 0.000336 m^3 (0.336 liters) of biogas was obtained, so it was concluded that, if it is a highly efficient alternative to be considered in environmental management plans, organic waste generated in the Camal Municipal de Cajamarca, but economically its production is not profitable due to its high cost of production and the amount of biogas produced. Other aspects must be considered (Climatic, technological, technical, among others) to optimize the results.

Key words: Biogas, ruminal content, Environmental management plan, anaerobic tubular biodigester.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En la actualidad, el aprovechamiento del contenido ruminal producido como producto de la matanza de animales en los mataderos (o camales) municipales es un problema social y ambiental, la falta de interés por parte de las autoridades, y la limitada información acerca de nuevas tecnologías para el tratamiento de estos residuos contribuyen a la propagación de focos de contaminación para la población y el medio ambiente.

Una alternativa para el aprovechamiento del rumen es el uso de biodigestores anaerobios, por su sistema de fermentación sencillo mediante el cual se realiza un adecuado manejo de los residuos orgánicos sean estos de origen animal o humano, dicha fermentación permite obtener energía a bajo costo ya que los materiales de los cuales están hechos este tipo de digestores son económicos, permitiendo en muchas comunidades especialmente rurales en las que han sido introducidos solventar la problemática energética (Criollo y Guzmán, 2014, p.3).

Esta tecnología ha sido ampliamente difundida a escala familiar en países como China, India y otros. En el Perú existe un importante potencial para el aprovechamiento de esta tecnología debido a las características económicas y productivas de las familias ubicadas en la zona rural, cuyos ingresos son generados por la agricultura y ganadería a pequeña escala. En este contexto, los biodigestores

permiten el aprovechamiento eficiente del recurso de biomasa, constituyéndose en una alternativa para el mejoramiento de la producción agrícola con el uso del biol como fertilizante orgánico y el biogás como combustible para cocinar y reducir el consumo de leña. Las principales barreras detectadas en Perú para la mayor utilización de esta tecnología en las familias rurales son tecnológicas (diseños no adaptados a las condiciones climáticas), económicas (inversión no recuperable en términos monetarios), sociales (capacitación y apropiación), logísticas (instalación y seguimiento) y políticas (falta de apoyo a tecnologías de pequeña producción) (Cotrina y Villanueva, 2013, p.3).

La presente investigación pretende obtener gas metano utilizando contenido ruminal generado en el Camal Municipal de Cajamarca, a través de un biodigestor tubular anaeróbico, como una alternativa de manejo ambiental.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo General

- Determinar si la producción de biogás utilizando contenido ruminal es una alternativa ecológica adecuada para el plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Medir la producción de biogás utilizando el contenido ruminal de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca.

- Analizar si la cantidad de biogás producido es económicamente viable como una alternativa ecológica adecuada para el plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca

- Analizar si la cantidad de biogás producido es una alternativa ecológica adecuada para el plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca.

1.3. El problema de investigación

1.3.1. Planteamiento del problema de investigación

La ubicación urbana de la mayor parte de las plantas de sacrificio de animales, la cobertura y la distribución espacial de la actividad, la generación de residuos orgánicos es una problemática mundial puesto que son agentes contaminantes. La industria cárnica genera gran cantidad de estos residuos, debido al mal manejo que se da. Además, estos desechos pueden alcanzar capas del subsuelo donde pueden llegar a mantos acuíferos y contaminarlos. (Preace, citado por Ramírez, 2016, p.23).

Un biodigestor que pueda degradar materia orgánica para generación de gas metano, contribuye al no permitir que esta descomposición se realice en un entorno sin control y que los gases producto de la misma vayan directamente a la atmósfera del planeta. Los países industrializados han elaborado acuerdos como el Protocolo de Kioto en el cual se comprometen a reducir de manera significativa las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), principalmente CO2 (dióxido de carbono); el gas metano es 24 veces más contaminante que el propio CO2. Producir y quemar

el gas metano en casa para obtener energía libera a la atmosfera un gas mucho menos nocivo para el ambiente y permite a los usuarios depender en menor medida de los combustibles fósiles que dicho sea de paso son no renovables (Hernández, 2012, p.3).

En la ciudad de Cajamarca el Camal Municipal por el sacrificio de reses, cerdos, ovejas y otros, genera residuos orgánicos como: sangre, heces, rumen o contenido ruminal gástrico, y huesos, los cuales contribuyen a la contaminación del medio ambiente, principalmente las aguas del rio San Lucas y también del aire, por la generación de malos olores (gases).

Con este proyecto se pretende proponer una alternativa para la disposición final de la bazofia que genera el Camal Municipal de Cajamarca mediante el uso de un biodigestor para la producción de biogás.

1.3.2. Formulación del problema

¿La producción de biogás utilizando contenido ruminal, será una alternativa ecológica adecuada para el plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca?

1.3.3. Justificación de la investigación

La industria cárnica genera materia orgánica, residuos que son potencialmente fuentes de materia prima en la elaboración de mezclas de carga para la producción de gas, a partir de la digestión anaeróbica de los mismos; el origen biológico de esta materia, denominada como biomasa, ha dado entonces, al uso de términos como biogás y biodigestor (Ramírez, 2016, p.38).

El Camal Municipal de Cajamarca genera residuos orgánicos del proceso de matanza como: sangre, pieles, huesos, heces, contenido ruminal, etc. Y estos a su vez generan impactos negativos al ambiente debido a su deficiente manejo y disposición final. Las condiciones de salubridad de los centros de beneficio no son adecuadas, poniendo en riesgo la salud de los operarios y consumidores.

La producción de carne ha aumentado durante los últimos años, sin embargo, el aprovechamiento del contenido ruminal es mínimo. En algunos centros de beneficio es utilizada en la fabricación de abonos para la actividad agraria. Muchos de estos residuos son llevados a botaderos o arrojados a fuentes hídricas locales. Pero al ser un residuo orgánico posee el potencial para ser utilizado como materia prima para la generación de biogás, y con esto abrir las puertas para la producción de energía eléctrica, mecánica o para el uso doméstico de los hogares (Ramírez, 2016, p.38).

La creciente población del planeta genera una mayor demanda de recursos, a fin de satisfacer las necesidades y deseos de las personas. Y, al mismo tiempo se genera también mayor cantidad de residuos que van a dan al medio ambiente, contaminando y degradándolo. Por tanto, el deterioro del medio ambiente se convierte en un tema cada vez más mencionado y adquiere mayor importancia. Es necesario entonces tener un desarrollo sostenible, que garantice el uso adecuado de los recursos y preserve el medio ambiente para las futuras generaciones (Ramírez, 2016, p.38).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1.1. Antecedentes teóricos

El trabajo realizado por Sosa y Laines (2013), Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y producción de biogás, realizado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Se inició una línea de investigación enfocada a la producción de energías más limpias, dentro de estas se incursionó en el uso de sistemas de biodigestión anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos y la producción de biogás. En 2010 se construyó un digestor tipo cúpula a escala real de 67 m^3. Los sustratos utilizados han sido el material ruminal de vacuno y las excretas de vaca, caballo y borrego, en proporciones de 4:1. (Materia orgánica: agua). Se han monitoreado tiempos de retención hidráulica desde 15 a 90 días. Los resultados cromatográficos de la composición del biogás reportan un 59 % en volumen de gas metano y un 30.95% de bióxido de carbono. En base a los resultados obtenidos se concluye que el uso de biodigestores anaerobios a diferentes escalas tiene resultados benéficos como el aprovechamiento del poder calorífico del biogás.

Otro trabajo realizado por Criollo y Guzmán (2014), “Elaboración de un biodigestor piloto tubular para la producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno, en una vivienda de la comunidad de Tembo”, Riobamba, Ecuador.

Se diseñó un biodigestor tubular, que fue colocado en una zanja de aislamiento térmico ubicada a 8.3 y 1.2m de distancia entre la vivienda y el establo respectivamente. Durante los 46 días de monitoreo se controló temperatura, presión, pH, en el proceso de producción de biogás, incluyendo pruebas de olor y color de la llama. Bajo las siguientes condiciones: carga diaria 58.3Kg/día, temperatura media anual 13.5°C, tiempo de retención 39 días, dilución agua: estiércol (1:1); se diseñó un biodigestor cuyas dimensiones son: longitud 4.7m diámetro 1.27m, Volumen total 6.3m^3. El aislamiento térmico permitió incrementar la temperatura interna 3-5°C días fríos y 15-20°C días soleados. Concluyendo que la producción diaria de biogás en días cálidos es de 1.5m^3 que proporcionan 1.68 horas de llama encendida, consiguiendo hervir una olla con 40 litros de agua en 48 minutos.

Pajares (1989), "Evaluación del Potencial Energético de Biomasa para la Producción de Biogás en la Comunidad de Bambamarca Chico". Bambamarca Chico, Cajamarca. Se llevó a cabo a una altitud de 2700 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 14.4 °C, precipitación pluvial de 97.4 mm y 64% de humedad relativa. El potencial de biomasa producido en la comunidad para la producción de biogás fue de 1552.92 t/año, generando 60618.00 m^3/año de biogás que produce una energía de 303 090 000 kcal/año. De lo anterior se concluye que las condiciones de clima y suelo en la comunidad de estudio, se encuentra en los límites para llevarse a cabo el proceso de producción de biogás. (p.106)

2.1.2. Marco histórico

Verástegui y Mateo (citado en Pajares, 1989), reseñan de la siguiente manera la historia y algunas experiencias sobre biogás:

- El "gas de los pantanos" fue reportado como producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, por Shirley en 1667.

- En el año 1776 el científico italiano Volta descubrió que el principal compuesto del gas natural era metano.

- Posteriormente Pasteur y Gayon (1833-1889), concluyen que, en ausencia de aire, el estiércol produce un gas que podría ser empleado como combustible. Es así tanto en Europa, así como en África, se empieza a utilizarlo.

- La primera aplicación de la digestión anaeróbica fue para el tratamiento de desagües municipales en 1896 que utilizando el tanque séptico de Exceter (Inglaterra), sirvió para iluminar la ciudad. Posteriormente plantas de tratamiento fueron instaladas en Birminghan – Inglaterra (hacia 1927), Berlin – Alemania (1928), Charlotte en Carolina del Norte – USA (1928), Baltimore en Maryland – USA (hacia 1936) y muchas otras ciudades.

- En la India los experimentos al respecto fueron iniciados en 1939, en el Instituto de Investigación de Nueva Delhi. En 1971 habría ya unas 2500 plantas de gas funcionando en toda la India y hasta 1979 existían más de

10000 plantas operando (la mitad de ellas en los estados costeros de Gujarat y Magerastra), produciendo diariamente gas y fertilizante.

- En 1958, año del “Gran salto adelante”, en la República Popular China, la población campesina comenzó a producir y utilizar el gas de los pantanos de manera sencilla, para resolver el problema de escasez de combustible, logrando buenos resultados. Esta práctica ha sido desarrollada vigorosamente desde que el presidente Mao Tse Tung, planteara “popularizarlo”, construyendo digestores de tamaño familiar de $10m^3$ de capacidad, para tratar principalmente pajas de cereales, estiércol de cerdo y excremento humano. En 1975, más de un millón de familias usaba este gas y muchas brigadas se construían tanques colectivos. En diciembre de 1978 operaban más de 7 millones de digestores en toda China, en los cuales 5 millones estaban en Sechuan.

- En Taiwán desde 1955 hasta 1977 existían 7500 plantas construidas.

- En Corea se tiene buena experiencia con unidades rurales, entres 1969 y 1973 se habían instalado unas 24 mil plantas.

- En Latinoamérica esta tecnología es reciente, habiéndose desarrollado más en Centroamérica, sobre todo en México Y Guatemala; también se tiene reportes de experiencia de Ecuador, Brasil, Colombia y Chile.

- En el Perú, a partir de 1979, se inicia esta investigación, siendo el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), con ayuda de la Agencia Internacional de Desarrollo de los EE.UU. (AID), quienes desarrollan el programa de Tecnología Apropiada al Ámbito Rural (TAAR), dentro del cual se consideró el apoyo a la investigación, desarrollo y difusión de la tecnología de Biogás.

- Ascue, C. y Guerrero, F. (1986), menciona que, a partir de 1980, el ITINTEC firma convenios con las Universidades de Cajamarca y Puno, con el fin de llevar a cabo la instalación de tres plantas pilotos de biogás de 10 m3 de capacidad, modelo chino "circular, pequeño y achatado", que fueron considerados los más apropiados para la zona rural andina; siendo el primer digestor construido en el Fundo Experimental "La Victoria" de la Universidad Nacional de Cajamarca, en Enero de 1980.

- Vela, A. (1986), refiere que, desde el año 1981, la Universidad Nacional de Cajamarca crea el Centro de Investigación y Promoción de Energías No Convencionales (CIPENC), el mismo que ha tratado de adaptar y desarrollar tecnologías de biogás, construyendo digestores, inicialmente en centros ganaderos del valle de Cajamarca, que permitan un fácil uso de las fuentes naturales de energía, principalmente en lo que se refiere a biomasa y energía solar, estando considerados por las estadísticas primeros en Latinoamérica y los primeros a nivel nacional, habiéndose construido 42 digestores, 38 de los cuales estaban ubicados en la zona rural y 4 en Campus Universitario.

En el mismo año, la UNICEF-Huaraz construye un digestor modelo hindú, de 9 m^3 de capacidad, con fines demostrativos.

- Carrión, F. (1989), manifiesta que, con el propósito de seguir las investigaciones en la tecnología de biogás, en 1982, la Universidad Nacional de Cajamarca construye un digestor en la Ciudad Universitaria, de 52 m^3 de capacidad, de tipo horizontal mexicano, para iniciar los trabajos de investigación del uso de biogás en motores de combustión interna.

- A fines de 1982 e inicios de 1983, se construye otros digestores en el Fundo Experimental Agropecuario "La Victoria" un digestor tipo borda con campana flotante de 20 m^3 de capacidad.

- En la actualidad, en el CIPENC de la Universidad Nacional de Cajamarca, según el Ingeniero Genaro Carrión Ballena, Director de este Centro, se está retomando las investigaciones para la aplicación de esta tecnología de biodigestores, dado que hace 15 años se ha dejado de investigar y aplicar este tipo de tecnología.

2.1.3. Marco teórico

2.1.3.1. Biomasa:

La biomasa, es una de las energías renovables con mayor proyección, ya que puede considerarse prácticamente inagotable; aquí se encuentra la materia vegetal generada a través de la fotosíntesis, y sus derivados, tales como residuos forestales y agrícolas, además de los animales y la materia orgánica contenida en los residuos industriales, domésticos y urbanos. Estos materiales contienen la energía química proveniente de la transformación energética de la radiación solar, la cual puede ser liberada por medio de su combustión directa, o ser convertida, a través de procesos, en otras formas energéticas, para un fin determinado (UPME, citado en Ramírez, 2016, p.23-24).

El aprovechamiento de la biomasa para generación de Biogás o energía está determinado por el entorno donde se desarrolle el proyecto. Es necesario tomar en cuenta factores tales como: ubicación geográfica, clima, economía y social de la población para seleccionar la alternativa más favorable (UPME, citado en Ramírez, 2016, p.23-24).

2.1.3.2. Utilización de Biomasa:

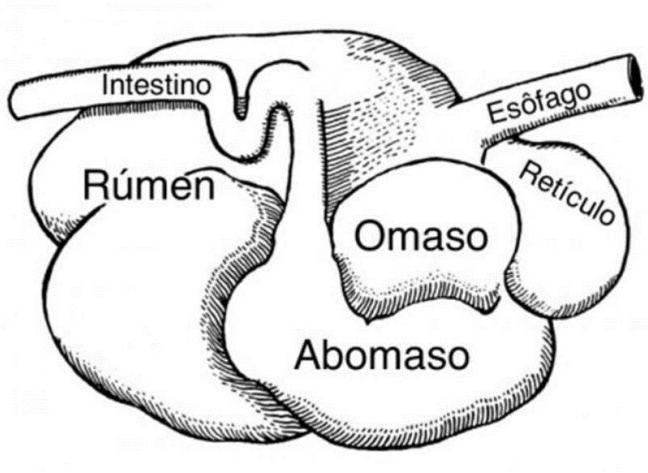
La biomasa puede ser utilizada como fuente de energía y bioabono, ya que puede ser degradada por medio de microorganismos que poseen la capacidad de transformar moléculas complejas en compuestos simples con alta densidad energética. Los procesos biológicos se utilizan generalmente en materiales orgánicos, con un alto contenido de humedad, obteniendo combustibles líquidos y gaseosos como alcohol carburante, metano y gas carbónico. La producción de

biogás en términos económicos no es muy rentable si se la quiere comercializar, pero en términos ambientales es muy positivo. Para el caso de los rellenos sanitarios presenta un balance económico positivo, sobre todo cuando los beneficiarios de los sistemas de calefacción y/o electricidad que se generan se encuentran en las proximidades (Luis, citado en Ramírez, 2016).

2.1.3.3. Contenido Ruminal

El contenido ruminal es un producto obtenido del proceso de sacrificio animal y representa el alimento ingerido por los animales poligástricos que es desechado al momento del sacrificio. Es una mezcla de material no digerido que tiene la consistencia de una papilla, con un color amarillo verdoso y un olor característico muy intenso cuando está fresco, además posee gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal (Cruz, citado en Ramírez, 2016, p.56).

Figura 1: Estomago de bovino.



Fuente: Broca, como se citó en Ramírez, 2016, p.24).

2.1.3.4. Biogás

Proceso de fermentación anaeróbica, mediante el cual se transforman los desechos agropecuarios (biomasa), el biogás (energía) y bioabono, dentro de depósitos especiales conocidos como plantas de Biogás o Digestores. El biogás es un gas combustible que contiene más o menos 60% de metano (CH4) y 40% de Anhídrido Carbónico (CO2), y se utiliza como fuente de energía en cocina y alumbrado principalmente, pudiendo además ser empleado en refrigeración, calefacción y en motores de combustión interna. (Vela y Carrión, 1984, p.78)

Es un producto de la digestión anaeróbica de la materia orgánica, posee un alto valor energético y puede transformarse en electricidad y/o calor con ayuda de unidades de cogeneración. Como subproducto se obtiene, además, un lodo residual estabilizado: biofertilizantes o biol, es más rico que el humus y de granulación más fina que el estiércol, lo cual facilita su penetración y mezcla en el suelo (Martínez, 2011, p.32).

El biogás es un gas combustible un poco más liviano que el aire (Densidad de 0.94 Kg/m^3 a condiciones atmosféricas), posee una temperatura de inflamación de alrededor de 700 °C y la temperatura de la llama alcanza 870 °C. El biogás está compuesto por varios gases como: metano (CH_4) (50 % a 70 %), Dióxido de carbono (CO_2) (30 % a 50 %), ácido sulfhídrico (H_2S) (0.1 % a 1 %) y nitrógeno (N) (0.5 % a 3 %). Su pureza y calidad dependen de la cantidad de metano que contengan; cuanto mayor es el porcentaje de este gas, posee mayor poder calorífico.

El biogás se genera artificialmente en biodigestores, donde la materia orgánica, contenida en residuos se degrada por la acción de bacterias metanogénicas, mediante procesos bioquímicos (Martínez, 2011, p.32).

A. Ventajas del biogás

Según Arce (2011), las ventajas del biogás son:

- Su producción es renovable.
- Su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles.
- Cumple con los requisitos de la EPA (Environmetal Protection Agency) para los combustibles alternativos.
- Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción. No contiene azufre y por tanto no genera emanación de este elemento, las cuales son responsables de las lluvias ácidas.
- Mejor combustión, que reduce el humo visible del arranque en un 30%. Cualquiera de sus mezclas reduce en proporción equivalente a su contenido, las emanaciones de CO_2 y partículas e hidrocarburos aromáticos. Dichas reducciones están en el orden del 15% para los hidrocarburos, del 18% para las partículas en suspensión, del 10% para el óxido de carbono y del 45% para el dióxido de carbono. Estos indicadores se mejoran notablemente si se adiciona un catalizador.
- Los derrames de este combustible en las aguas de ríos y mares resultan menos contaminantes y letales para la flora y fauna marina que los combustibles fósiles.

- Volcados al medio ambiente se degradan más rápidamente que los petrocombustibles.
- Su combustión genera menos elementos nocivos que los combustibles tradicionales reduciendo así las posibilidades de producir cáncer.
- Es menos irritante para la epidermis humana.
- Actúa como lubricante de los motores prolongando su vida útil.
- Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petroderivados ya que posee un punto de ignición más elevado.
- Desde el punto de vista medioambiental, la utilización de biocarburantes contribuye a la reducción de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero a la atmósfera. Concretamente, el biodiesel no emite dióxido de azufre, lo cual ayuda a prevenir la lluvia ácida, y disminuye la concentración de partículas en suspensión emitidas, de metales pesados, de monóxido de carbono, de hidrocarburos aromáticos policíclicos y de compuestos orgánicos volátiles. El bioetanol, en comparación con la gasolina, reduce las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.
- Además, al ser fácilmente biodegradables, los biocarburantes no inciden negativamente en la contaminación de suelos. En última instancia, ayudan a la eliminación de residuos en los casos en que los mismos se utilizan como materia prima en la fabricación de biocarburantes (por ejemplo, los aceites usados en la fabricación de biodiesel).
- Desde el punto de vista energético, los biocarburantes constituyen una fuente energética renovable y limpia. Además, su utilización contribuye a

reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y otorga una mayor seguridad en cuanto al abastecimiento energético.

- Desde el punto de vista socioeconómico, los biocarburantes constituyen una alternativa para aquellas tierras agrícolas afectas a la Política Agrícola Común (PAC). De esta forma, se fijaría la población en el ámbito rural, manteniendo los niveles de trabajo y renta, y fomentando la creación de diferentes industrias agrarias.
- La captación de gases de vertedero es interesante no solo desde el punto de vista energético sino también desde un punto de vista medioambiental, ya que El metano es uno de los gases que favorecen el efecto invernadero con una acción 21 veces superior al CO_2.
- La reducción de las emisiones de metano a la atmósfera es uno de los aspectos más considerados en las numerosas cumbres mundiales organizadas para tratar de minimizar el efecto invernadero en el planeta.
- Otra repercusión es la obtención de energía renovable al disponer de un recurso energético alternativo a los hidrocarburos.
- Además, aprovechar el gas evita los malos olores provocados por el ácido sulfhídrico que contiene. Por eso, algunos vertederos simplemente queman biogás en antorchas sin aprovecharlo como fuente de energía, en un intento de minimizar su impacto negativo sobre el medio ambiente.

B. Desventajas del biogás

Según Arce (2011), las desventajas del biogás son:

Factibilidad económica:

- Alta dependencia del costo de las materias primas.
- Generación de un coproducto (glicerina) cuya purificación a grado técnico solo es viable para grandes producciones

Aspectos técnicos:

- Problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0ºC).
- Escasa estabilidad oxidativa (vida útil / período máximo de almacenamiento inferior a seis meses).
- Poder solvente.
- Es incompatible con una serie de plásticos y derivados del caucho natural (eventual sustitución de algunos componentes del motor: mangueras, juntas y similares).
- Cuando la biomasa se carga en tanques sucios, puede terminar obstruyendo las líneas de combustible.

2.1.3.5. Digestión Anaerobia

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con

trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores. Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico (FAO, 2011, p. 18).

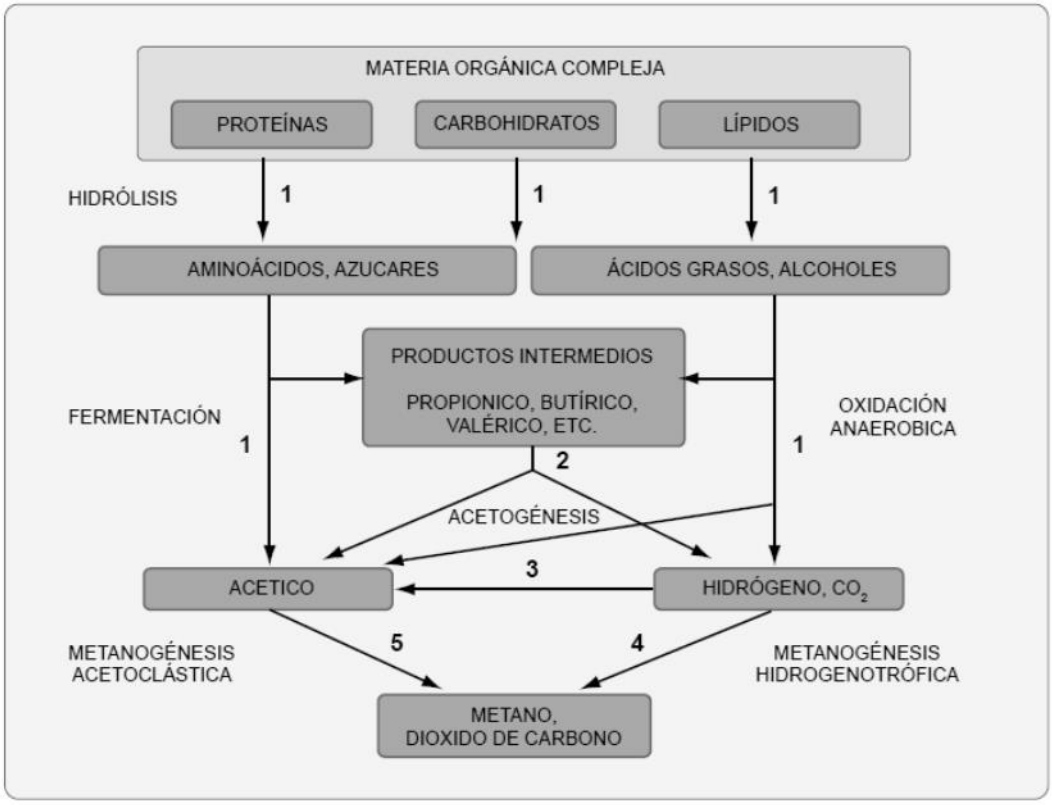
En la digestión anaeróbica, los microorganismos metanogénicos desempeñan la función de enzimas respiratorios y, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas. De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo (FAO, 2011, p. 18).

La digestión anaeróbica es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora, dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases o etapas:

- Hidrólisis
- Etapa fermentativa o acidogénica
- Etapa acetogénica
- Etapa metanogénica

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente las distintas fases del proceso de digestión anaeróbica, los microorganismos que intervienen en cada una de ellas y los productos intermedios generados (FAO, 2011, p. 19).

Figura 2: Esquema de reacciones de la digestión anaeróbica de materiales poliméricos



Fuente: *FAO (2011).*

La primera fase es la hidrólisis de partículas y moléculas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) que son hidrolizadas por enzimas extracelulares producidas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos. Como resultado se producen compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga) que serán metabolizados por las bacterias acidogénicas dando lugar, principalmente, a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y otros productos intermedios. Los ácidos grasos de cadena corta son transformados en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono, mediante la acción de los microorganismos acetogénicos. Por último, los microorganismos metanogénicos producen metano a partir de ácido acético (FAO, 2011, p. 20).

2.1.3.6. Factores que intervienen en la producción de biogás:

Vela y Carrión (1984), manifiestan que los principales factores que intervienen en la producción de biogás son los siguientes:

a) **Temperatura.**

Las bacterias metanogénicas, actúan en un rango de temperatura que van de 5 a 60 °C, siendo la producción del biogás más eficiente, cuanto mayor sea la temperatura.

b) **pH**.

El rango de potencial Hidrogeno es de 6.6 a 7.6, teniendo un óptimo de 7.

c) **Dilución**

Uno de los factores que intervienen en la producción de biogás es la homogeneidad en la mezcla al momento de su preparación, así como también durante la fermentación.

d) **Relación Carbono-Nitrógeno.**

Es importante tener en cuenta, que la relación C/N no debe ser superior a 35, ya que provocaría acidificación, siendo el óptimo 30; mientras que la relación C/N menor de 10 causa acumulación de Amoniaco.

2.1.3.7. Biodigestores

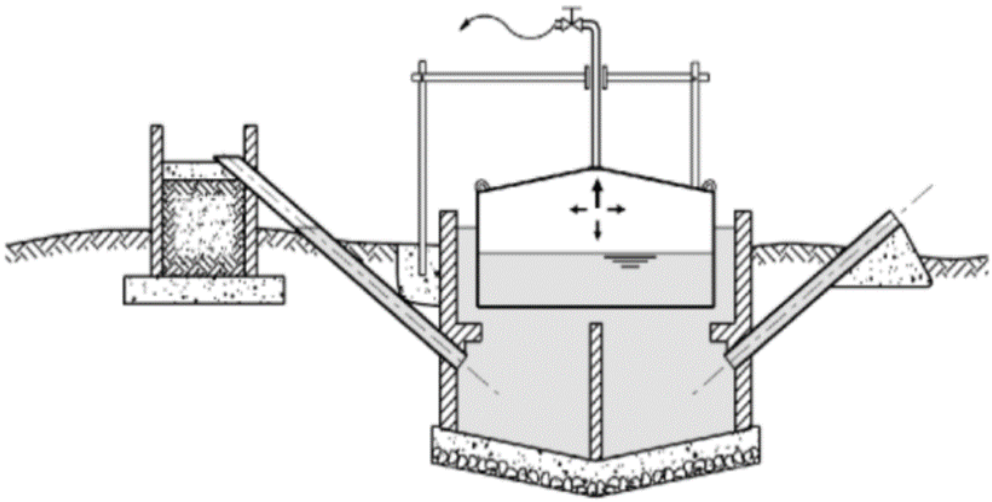
Un Biodigestor es un contenedor hermético, donde se llevan a cabo, reacciones bioquímicas que se encuentran en condiciones de ausencia de oxígeno, en presencia de catalizadores microbiológicos que son sensibles al pH. La digestión anaerobia de sólidos de baja concentración (4 – 8 %), es aplicada en varios artes del mundo para generar metano a partir de residuos humanos, agrícolas y animales (Guardado, 2007, p.25).

Según Guardado (2007), los biodigestores o plantas de biogás sencillos se clasifican en tres tipos principales, descritos a continuación:

- **La planta con cúpula o campana flotante:** La planta de campana flotante se compone de un digestor construido en mampostería o estructura de concreto y un depósito de gas móvil en forma de campana, la cual puede

flotar directamente en la masa de fermentación o en un anillo de agua, dependiendo de la producción de biogás. La campana debe tener una guía que permita el movimiento vertical, cuya altura dependerá del volumen de gas almacenado. Es conocido también como biodigestor hindú, y puede ser utilizado cuando se necesita de un abastecimiento continuo de biogás y fertilizante, caracterizándose por funcionar como depósito del gas producido, es decir, es el único tipo de biodigestores que tienen un depósito de biogás interior (Guardado, 2007, p.26).

Figura 3: Planta con cúpula o campana flotante.

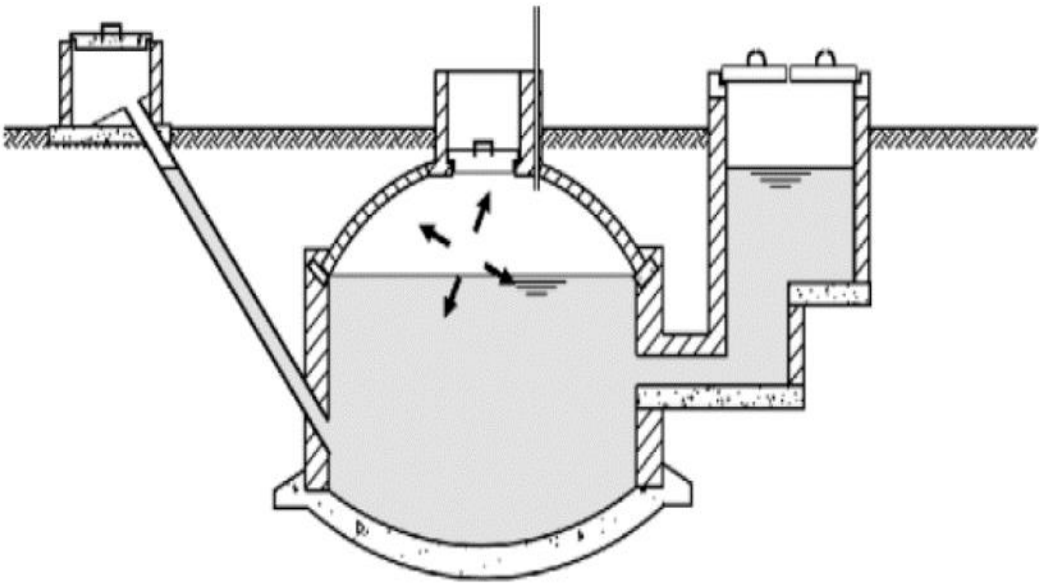


Fuente: *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas (Guardado, 2007).*

- **La planta con cúpula o campana fija**: Se compone de un digestor construido en mampostería y un domo fijo e inmóvil cerrado donde se almacena el biogás. Durante la producción de biogás, la masa de fermentación es desplazada hacia el tanque de compensación y cuando se

extrae el gas, la masa líquida vuelve hacia el biodigestor. A través de constantes oscilaciones de la masa de fermentación en la parte superior de la cúpula se evita la formación de capa flotante. Es conocido también como biodigestor chino, y debido a que el gas debe ser liberado continuamente para reducir la presión interna, se utilizan en instalaciones donde el consumo sea continuo o para almacenar el biogás en un depósito aparte (Guardado, 2007, p.28).

Figura 4: Planta con cúpula o campana fija.

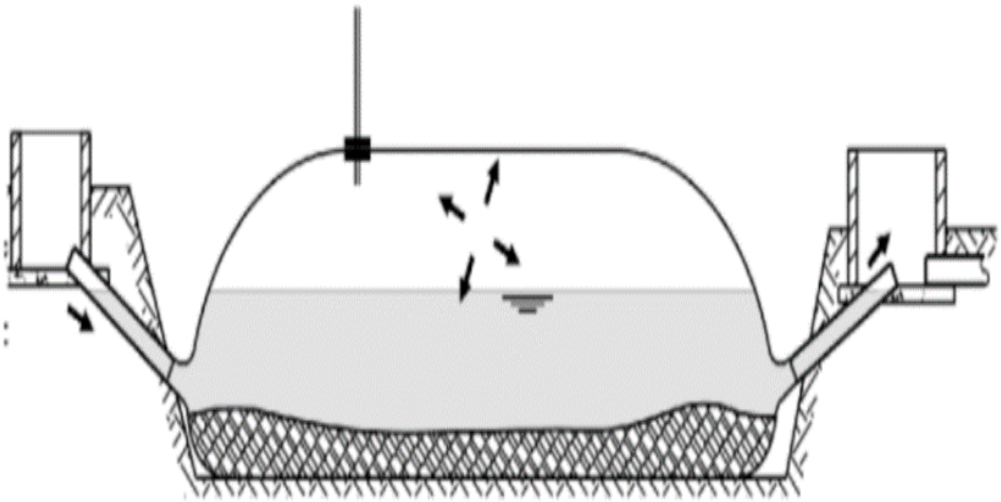


Fuente: *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas (Guardado, 2007).*

- **La planta balón o biodigestor tubular:** La planta de balón se compone de un tubular en material plástico (polietileno, PVC, plastilona, entre otros, y

una combinación de éstos) completamente sellado, la entrada y la salida están sujetas directamente a las paredes de la planta. La parte inferior de la planta, en un 75% del volumen constituye la masa de fermentación, y en la parte superior, el 25% restante, se almacena el biogás. Este tipo de planta se recomienda para aquellos sitios donde predominan las temperaturas altas y constantes (Guardado, 2007, p.30).

Figura 5: Planta balón o biodigestor tubular.



Fuente: Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas (Guardado, 2007).

2.1.3.8. Desarrollo sostenible

La idea de desarrollo sostenible se asocia a la preocupación creciente existente en los científicos, en las tres últimas décadas del siglo anterior, al considerar el vínculo indesligable entre el desarrollo económico y desarrollo social y sus efectos inmediatos sobre el medio ambiente. Se tomó en cuenta, por primera vez, la

magnitud y extensión alcanzada por el desarrollo económico, que condujo a una valoración sobre sus consecuencias futuras, incluida dentro de ellas la capacidad de supervivencia de nuestra especie (Graria-Rojas, 2015, p. 9)

A partir de ello, surgió la necesidad de examinar un término que fuese capaz de mantener una relación directa entre la ecología y la economía, y con el cual se eliminara la contradicción existente entre crecimiento económico y conservación de la naturaleza. Y es así como el término eco-desarrollo es reemplazado por el de desarrollo sostenible, ya que este se presentó como un proyecto con el cual se erradicaría la pobreza y se salvaguardaría el ambiente. (Graria-Rojas, 2015, p. 9)

La expresión desarrollo sostenible, fue tomada en cuenta por primera vez, en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, desarrollada en Junio de 1992, llamada cumbre de Río. Aquí se situó al ser humano en el centro de las preocupaciones del desarrollo, lo que junto con la protección del medio ambiente como parte indisoluble al crecimiento económico y la lucha para erradicar la pobreza, a través de la equidad social, como un objetivo de todas las personas, constituyeron los tres ejes de la definición de sostenibilidad (Graria-Rojas, 2015, p. 9)

En los años que siguieron a la Cumbre de Río, el concepto de desarrollo sostenible, ha ido poniendo mayor énfasis en temas de carácter social, tales como la reducción de la pobreza y el hambre en el mundo (Graria-Rojas, 2015, p. 9)

El crecimiento económico es de por sí importante, pero no suficiente. Para que el crecimiento económico sea sostenible en el tiempo es necesario que eche raíces en una sociedad que funcione bien. Por lo tanto, la relación entre la empresa y la sociedad tiene importancia vital. (Lindbaek, 2003, p. 35)

"El desarrollo sostenible ofrece a Europa la visión de 'una sociedad más próspera y justa y que promete un medio ambiente más limpio, seguro y sano', por lo que es necesaria una mayor relación entre los objetivos de crecimiento económico y de progreso social, con una actitud permanente de máximo respeto al medio ambiente. Estas decisiones de la Unión Europea definen un nuevo marco general de responsabilidad de las empresas ante los retos del desarrollo sostenible" (Perdiguero, 2003, p. 184)

En el Informe de Brundtland, se utiliza por primera vez el término desarrollo sostenible, y se define como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras a fin de satisfacer sus propias necesidades. Implica limitaciones que imponen a los recursos del medio ambiente el estado actual de la tecnología, de la organización social y la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas. (Gracia-Rojas, 2015, p. 10)

A. Enfoques para abordar el desarrollo sostenible

Según Gracia- Rojas, (2015), el desarrollo sostenible se puede abordar desde los siguientes enfoques:

- **Enfoque economista**

Es el enfoque o la influencia más común en los países del mundo, ya sean industrializados o en vía de desarrollo. Este es un ideal que se enfoca principalmente en garantizar el bienestar de la población y el crecimiento de la economía, a través de la satisfacción de las necesidades básicas del hombre, la producción de bienes y la prestación de servicios (Graria-Rojas, 2015, p. 11).

Para el enfoque economista — fundamentalmente antropocéntrico — la naturaleza es vista como un instrumento para beneficio del hombre, la cual debe ser explotada a fin de mejorar la calidad material de la vida humana. (Bustillo y Martínez, 2008, p. 16). Para este enfoque es de gran importancia el desarrollo de nuevas tecnologías y el aporte científico en temas tales como la producción, la urbanización, así como los procesos industriales que aseguren la satisfacción de las necesidades y deseos de la creciente y cada vez más abundante población del planeta (Graria-Rojas, 2015, p. 11).

Cabe resaltar que esta ideología no toma en cuenta el muy probable y cercano agotamiento de los recursos, lo que invita a pensar que no es un punto de vista que se acoja a las necesidades actuales de desarrollo económico, las cuales van de la mano con el desarrollo ambiental, es

decir, la protección del medio, conservación de recursos, especies y formas de consumo sostenibles, etc. (Graria-Rojas, 2015, p. 11).

- **Enfoque ecológico**

Por otra parte, el enfoque ecológico es una ideología opuesta a la anteriormente mencionada. En este se plantean situaciones más reales y acordes con el momento actual que vive la sociedad. Desde esta perspectiva, se considera la escasez de recursos y la necesidad de generar un cambio en la insostenible forma de producción, explotación de recursos y consumo (Graria-Rojas, 2015, p. 12).

De esta manera, plantea la economía verde o economía ecológica como el camino que conduce al desarrollo sostenible mediante nuevas estrategias y acciones, las cuales permitan preservar las condiciones medioambientales más favorables para esta y las futuras generaciones, garantizando también la satisfacción de las necesidades indispensables para la continuidad de la vida de los humanos, tales como el suministro constante de alimentos, agua potable y energía más limpia (Graria-Rojas, 2015, p. 12).

La transición hacia una economía verde global requiere alcanzar la seguridad alimentaria, utilizando menos recursos naturales e incrementando la eficiencia nutricional por cada unidad de agua

utilizada en la producción de alimentos (Santander, Mejía y López, 2015, p. 152).

Por otra parte, es indispensable el trabajo conjunto de los gobiernos, empresas manufactureras, organismos no gubernamentales y de la sociedad en general, a fin de alcanzar la correcta aplicación de los planes y estrategias que permitan la implementación de la economía verde. Para conseguir esto, se requieren aportes específicos de cada sector. Por parte del gobierno se debe legislar buscando políticas gubernamentales de inclusión que favorezcan la equidad en la repartición de recursos y el acceso a oportunidades, así como generar empleos verdes. Es importante que el sector productivo procure un mejor uso del agua, la reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos y desechos peligrosos. En cuanto a la comunidad en general, también puede hacer aportes en el manejo responsable de los desechos producidos en los hogares, y cambios en la forma compulsiva de consumo de bienes. En general, todos los sectores deben participar en la protección de los ecosistemas y reconocer su valor e importancia (Graria-Rojas, 2015, p. 13).

Es importante reconocer también como se presentan obstáculos que impiden un progreso más acelerado de las políticas verdes, tales como los costos que implica para los Estados llevar a cabo estos planes (como en el caso de los empleos verdes), o la influencia negativa que puedan generar los grandes industriales (propietarios de las industrias), a la

hora de establecer nuevas formas de producción y desarrollos más amigables con el entorno (Graria-Rojas, 2015, p. 14).

- **Enfoque intergeneracional**

Las ideologías presentes en este enfoque se centran principalmente en crear una actitud responsable en las actividades consumistas y explotadoras de recursos, con el objetivo de asegurar a las generaciones venideras la posibilidad de que satisfagan sus necesidades al igual que sus antepasados (Graria-Rojas, 2015, p. 15).

En este enfoque el desarrollo sostenible se refiere a la necesidad de preservar la naturaleza, a fin de que las generaciones futuras puedan maximizar sus opciones en su aprovechamiento e incrementar así su bienestar. (Ramírez, Sánchez y García, 2004, p. 45).

Por estos motivos, esta manera de pensamiento recibe críticas de distintos sectores de la sociedad, ya que se presume que al interpretar el desarrollo sostenible como la responsabilidad con las próximas generaciones, se descuidan las necesidades de la actual (Graria-Rojas, 2015, p. 15).

Es por esto que el enfoque intergeneracional prioriza en la equidad entre generaciones, en contra vía de la equidad intrageneracional, es decir, de los habitantes de una misma generación. El desarrollo

sostenible consiste en ser justos con el futuro, por lo cual la generación presente debe desarrollar los medios para que los que vienen hereden los mismos o más recursos que con los que hoy se cuenta. (Ramírez et al., 2004, p. 58).

- **Enfoque sectorial**

  Desde esta perspectiva se puede afirmar que el concepto de desarrollo sostenible es aplicable en los diferentes sectores presentes en una sociedad, como lo son el gobierno, las industrias y la población en general, de formas similares o distintas dependiendo de la actividad y los objetivos de cada uno de estos sectores (Ramírez et al., 2004, p. 60).

  En este sentido, el enfoque se refiere a que un sector productivo será sostenible o sustentable, si su proceso productivo no impacta el medio ambiente y a la vez sea redituable en lo económico (Ramírez et al., 2004, p. 60).

  De esta manera, se debe reconocer que en este enfoque los sectores implicados realizan planeación de actividades productivas y no productivas, estudios de impacto sobre la naturaleza, relación costo-beneficio y planes de ordenamiento de recursos, entre otros. Este enfoque es sumamente restringido tanto en espacio, como en actividad y número de individuos involucrados. Contempla actividades tales como la agricultura sustentable, el ecoturismo, la industria limpia o la

pesca sustentable, las cuales son resultado de este enfoque sectorial del desarrollo sostenible (Ramírez et al., 2004, p. 61).

2.1.3.9. Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es un documento estratégico que incluye diversas acciones que responden a medidas de prevención, mitigación, corrección y rehabilitación en las áreas ambiental, social y cultural, dándole a sus proyectos un valor agregado como contribución al patrimonio nacional. Es importante señalar que el manejo ambiental no sólo se refiere al cumplimiento de un número de estándares o normas, sino más bien al de tener una actitud, una filosofía y un compromiso para desarrollar un trabajo responsable en todo momento, de modo que se eviten, prevengan o mitiguen los posibles impactos ambientales (Loaysa, 2017, p. 127).

El PMA del Proyecto en particular, está orientado a exponer las medidas de mitigación y rehabilitación mediante las cuales el Proyecto se hace responsable de los impactos ambientales negativos que pudiesen producirse durante el desarrollo del Proyecto. Para ello, se describen las medidas de mitigación que se adoptarán a fin de minimizar los efectos adversos que tendría el Proyecto y las acciones de rehabilitación y/o compensación que se realizarán cuando sea procedente. (Loaysa, 2017, p. 127).

El plan de manejo ambiental es un instrumento de gestión que contiene las medidas diseñadas para prevenir, controlar y/o mitigar los Impactos Ambientales

que pongan en riesgo la estabilidad del área intervenida, tanto en la etapa de construcción (principalmente) así como en la etapa de operación de proyectos formalizados (Loaysa, 2017, p. 127).

El objetivo general del Plan de Manejo Ambiental, está orientado a prevenir, evitar, controlar y mitigar los probables impactos ambientales ocasionados por las actividades que se desarrollarán durante las etapas del proyecto. El Plan de Manejo Ambiental, establece un sistema de vigilancia, que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas preventivas y correctivas, enmarcadas dentro del manejo y conservación del medio ambiente, en armonía con el desarrollo integral y sostenido del área que involucra el proyecto (Loaysa, 2017, p. 128).

La implementación de las estrategias del Plan de Manejo Ambiental, constituye un aspecto importante por su decisivo rol e influencia en el éxito de la gestión ambiental, por este motivo, la implementación del Plan de Manejo Ambiental, estará referida en primer término, al control de tipo permanente que se deberá ejercer sobre los efectos medio ambientales de las diferentes actividades que se van a desarrollar en la zona de influencia. En segundo término, se refiere a la evaluación de carácter periódico que debe realizar durante la ejecución del Plan, responsabilidad que será asumida por el encargado en manejo ambiental asignado (Loaysa, 2017, p. 128).

2.1.4. Términos de referencia

- **Biodigestor**

  La digestión anaerobia es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "lodo" que contiene los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. La materia prima preferentemente utilizada para ser sometida a este tratamiento es cualquier biomasa residual que posea un alto contenido en humedad, como restos de comida, restos de hojas y hierbas al limpiar un jardín o un huerto, residuos ganaderos, lodos de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas y aguas residuales domésticas e industriales. (Corona, 2007, p. 19)

- **Biogás**

  Se da este nombre a la mezcla gaseosa producida por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. La composición típica del biogás es una alta proporción corresponde al metano (CH_4), un gas combustible que permite la utilización de este producto con fines energéticos. (Corona, 2007, p. 2)

- **Biomasa**

  Es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal. La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar los vegetales, al realizar la fotosíntesis, utilizan la

energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas. Los productos de dicha transformación que se consideran residuos, pueden ser utilizados como recursos energéticos. (Corona, 2007, p. 10).

- **Camal**

  Lugar donde se sacrifican animales para el consumo humano. La finalidad de un camal es producir carne preparada de manera higiénica y técnica mediante la manipulación humana de los animales desde su llegada al camal hasta que es adquirida por el consumidor final mediante el empleo de técnicas higiénicas para el sacrificio de los animales, la preparación y los canales de distribución mediante estrictos de operaciones limpias (Corona, 2007, p. 12).

- **Contenido ruminal**

  El contenido ruminal es un subproducto originado del sacrificio de animales; se encuentra en el primer estómago del bovino en el cual al momento del sacrificio contienen todo el material que no alcanzó a ser digerido. Posee una gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal, por esto se puedo decir que es una alternativa la alimentación de rumiantes, pollos y cerdos de engorde por sus características químicas, bilógicas, bromatológicas y su amplia disponibilidad (Trillos, 2007, p.5)

- **Digestión anaeróbica**

  La digestión anaerobia es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "lodo" que contiene los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. La materia prima preferentemente utilizada para ser sometida a este tratamiento es cualquier biomasa residual que posea un alto contenido en humedad, como restos de comida, restos de hojas y hierbas al limpiar un jardín o un huerto, residuos ganaderos, lodos de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas y aguas residuales domésticas e industriales. (Acosta y Obaya, 2005, p. 36)

- **Plan de manejo ambiental**

  Es el Instrumento Ambiental producto de una evaluación ambiental que, de manera detallada, establece las acciones que se implementaran para prevenir, mitigar, rehabilitar o compensar los impactos negativos que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los Planes de Relaciones Comunitarias, Monitoreo, Contingencia y Abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad. (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. 2012, p. 92)

- **Residuos orgánicos**

  Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada. (Jaramillo y Zapata, 2008, p. 27)

2.1.5. Hipótesis de la investigación

La producción de biogás utilizando contenido ruminal, sí es una alternativa eficiente de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca.

2.1.5.1. Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Indicador (es)	Ítem	Instrumentos
Independiente	Biogás	m^3	Es un producto de la digestión anaeróbica de la materia orgánica.	Balde graduado
Dependiente	Plan de Manejo ambiental	Escala valorativa	Instrumento Ambiental producto de una evaluación ambiental que establece las acciones que se implementaran para prevenir, mitigar, rehabilitar o compensar los impactos negativos que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad	Poco adecuada Adecuada Muy adecuada

Fuente: *Elaboración propia*

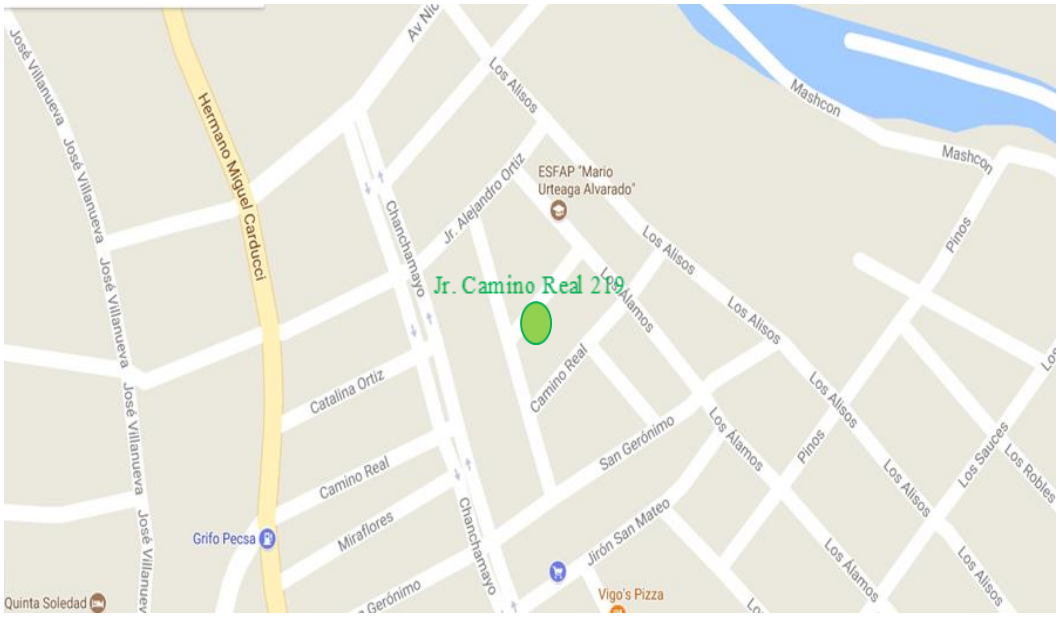
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El biodigestor se instaló en la ciudad de Cajamarca, en el Jr. Camino Real 219 (figura 6). El período para elaborar el biogás fue de 30 días, desde el 20 de marzo hasta el 20 de abril del 2018.

Figura 6: Ubicación donde se instaló en biodigestor tubular anaeróbico (Jr. Camino Real 219).



Fuente: *Google Maps.*

3.2. Materiales y presupuesto

Los costos de los materiales y presupuesto utilizados se describen en el anexo 1, también se detallan las herramientas utilizadas en el anexo 2.

3.3. Diseño de la investigación

3.3.1. Tipo de investigación:

La presente investigación, según su aplicación, es aplicada, porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Vargas, 2009, p. 159)

Consideramos que es un estudio aplicativo puesto que vamos a tomar conocimiento científicos como los referidos a la construcción de un biodigestor y la producción de gas, con lo que vamos a determinar si es adecuada como propuesta para un plan de manejo ambiental: Es decir, a partir del conocimiento científico existente, vamos a generar uno nuevo encaminado a resolver un problema ambiental, como es no verter directamente el contenido ruminal al ambiente, sin transformarlo.

Asimismo también podemos afirmar que la investigación es cuantitativa de alcance descriptivo, puesto que se pretende describir las dos variables en estudio, como lo afirma Sampieri, et al (2015): la investigación descriptiva únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. Busca especificar propiedades, características y rasgos

importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (p. 80)

De acuerdo al propósito de nuestra investigación y de la hipótesis sometida a comprobación, se ha establecido la relación existente entre las variables: producción de biogás y plan de manejo ambiental, determinando si la primera es una alternativa adecuada para su planteamiento en un plan de manejo integral de residuos del Camal Municipal de Cajamarca; por lo que se trata de una mera descripción de la relación entre las variables investigadas.

3.3.2. Diseño de la contrastación de la hipótesis

Por ser una investigación netamente descriptiva no requiere de un diseño de contrastación de la hipótesis, puesto que solo se pretende especificar propiedades, características y rasgos importantes de las variables en estudio y su relación existente.

Sin embargo, para comprobar la hipótesis, se estableció, en primer lugar, la cantidad de biogás producido a partir del contenido ruminal, para luego determinar si es una alternativa adecuada para implementarla en un plan de gestión ambiental de residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca.

Para determinar si es una alternativa adecuada se estableció una escala de valores que nos permitió establecer si es poco adecuada, adecuada o muy adecuada, basándonos en una serie de criterios propuestos.

Asimismo, se estableció si económicamente es factible la generación de biogás a partir de contenido ruminal; para ello, se comparó el costo de producción de gas y el precio de venta de gas, a partir del volumen generado, teniendo en cuenta el tiempo de producción.

3.3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue la cantidad de biogás producido en el biodigestor por 30 días para su análisis como propuesta de plan de manejo ambiental.

3.3.4. Universo

La totalidad de biogás que se puede producir en el camal de Cajamarca, con todo el contenido ruminal generado en forma diaria, para su propuesta como alternativa de manejo ambiental.

3.3.5. Muestra

La cantidad de biogás producidos con los 20 Kg de contenido ruminal tomados del camal Municipal de Cajamarca.

3.3.6. Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla N° 2: Técnicas e instrumentos de investigación

Variables	Técnicas de investigación	Instrumentos de investigación
Plan de Manejo Ambiental	Comparación de la información.	Escala de valores: Eficiente – Deficiente
Biogás	Observación, registro y medición.	Balde graduado

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Dado que el trabajo es explicativo, la estadística utilizada es simple, puesto que solo se obtuvo una sola medida del volumen del gas; sin embargo, para obtener un cálculo más preciso, se repitieron cinco veces las medidas del volumen del gas y se halló el dato promedio.

Con este dato, se procedió a compararlos con los criterios establecidos es la escala de valores diseñada para determinar si es una alternativa eficiente o deficiente para propuesta de manejo ambiental para residuos orgánicos producidos en un camal.

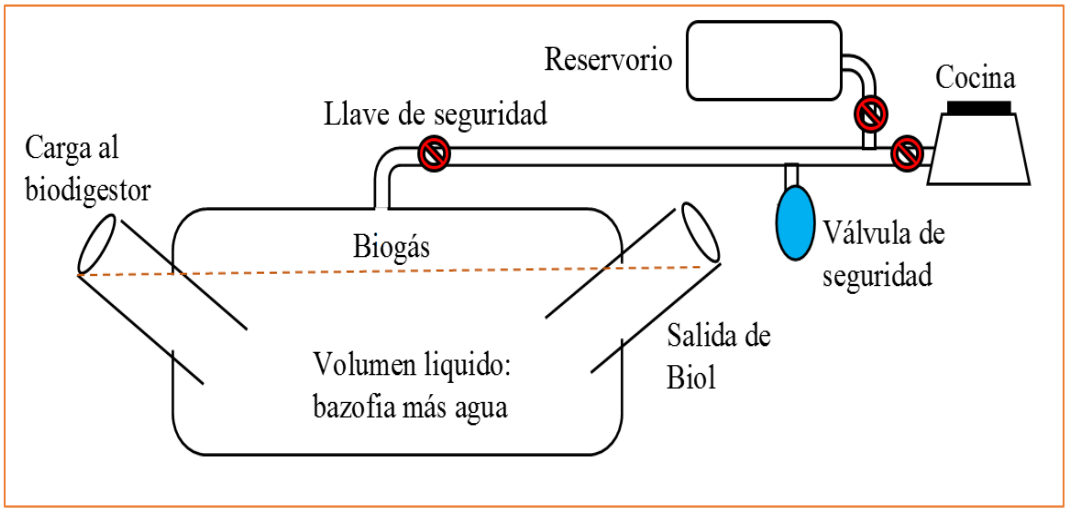
De igual forma, con el dato obtenido se compararon los costos de producción y el precio de ventas con los que se establecieron si económicamente es una alternativa viable para el tratamiento de residuos orgánicos producidos en un camal.

3.4. Manejo previo

3.4.1. Cálculos para el diseño del biodigestor tubular

Para el manejo previo se ha calculado el tamaño del biodigestor tubular a construir.

Gráfico 1: Biodigestor tubular a construir.



Fuente: *Elaboración propia.*

La cantidad de bazofia y mezcla utilizadas, así como las medidas del biodigestor fueron calculadas previamente a su construcción, como veremos a continuación según Martí (2008, p.25-37):

1) Determinamos la cantidad de contenido ruminal que vamos a utilizar para la producción de biogás, que en este caso son 20 Kg.

2) Estimamos el tiempo de retención que es de 30 días.

- Calculamos el volumen del biodigestor que contiene un 75% de volumen liquido (V_l), un 25% de volumen gaseoso (V_g) y la relación de bazofia - agua será de 1:4.

- Como ya conocemos la relación, entonces la carga diaria será que por cada 20 Kg de bazofia se agregará 80 L de agua, siendo un total de 100 L diarios.

- Según la siguiente fórmula se calcula el volumen liquido ($\boldsymbol{V_l}$):

$$\boldsymbol{V_L = C_d * T_r}$$

Donde:

C_d: Carga diaria.

T_r: Tiempo de retención.

Entonces el volumen del líquido será: 100*30=3000 Litros, esto equivale al 75% del volumen total del biodigestor.

- Luego calculamos el volumen gaseoso (V_g) según la siguiente formula:

$$\boldsymbol{V_g = \frac{V_l}{3}}$$

Entonces el volumen gaseoso será: 3000/3=1000.

– Finalmente, el volumen del biodigestor ($\boldsymbol{V_b}$) será la suma de volúmenes:

$$\boldsymbol{V_b = V_l + V_g}$$

Entonces el volumen del biodigestor será: 3000+1000=4000 L que equivale a $4m^3$.

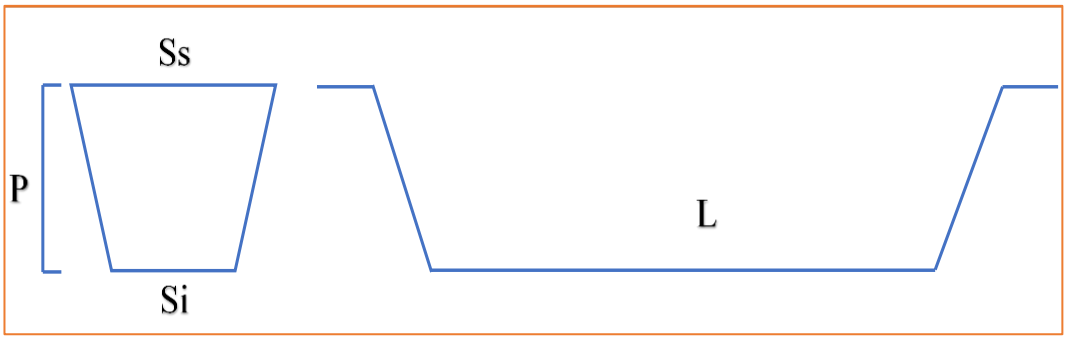
3) Luego de haber calculado el volumen, procedimos a calcular la longitud del biodigestor, ya que este es una manga de plástico amarrada por ambos extremos a una entrada y una salida. El volumen total de este manga equivale al volumen de un cilindro (en metros cúbicos) que se calcula multiplicando pi x r2 x L, siendo pi=3.1416, r el radio del tubo (en metros) y L la longitud del biodigestor (en metros). Lo normal es primero obtener los resultados de pi x r^2 (sección eficaz) para cada uno de los anchos de rollos disponibles, para luego con estos valores, estimar la longitud necesaria para alcanzar el volumen total deseado:

– Para un rollo de plástico de 2 metros de ancho, su radio equivale a 0.64m y su diámetro a 1.28, entonces su sección eficaz será: 3.1416*0.64^2=$1.27m^2$.

- Una vez que conocemos la sección eficaz, el volumen del biodigestor que fue $4m^3$ lo dividimos por la sección eficaz. Entonces la longitud será: 4/1.27=3.15 m.

4) Finalmente conociendo el ancho del rollo, el volumen y la longitud del biodigestor, se procedió a calcular la zanja (Gráfico 2) para el biodigestor. De esta forma se puede emplear las siguientes dimensiones para la zanja. Para un rollo de 2m se utilizará las siguientes medidas:
   - Largo: 3.15 m (L)
   - Profundidad: 1 m (P)
   - Superficie superior: 0.9 m (Ss)
   - Superficie inferior: 0.7 m (Si)

Gráfico 2: Zanja del biodigestor.



Fuente. *Elaboración propia.*

3.4.2. Instalación y operación del biodigestor tubular

1) Una vez que calculamos las medidas y cantidades para la instalación y operación del biodigestor tubular, se procedió a cavar la zanja según las medidas establecidas.

Figura 7: *Zanja para el biodigestor tubular.*

2) Luego se procedió a instalar el biodigestor tubular de polietileno (plástico) y la tubería para la conducción del biogás al reservorio (figura 8).

Figura 8: *Instalación del biodigestor y tubería para la conducción del biogás.*

3) Posteriormente inflamos el biodigestor tubular con dióxido de carbono (CO_2) para asegurarnos que no haya fugas de aire en el biodigestor, para ello nos ayudamos con un tubo de escape de un camión (figura 9).

Figura 9: *biodigestor tubular inflado con* CO_2.

4) Siguiendo los procedimientos llenamos el biodigestor tubular con agua y contenido ruminal, el primer día agregamos 20 Kg de contenido ruminal con 80 L de agua. Los días siguientes se agregó la misma cantidad de agua y contenido ruminal.

Figura 10: *Llenado del biodigestor tubular con contenido ruminal y agua.*

Tabla N° 3: Resumen de los cálculos para el diseño del biodigestor tubular.

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD
Cantidad de contenido ruminal	20	Kg
Tiempo de retención	30	días
Relación para la mezcla (contenido ruminal y agua)	1:4	Kg/L
BIODIGESTOR TUBULAR		
Volumen líquido	3	m^3
Volumen gaseoso	1	m^3
Volumen total	4	m^3
Longitud	3.15	m
MEDIDAS PARA LA ZANJA		
Largo	3.15	m
Profundidad	1	m
Superficie superior	0.9	m
Superficie inferior	0.7	m

Fuente: *Elaboración propia.*

3.4.3. Temperatura

La temperatura promedio de los meses trabajados fue de 12.53 °C, de acuerdo a las medidas tomadas por los propios investigadores durante los 30 días que duró el experimento.

Por otro lado, la temperatura promedio interna de la mezcla fue de 14.78 °C, medida a parir del termómetro instalado en el biodigestor y de las medidas diarias registradas.

3.4.4. pH

Durante los 30 días de digestión anaerobia en el biodigestor tubular, se midió el pH de la mezcla, obteniéndose como valor promedio de pH 7.45, muy cercano al neutro.

3.4.5. Presión

Al abrir la válvula de paso, el anemómetro marco la presión máxima de 0.02 psi que ejerce el biogás.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados

Al culminar el periodo de 30 días se procedió a abrir el biodigestor y medir el volumen de gas producido, para ello, se colocó un globo grande desinflado en la válvula de salida del biodigestor y se abrió la llave de paso, midiendo la presión del gas con la que salía. Una vez que salió todo el gas, se procedió a sellar el globo, para luego medir su volumen.

Para medir el volumen, se colocó un balde graduado lleno de agua conteniendo un volumen de 20 litros; luego se sumergió el globo, provocando la salida de agua, al sacar el globo, se midió el volumen de agua que quedaba en el balde, al comparar el volumen inicial con el volumen final, se obtuvo el volumen del gas.

Para tener una medida más exacta, este procedimiento se repitió cinco veces, luego se encontró el volumen promedio de 0.336 litros, lo que equivale a 0.000336 m^3 de gas.

Una vez obtenido el dato de cantidad de biogás producido se procedió a comprobar la hipótesis planteada. Para determinar si es una alternativa eficiente frente al manejo ambiental se establecieron los siguientes criterios de valoración:

Tabla N° 4: Criterio de valoración

N°	Criterios	Valoración		
		Altamente eficiente (3 Punto)	Medianamente Eficiente (2 Punto)	Poco eficiente (1 Punto)
1	Previene la contaminación orgánica del suelo donde es vertido finalmente el contenido ruminal	X		
2	Previene la contaminación orgánica del curso de agua aledaño al camal		X	
3	Reduce la carga orgánica del agua residual del camal, que va a dar a los colectores	X		
4	Evita la generación de malos olores en los alrededores	X		
5	Evita la emisión de gases contaminantes al medio ambiente, producto de la descomposición de la materia orgánica	X		
6	Evita la presencia de vectores transmisores de enfermedades (insectos)	X		
7	Los residuos pueden ser reutilizados en otras actividades o en otros fines, en especial, como abono orgánico		X	

8	Evita que el contenido ruminal llegue al relleno sanitario	X		
9	Mejora la estética del camal al evitar que los visitantes observen los cúmulos de contenido ruminal que se forman todos los días		X	
10	Brinda una oportunidad de trabajo a personas y/o empresas.		X	
Sub total		18	8	00
TOTAL		26		

Fuente. *Elaboración propia.*

Para determinar el resultado final se utilizó la siguiente escala de valor:

Tabla N° 5: Matriz de valoración

Criterio de valor	Valorización
Poco eficiente	De 0 a 15 puntos
Medianamente eficiente	De 16 a 25 puntos
Altamente eficiente	De 26 a 30 puntos

Fuente. *Elaboración propia.*

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que generar biogás a partir de los residuos orgánicos es una alternativa altamente eficiente como

propuesta de un plan de manejo ambiental para los restos orgánicos generados en el Camal Municipal.

Para determinar si es una alternativa económicamente eficientes se procedió a comparar los costos de producción y el costo de venta del gas, mediante la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Análisis de costos y beneficios

Costo de producción	S/. 1 512.10
Precio de venta	S/. 1.428
Saldo en contra	S/. – 1510.67

Fuente. *Elaboración propia*

Cabe indicar que el precio de venta de gas se calculó de acuerdo al precio de mercado del balón de gas de 10 litros, cuyo precio es de S/. 42.50 por lo que al producirse 0.336 litros se tiene un precio de venta de S/. 1.428

De acuerdo a los datos obtenidos, el saldo que obtenemos entre el costo de producción y el precio de ventas es negativo; por lo que se concluye que económicamente no es una alternativa rentable.

4.2. Discusión

De acuerdo a las conclusiones arribadas en la investigación de Sosa y Laines (2013), Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y producción de biogás, realizado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, se concluye que el uso de biodigestores anaerobios a diferentes escalas tiene resultados benéficos como el aprovechamiento del poder calorífico del biogás, concluimos de igual modo nuestra investigación afirmando que a partir del contenido ruminal si se puede generar biogás, como una alternativa importante para el manejo de los residuos orgánicos generados en el camal.

Comparando nuestros resultados con los obtenidos por Criollo y Guzmán (2014), en su investigación "Elaboración de un biodigestor piloto tubular para la producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno, en una vivienda de la comunidad de Tembo", Riobamba, Ecuador, se tiene que nosotros hemos generado mucha menor cantidad de biogás, siendo la producción de 1.5 m^3 y 0.000336 m^3, respectivamente. Analizando los factores influyentes en estos resultados tenemos el tipo de digestor, el volumen de carga (de 58.3 Kg/día frente a 20 Kg/día), el tiempo de retención (39 días frente a 30 días), la temperatura (de 20 °C a 12.53 °C); entre otras.

Pajares (1989), en su investigación titulada "Evaluación del Potencial Energético de Biomasa para la Producción de Biogás en la Comunidad de Bambamarca Chico". Bambamarca Chico, Cajamarca, obtiene los como datos que el potencial de biomasa producido en la comunidad para la producción de biogás

fue de 1552.92 t/año, generando 60618.00 m^3/año de biogás; haciendo cálculo tenemos que se producen 4.25 t/día de biomasa para biogás que producirían 266.08 m^3/día. Comparando con nuestros resultados, éstos muy superiores, debido a diversos factores como la altitud en la que se realizó el experimento, el primero estuvo ubicado a los 2700 msnm, mientras que el nuestro estuvo ubicado a 2760 msnm, lo que influye en aspectos como la temperatura ambiente; así, mientras que ellos tuvieron una temperatura promedio de 14.4 °C y nuestro experimento estuvo a 12.53 °C. Además, la biomasa utilizada en el primer caso estuvo compuesta básicamente por estiércol de animales, residuos domésticos, entre otros residuos orgánicos, mientras que nosotros solo trabajamos con contenido ruminal, formado especialmente por pastos fermentados, con una carga bacteriana importante.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

- La producción de biogás a partir del contenido ruminal si es una alternativa altamente eficiente para ser considerada en los planes de manejo ambiental, de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca.

- La producción de biogás que se generó utilizando 20 Kg de contenido ruminal diario en el biodigestor tubular y por un periodo de 30 días fue de 0.000336 m^3, equivalentes a 0.336 litros.

- Económicamente no es rentable su producción por su alto costo de producción y la cantidad de biogás producido. Se deben considerar otros aspectos (Climáticos, tecnológicos, técnicos, entre otros) para optimizar los resultados.

- La cantidad de biogás producido no es suficiente para tomarlo en cuenta como una alternativa ecológica adecuada para el plan de manejo ambiental, para ello se tendría que aplicar otro tipo de tecnología más efectiva en la producción de biogás, para logras mejores resultados en cuanto a cantidad y calidad.

5.2. Recomendaciones:

- Una de las alternativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos del camal municipal es la utilización de biodigestores anaerobios para la producción de biogás como fuente de energía, previo a ello se debería hacer un estudio más detallado evaluando los diferentes factores como: el modelo del biodigestor, tecnologías para lograr una temperatura adecuada para la digestión anaerobia, el espacio para la construcción y operación de un biodigestor anaerobio, y lo más importante si es o no rentable económicamente, puesto que ambientalmente es muy significativo para disminuir la contaminación ambiental.

- El primer llenado del biodigestor debe hacerse con gran cantidad de agua, hasta completar su fase líquida mínima requerida, es decir hasta que las tuberías de entrada y salida quedan cubiertas por el agua en el interior del biodigestor, de modo que se produce un sello de agua, que ya no dejará escapar el biogás que se genere. El llenado de la fase liquida puede hacerse en primera instancia solo con agua o a su vez con mezcla de estiércol y agua.

- No llenar la fase liquida si el biodigestor no está bien inflado con aire, pues de otro modo puede quedar el biodigestor con arrugas. Al inflarlo con aire previo a la primera carga se asegura la buena colocación del biodigestor en la zanja.

- Si se carga el biodigestor demasiado, en pocas semanas dejará de funcionar y no producirá biogás, ya que habrá reducido el tiempo de retención hidráulica, y el estiércol no estará suficiente tiempo en el interior del biodigestor como para que las bacterias puedan convertirlo en biogás y biol.

- La implementación de un biodigestor tubular en la zona urbana no es recomendable por las siguientes razones: el poco espacio existente, la luz solar que no llega directamente al biodigestor todo el día, el agua clorada, y finalmente nos es rentable económicamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Acosta, L. y Obaya, M. (2005). La digestión anaeróbica. Aspectos técnicos. Parte I. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XXXIX, núm. 1, 2005, pp. 35-48. ISSN: 0138-6204

Arce, J. (2011). Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicables en las zonas agrarias del litoral. (Tesis de Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana. Sede Guayaquil. Ecuador.

Bustillos, L. Martínez, J. (2008). Los enfoques del desarrollo sustentable. Revista Interciencia: 33, (5), 389-395. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/-pdf/inci/v33n5/art14.pdf

Cotrina, R. y Villanueva G. (2013). *Biodigestores tubulares unifamiliares: Cartilla práctica para instalación, operación y mantenimiento*. Lima, Perú: Soluciones Prácticas.

Criollo, E. & Guzmán, A. (2014). *"Elaboración de un biodigestor piloto tubular para la producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno, en una vivienda de la comunidad de Tembo*", (tesis de pregrado). Universidad de Riobamba, Riobamba, Ecuador.

Corona, I. (2007) *Biodigestores*. (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mexico.

Cruz, C. (2001). *Introducción a la Digestión Ruminal*. (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma de México, México D.F. México.

FAO. (2011). *Manual de Biogás*. Santiago de Chile, Chile.

Gracia-Rojas. J. (2015). Desarrollo sostenible: origen, evolución y enfoques. Universidad Cooperativa de Colombia. Bogotá, Colombia.

Guardado, J. (2007). *Diseño y Construcción de Plantas de Biogás Sencillas*. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial CUBASOLAR.

Hernández, H. (2012). *Diseño de un biodigestor instrumentado electrónicamente para la generación de biogás en casa habitación*, (tesis de maestría). Universidad Autónoma de México, México D.F., México.

Hilbert, J. (2003). *Manual para la producción de biogás*. Instituto de Ingeniería Rural, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. Buenos Aires.

Jaramillo, G. y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. (Tesis de Posgrado) Universidad de Antioquía. Colombia.

Johan, P. (2014). *Los efectos de diferentes intensidades de mezcla durante la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales. Västerås*, (tesis de pregrado) Universidad de Mälardalen. Suecia.

Martínez, G. (2011). *Producción de Biogás a partir de Residuos Sólidos Urbanos* (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Martí, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. La Paz, Bolivia: GTZ-Energía.

Lindbaek, J. (2003). La ética y la responsabilidad social empresarial. Seminario Internacional "Capital Social, Ética y Desarrollo: Los desafíos de la Gobernabilidad Democrática". Caracas, Junio de 2003.

Loayza, E. (2017). Diseño e implementación del plan de manejo ambiental para el mejoramiento de la producción de oro y prevenir la contaminación de la pequeña minería y minería artesanal en la Concesión Taipe Ira Rima. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Pajares, M. (1989). *Evaluación de Potencial Energético de Biomasa para la Producción de Biogás en la comunidad de Bambamarca Chico*, (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Perdiguero, T. (2003). *La Responsabilidad social de las empresas en un mundo global*. Editorial Anagrama, S.A., Barcelona, España.

Ramírez, A., Sánchez, J. y García, A. (2004). El desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. México D.F. Universidad de la Salle. Recuperado de: http:// bbibliograficas.ucc.edu.co:2063/lib/ucooperativasp/reader.action?-docID=10113655

Ramírez, G. (Año 2008). Valoración de la producción de biogás durante un proceso de digestión anaerobia con contenido ruminal de origen bovino bajo condiciones de tiempo, carga y temperatura diferenciales (tesis de pregrado). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.

Real Academia Española. (2017). *Diccionario de la lengua española* (22.a ed.). Recuperado de http: //www.rae.es/rae.html

Santander, L., Mejía, L. y López, M. (2015). Desarrollo sustentable y la instrumentación del paradigma en México. México: Universidad de Quintana Roo. Recuperado de: http://bbibliograficas.ucc.edu.co:2068/sciencejournals/-docview/1661320468/9A746B04B9514428PQ/1?accountid=44394

Sosa, J. y Laines, J. (2013). *Degradación anaerobia del contenido gástrico ruminal bovino para la obtención de biogás, en un biodigestor tipo cúpula*. Ingeniería, 17(1), 57-65.

Trillos, E. (2007). Contenido Ruminal de Bovino. Revista electrónica de Medicina Veterinaria REDVET.

Vela, A. y Carrión, G. 1984. Energías no convencionales. Manual de Silvo Agropecuario. Cajamarca, Perú: UNC.

Verástegui, M. y Mateo, M. (1979). *Producción de biogás a partir de desechos orgánicos*. Lima, Perú: ITINTEC.

LISTA DE ABREVIATURAS

AID	**:**	Agencia Internacional de Desarrollo de los EE.UU.
CIPENC	**:**	Centro de Investigación y Promoción de Energías No Convencionales.
FAO	**:**	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
SENAMHI	**:**	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
TAAR	**:**	Tecnología Apropiada al Ámbito Rural.
UNICEF	**:**	El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.
EPA	:	Environmetal Protection Agency. Agencia de Protección del Medio Ambiente.

GLOSARIO

- **Bazofia (contenido ruminal):** es un subproducto originado del sacrificio de animales, se encuentra en el primer estómago del bovino en el cual al momento del sacrificio contiene todo el material que no alcanzo a ser digerido. Es una mezcla de material no digerido que tiene la consistencia de una papilla, de color verde oscuro y olor característico muy intenso cuando está fresco, además posee gran cantidad de flora y fauna microbiana (Ramírez Sánchez, GC. 2016).

- **Biogás:** Gas obtenido por la degradación anaerobia de residuos orgánicos mediante bacterias, que se puede utilizar como combustible. (Real Academia Española, 2017).

- **Biomasa:** Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. (Real Academia Española, 2017).

- **Biol:** abono fertilizante natural. (Real Academia Española, 2017).

- **Biodigestor:** es un sistema mediante el cual se genera un ambiente adecuado para que la materia orgánica se descomponga con ausencia de oxígeno. (Real Academia Española, 2017).

ANEXOS

Anexo 1: Materiales y Presupuesto utilizados

Tabla N° 7: Materiales para la construcción biodigestor.

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN BIODIGESTOR			
Cant.	**Descripción**	**Precio Unitario (s/.)**	**Total (s/.)**
4	Llaves de bola ½”	6.9	27.6
5	Tubería de PVC ½”	8	40
4	Codos de PVC ½”	1	4
4	Te de PVC ½”	1	4
2	Teflón	2	4
2	Codo metálico ½”	2	4
2	Tubos metálicos ½”, 12cm	18	36
2	Tubos metálicos ½”, 7cm	15	30
3	Tubería PVC 6”	22	66
1	Liga de neumático	10	10
32	Polietileno tubular	6	192
20	Carpa solar	10	200
90	Movilidades	4	360
1	Gastos extras	100	100
1	Traslado del Contenido ruminal (20 Kg/día, durante un mes)	20	20
80	Litros de agua	0.0045	4.5
MANO DE OBRA			

2	Hombres para excavación de zanja	100	200
3	Hombres para instalación de biodigestor	50	150
2	Hombres para construcción de invernadero	30	60
Total			**1512.10**

Fuente: *Elaboración propia.*

Anexo 2: Herramientas utilizadas.

Tabla N° 8: Herramientas para la instalación del biodigestor.

HERRAMIENTAS	OBJETOS
Pico	Construcción de zanja
Palana	Construcción de zanja
Wincha	Toma de medidas
Manguera de nivel	Nivelación de entrada y salida
Nivel	Nivelar la zanja
Sierra	Cortar tubos
Hilo	Amarrar plástico para invernadero
Carrizo	Construcción invernadero

Fuente: *elaboración propia.*

Anexo 3: Temperaturas marzo – abril 2018

MARZO 2018			
Fechas	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Promedio Diario
20/03/2018	16.70	9.80	13.25
21/03/2018	15.50	10.10	12.80
22/03/2018	14.60	8.50	11.55
23/03/2018	17.10	7.90	12.50
24/03/2018	16.30	7.80	12.05
25/03/2018	16.60	8.20	12.40
26/03/2018	16.30	8.30	12.30
27/03/2018	17.20	9.10	13.15
28/03/2018	14.60	9.90	12.25
29/03/2018	14.90	9.30	12.10
30/03/2018	15.80	9.40	12.60
31/03/2018	16.10	8.30	12.20
		Promedio	12.43

ABRIL 2018			
Fechas	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Promedio Diario
1/04/2018	15.40	10.20	12.80
2/04/2018	16.70	9.80	13.25
3/04/2018	18.60	7.80	13.20
4/04/2018	16.70	10.70	13.70
5/04/2018	16.10	8.70	12.40
6/04/2018	16.30	9.70	13.00
7/04/2018	17.00	8.50	12.75
8/04/2018	15.80	11.30	13.55
9/04/2018	16.30	10.20	13.25
10/04/2018	15.70	9.60	12.65
11/04/2018	16.80	9.50	13.15
12/04/2018	16.00	10.30	13.15
13/04/2018	15.90	9.80	12.85
14/04/2018	14.60	10.50	12.55
15/04/2018	14.70	9.50	12.10
16/04/2018	14.90	8.70	11.80
17/04/2018	13.90	8.80	11.35
18/04/2018	15.20	9.20	12.20
19/04/2018	15.70	10.00	12.85
		Promedio	12.62

Promedio General	12.53 °C

Fuente: *Elaboración propia.*

Anexo 4: Panel fotográfico.

Figura 11: Construcción de la zanja.

Figura 12: Midiendo el nivel de la zanja.

Figura 13: Instalación del plástico para la base del biodigestor.

Figura 14: Nivelación de los tubos de entrada y salida del biodigestor.

Figura 15: Preparación del biodigestor tubular.

Figura 16: Instalacion del biodigestor.

Figura 17: Conexión de camara al tubo de escape del vehiculo para llenar de gas el biodigestor.

Figura 18: Probando biodigestor que no tenga fugas.

Figura 19: Biodigestor sin fugas.

Figura 20: Recolección de contenido ruminal en el camal Municipal de Cajamarca.

Figura 21: Traslado de contenido ruminal.

Figura 22: Preparado de mezcla (contenido ruminal y agua).

Figura 23: Preparado de mezcla.

Figura 24: Agregado de mezcla al biodigestor.

Figura 25: Preparación del invernadero para el biodigestor.

Figura 26: Biodigestor tubular en el invernadero.