UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE EXCRETAS ANIMALES EN LA COMUNIDAD EL CALVARIO, PARROQUIA VERACRUZ.

AUTOR(ES):

Heidy Nathaly Escobar Quevedo

Brayan José Guamán Bravo

DOCENTE - TUTOR:

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	3/5	1. Falta claridad en la redacción, ej: objetivo general y la última línea del resumen.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	1. Cumple criterios, observaciones en el documento adjunto.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	1. Cumple criterios, observaciones en el documento adjunto.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	13/15	1. Cumple criterios generales, pero se puede mejorar, los comentarios al respecto ya se realizaron en el formato 3, en esta versión no se cumple en su totalidad las observaciones realizadas anteriormente.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	1. Cumple criterios, pero se puede mejorar.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	1. Cumple criterios
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	1. Se observan citas que no cumplen normas.
VALORACIÓN TOTAL	89	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89

Atentamente,

Julio César Muñoz Rengifo, Ph.D.
Docente-Investigador
Universidad Estatal Amazónica

Firmado electrónicamente por:
JULIO CESAR MUNOZ RENGIFO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 22 días del mes de febrero de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título presenta claramente la idea principal del trabajo.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	En el resumen se aborda los aspectos relevantes del trabajo dando a conocer el alcance, los objetivos, resultados y la metodología utilizada.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	La introducción desarrolla una visión general desde lo macro hacia lo puntual, respaldando con argumentos metodológicos y científicos.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	La revisión bibliográfica del trabajo está relacionada con los objetivos propuestos, que además sirven de argumento y respaldo al método utilizado.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	La metodología planteada es apropiada y corresponde al tema y objetivos, que permite un adecuado procesamiento de la información.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	La presentación de los resultados es ordenada y secuencial de acuerdo a la metodología y objetivos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	En las conclusiones se redacta lo relevante de la investigación y mantiene coherencia con los objetivos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	Cumple con la normativa.
VALORACIÓN TOTAL	90/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**90/100**

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDISON OSWALDO SAMANIEGO GUZMAN

Dr. Edison Samaniego Guzmán PhD.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 22 días del mes de febrero de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 31 de enero 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Brayan José Guamán Bravo, con C.I.1501110959, con el Tema: “Diseño de un Biodigestor de excretas animales en la Comunidad El Calvario, Parroquia Veracruz””, de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Miguel Ángel Enríquez Estrella, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 7 %, Informe generado con fecha 31-01-2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg.

Curiginal

Document Information

Analyzed document	ARTICULO 31-1-2022 (1).docx (D126719734)
Submitted	2022-02-01T02:23:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	amb2017050@uea.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	menriquez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://pigtrop.cirad.fr/sp/content/download/6310/37636/file/Efluentes%20Biogas%20Biodigestores%20familiares%20Guia%20de%20dise%C3%B1o%20e%20instalaci%C3%B3n%20Mart%C3%AD%20GTZ%20Bolivia%202008.pdf Fetched: 2022-02-01T02:23:48.0270000	2
W	URL: http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf Fetched: 2020-12-02T17:58:24.3330000	2
W	URL: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24238/1/TRABAJO%20DE%20S%C3%8DNTESIS%20BIODIGESTORES..pdf Fetched: 2020-07-21T17:38:55.8830000	2

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 31 de enero 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante:Heidy Nathaly Escobar Quevedo, con C.I.1600556516, con el Tema: “Diseño de un Biodigestor de excretas animales en la Comunidad El Calvario, Parroquia Veracruz””, de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Miguel Ángel Enríquez Estrella, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 7 %, Informe generado con fecha 31-01-2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg.

Curiginal

Document Information

Analyzed document	ARTICULO 31-1-2022 (1).docx (D126719734)
Submitted	2022-02-01T02:23:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	amb2017050@uea.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	menriquez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://pigtrop.cirad.fr/sp/content/download/6310/37636/file/Efluentes%20Biogas%20Biodigestores%20familiares%20Guia%20de%20dise%C3%B1o%20e%20instalaci%C3%B3n%20Mart%C3%AD%20GTZ%20Bolivia%202008.pdf Fetched: 2022-02-01T02:23:48.0270000	2
W	URL: http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf Fetched: 2020-12-02T17:58:24.3330000	2
W	URL: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24238/1/TRABAJO%20DE%20S%C3%8DNTESIS%20BIODIGESTORES..pdf Fetched: 2020-07-21T17:38:55.8830000	2

Diseño de un Biodigestor de excretas animales en la Comunidad El Calvario, Parroquia Veracruz.

Escobar Quevedo Heidy Nathaly
amb2017034@uea.edu.ec

Guamán Bravo Brayan José
amb2017050@uea.edu.ec

Miguel Ángel Enríquez
menriquez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de Vida, Escuela de Ingeniería Ambiental

RESUMEN

El volumen de excretas producidas en la comunidad El Calvario, son expuestas al ambiente y emanan gases de su descomposición que contribuyen en cierta forma al calentamiento global del planeta. Se planteó el diseño de un biodigestor para mitigar los efectos producidos por la degradación de estos residuos y evitar la filtración de estos componentes hacia las aguas subterráneas que posteriormente son consumidas por la comunidad y generan enfermedades gastrointestinales. Para el diseño del biodigestor nos basaremos en una investigación Documental descriptiva, además de métodos Inductivos y analíticos en donde se utilizará documentos anteriormente realizados para obtener las fórmulas, diseño, dimensiones y materiales adecuados que se utilizará para la implementación del diseño del Biodigestor tubular. Con las cantidades de animales porcinos en la comunidad se pudo determinar la carga diaria de excretas que se va a poseer, a su vez la mezcla que diariamente se carga en el biodigestor dando como resultado 532.15 kg/día, por un tiempo de retención de 29 días, esto se debe a las condiciones climáticas de la zona. Durante este tiempo las bacterias que se encargan de la descomposición de las excretas obteniendo 9,73 m³/día de producción de biogás, también el volumen líquido y solido que se obtiene de dicho proceso.

Palabras claves: Biodigestor, excretas, fermentación, biofertilizantes, biogás.

ABSTRACT

The volume of excreta produced in the El Calvario community is exposed to the environment and gases emanate from its decomposition that contribute in some way to global warming of the planet. The design of a biodigester was proposed to mitigate the effects produced by the degradation of these residues and avoid the filtration of these components into the groundwater that is later

consumed by the community and generates gastrointestinal diseases. For the design of the biodigester we will base ourselves on a descriptive documentary research, in addition to inductive and analytical methods where previously made documents will be used to obtain the formulas, design, dimensions and adequate materials that will be used for the implementation of the design of the tubular Biodigester. With the amounts of pigs in the community, it was possible to determine the daily load of excreta that is going to be possessed, in turn the mixture that is loaded daily in the biodigester, resulting in 532.15 kg/day, for a retention time of 29 days, this is due to the climatic conditions of the area. During this time, the bacteria that are responsible for the decomposition of the excreta, obtaining 9.73 m³/day of biogas production, as well as the liquid and solid volume obtained from said process.

Keywords

biodigester, excreta, fermentation, biofertilizers, biogas.

2. Introducción

Los gases que se producen en el ambiente son el resultado de la descomposición de la materia orgánica de animales y plantas (Cabrera, 2011). Según Rodríguez y Urbina (2012) la utilización de biodigestores contribuye a reducir los efectos negativos que proporcionan las excretas animales, las cuales afectan significativamente al ambiente contribuyendo al calentamiento global, por la emisión de gases como es metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) a partir de la fermentación de la celulosa y el almidón. Kaiser et al. (2002) manifiesta que la digestión anaerobia es una de las soluciones para el tratamiento de los residuos orgánicos que permite aprovechar la biomasa como fuente de energía renovable. Se obtienen compuestos altamente energéticos que pueden ser utilizados para la obtención de energía calorífica, o energía eléctrica (Terashima et al., 2009). Expresan que la digestión anaeróbica es un proceso común para estabilizar y reducir el exceso de lodos biológicos del tratamiento de aguas residuales. Bond y Templeton (2011) sostienen que los digestores domésticos se consideran una tecnología limpia y respetuosa con el medio ambiente que puede ayudar a las comunidades rurales a satisfacer sus necesidades energéticas de iluminación, cocción y electricidad, conduciendo a mejores condiciones de vida.

Barret (2015), menciona que el diseño y construcción del biodigestor en comunidades, instituciones, organismos y áreas rurales, establecen mecanismos que permiten reducir el impacto ambiental de los combustibles fósiles derivados del petróleo, ya que reducen su nivel de dióxido de carbono, que es el principal causante del calentamiento global. Cabrera (2014) sostiene que “El

biodigestor representa una alternativa ecológica de gran valor, pues permite disminuir la tala de los bosques, al no ser necesario el uso de la leña para la cocción" (p. 23). Meller (2013), expresa que es conveniente utilizar el biodigestor en los hogares, pues representa una alternativa energética, que brinda diferentes opciones, las cuales nos permite cuidar el medio ambiente; observándose entre ellas las siguientes:

Disminuye la carga contaminante del vertimiento con una reducción de 60 a 80% de materia orgánica, dependiendo del tiempo de retención y generando algunas ventajas.

Hoy en día la totalidad de la energía es otorgada por fuentes fósiles que incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global y cambio climático, estas emisiones se pueden reducir con el uso de energía renovable (Rivas et al., 2012). La energía de biomasa tiene un potencial de 2635 a 3771 Petajoules (pj) año^{-1}, donde el potencial para biogás es de (35 a 305 PJ año^{-1}) en residuos municipales y de (148-190 PJ año^{-1}) en residuos ganaderos, sin embargo, el potencial de este tipo de energía no se ha explotado en su totalidad (Alemán et al., 2014). Una alternativa de energía limpia para la actividad pecuaria es el biogás por medio de biodigestores, su generación por medio de desechos orgánicos proporciona energía de bajo costo, ingresos adicionales a los agricultores, oportunidades de empleo, energía descentralizada y protección al ambiente, reduciendo la huella de emisiones de gases de efecto invernadero (Rivas et al., 2011).

El objetivo del estudio es diseñar un biodigestor de excretas animales en la comunidad El Calvario, parroquia Veracruz, Provincia de Pastaza. Para lo cual se genera la siguiente interrogante ¿El diseño del biodigestor ayudará a la comunidad en la reducción de la contaminación ambiental?

3. Metodología

El estudio se realizó en la comunidad el Calvario parroquia Veracruz, cantón Pastaza, misma que se encuentra localizada en las coordenadas: 18M (172674.68 m E; 9833075.43 m S), tiene una superficie de 181.3 km^2 (GADMP, 2020).

Tipos de Investigación:

Documental

Manifiesta Baena (2014), la investigación documental se basa en la búsqueda de la respuesta específica, la misma que parte de la indagación de documentos antes realizados o estudios anteriormente hechos. Morales (2003), expresa que este tipo de investigación utiliza

particularmente la fuente primaria, pero no es la única fuente que están obligados acogerla, pues se puede ocupar, documentos escritos en sus diferentes formas o a su vez testimonios de testigos calificados, especialistas.

Descriptiva

Tamayo (2006), tiene como objetivo conocer las situaciones predominantes mediante la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. La investigación radica en describir las características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto el comportamiento de los fenómenos en estudio (Sabino, 2014). Por tal motivo nuestra investigación va a tomar datos de la población porcina, las cuales son esenciales para el diseño de un biodigestor, como es para la determinación de las dimensiones y volumen necesario.

Métodos de Investigación

a. Identificación del sector

La comunidad del Calvario posee familias que se dedican a la crianza de cerdos, y que al no contar con el manejo de desechos se plantea el uso de un biodigestor en la zona.

b. Levantamiento de información

Se identifico 11 familias productoras de cerdos de las cuales se aplicó una ficha de tenencia de cerdos en donde se detalla las diferentes edades, número de cerdos y la proyección trimestral de los mismos.

c. Análisis de la información

Los parámetros para el diseño del biodigestor se enfocan al número de cerdos identificados mediante la ficha de tenencia, y que mediante el autor Braun (2013), proyecta la cantidad aproximada de generación de excretas de cada tipo.

d. Selección y diseño del biodigestor

El biodigestor que se utilizará será de tipo tubular debido a que presenta características de fácil manejo para los pobladores de la comunidad. Los materiales utilizados en la fabricación del equipo son de fácil acceso y económicos, así como también sus mantenimientos.

Se identifico 177.05 kg de excretas, a partir de este peso se calcula el volumen de producción para los cálculos del biodigestor.

Inductivo

Se busca observar, estudiar y conocer las características similares o parecidas, para que de esta manera se puede elaborar una propuesta o ley. Como expresa Abreu (2014), es un "razonamiento ascendente que fluye de lo particular o individual hasta lo general, razona la premisa inductiva es una reflexión enfocada en el fin" (p. 200).

Analítico

Ruiz (2006), manifestó que el método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

Población de Estudio

Como expresa Arias et al. (2016) es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que será parte de la muestra seleccionada, misma que debe seguir criterios existentes. Es importante tener en cuenta cuando se habla de población, no se refiere única ni exclusivamente al ser humano sino a todo lo que se pueda contar como animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, etc.

Criterios de Selección

Cuando se habla de los métodos de selección existen diversos métodos mismo que son aplicados de acuerdo al tipo de investigación que se realice. El método de inclusión según Arias et al. (2016) son todas las características particulares que debe tener un sujeto u objeto de estudio para que sea parte de la investigación. En este caso lo conformaran las 11 familias de la comunidad El Calvario mismas, que se dedican a la crianza de animales porcinos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tenencia de cerdos en la comunidad el Calvario, es de 11 familias que se dedican a la crianza de cerdos, las cuales habitan en la zona central de la comunidad con una distancia promedio de 500 metros lo que permite el acopio de las excretas, tomando en cuenta que en la tabla 1 se detalla la tenencia de ganado porcino en el sector durante el año 2021, generada por trimestres, con una media poblacional de 117 animales, que generan un promedio de excretas de 177.05 kg/día.

Tabla 1

Tenencia promedio de ganado porcino en el sector el Calvario

Media Trimestral					
Meses	Lechones	Madres	Reproductores	Engorde	Total
enero- marzo	65	6	4	40	114
abril- junio	66	8	4	39	117
julio- septiembre	67	9	5	37	118
octubre- diciembre	69	10	5	36	120
Media	67	8	5	38	117

Nota. Se presentan valores promedios (media) de todo el año en rangos de tres meses.

Con los datos obtenidos de tenencia de ganado se procederá a investigar la cantidad de estiércol genera cada tipo de cerdo, lo cual se determina en la tabla 2.

Tabla 2

Producción de excretas según el tipo de cerdo

Etapa	Estiércol kg/día	Estiércol – orina kg/día	Volumen en l/día	Volumen m^3/animal/mes
25-100 kg	2.3	4.9	7.0	0.25
Hembra	3.6	18.0	16.0	0.48
H. lactación	6.4	6.0	27.0	0.81
Semental	3.0	6.95	9.0	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	2.35	5.8	8.6	0.27

Nota. Tomado de Braun (2013).

Con los datos obtenidos de tenencia de ganado porcino se procede a identificar la cantidad de estiércol que se genera por cada cerdo en as diferentes etapas de su desarrollo según se detalla en la tabla 2.

Tabla 3

Producción de excretas según el tipo de cerdo

Etapa	Estiércol kg/día[a]	Media de tipos de cerdos	Producción de kg/día
25-100 kg	2.3	38	87.4
H. lactación	6.4	8	51.2
Semental	3.0	5	15
Lechón	0.35	67	23.45
TOTAL			177.05 kg/día

Nota: Adaptación de [a]Braun (2013) para la estimación de excretas porcinas.

En relación a estos antecedentes se propuso diseñar un biodigestor tubular "tipo salchicha", este posee características sencillas, económicas, las cuales permiten su implementación y sea más utilizado en las comunidades rurales. Cuenta con materiales flexibles y de fácil manejo, se puede adquirir en lugares donde se comercializa materiales de construcción (Báez y Benítez, 2015).

El equipo suele ubicarse directamente sobre el suelo y en lugares donde las temperaturas son más bajas se hace una fosa que sirva de aislamiento térmico para disminuir el tiempo de retención que en zonas de paramo puede llegar a ser muy extenso. En condiciones normales la producción de biogás deberá empezar luego de tres semanas que se realiza la primera carga de alimentación (Torre y Ruiz, 2008).

Cantidad de la mezcla

Es necesario tomar en cuenta el volumen acuoso presente en la mezcla que permitirá que la degradación se realice sin inconvenientes, hay que tomar en cuenta la relación agua + solidos según se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

Relación estiércol agua según tipo animal

Porciones de Agua		
Bovino	Fresco	1:1
	Seco	1:2
Porcino		1:2
Aves		1:1
Equino		1:2
Desechos humanos		1:1
Desechos vegetales		1:0,5-2

Nota. García (2016).

En base a la tabla 4, se procede a utilizar una relación 1:2. Entonces se ocupará los datos de la tabla 6 que expresan la cantidad de estiércol, misma que será sustituida en la Ec (1), los datos que obtuvimos para los 177.05 kg/día de estiércol se aumentan 354.1 kg/día de agua dando un resultado de 532.15 kg/día de la mezcla que deberemos cargar en el biodigestor.

Cm: Cantidad de la mezcla

$$Cantidad_{mezcla} = producción\ de\ estiercol + (2 * producción\ de\ estiercol) \quad \text{Ec. (1)}$$

$$C_m = 177.05\,\frac{kg}{día} + (2 * 177.05\,\frac{kg}{día})$$

$$C_m = 532.15\,\frac{kg}{día}\ \ Mezcla\ de\ Carga\ Diaria$$

Tiempo de retención:

Toala (2013), manifiesta que el tiempo de retención consiste básicamente en el periodo que necesitan los microorganismos para poder degradar la materia orgánica y de esta manera obtener un producto. Cáceres (2011), sostiene que las bacterias deben tener un tiempo prudente para descomponer la materia orgánica, si no se cumplen las condiciones de temperatura y humedad la velocidad de crecimiento se microorganismos y degradación no será la óptima como se detalla en la tabla 5.

Tabla 5

Tabla de tiempo de retención

Región Característica	Temperatura	Tiempo de retención hidráulico
Trópico	30 °C	30 días
Valle	20 °C	40 días
Altiplano	10 °C	60 días

Nota. Parámetros ambientales establecidos por Herrero (2008).

En base a la información de la tabla 7 se hizo una interpolación para poder determinar el tiempo de retención (TR), tomando en cuenta que la comunidad El Calvario tiene una temperatura promedio anual de 30 °C, por lo cual se reemplazara el número de días correspondiente a dicha temperatura en la Ecuación 2.

$$y = -1.5x + 73.33 \qquad \text{Ec. (2)}$$

$$y = -1.5(30) + 73.33$$

$$y = 28.33\ días \cong 29\ días$$

Volumen líquido:

Según manifiesta Herrero (2008), "El volumen liquido de un Biodigestor será el resultado de multiplicar la mezcla diaria de carga por el tiempo de retención" (p.29). El Biodigestor tubular dependerá de la carga diaria de materia que ingrese misma que va hacer descompuesta por bacterias en un tiempo considerado dependiendo la temperatura y lugar en el que se encuentre el equipo.

Dónde:

VL: Volumen de la fracción líquido.

TR: Tiempo de retención en días.

Cd: Carga diaria en Kg/día

(Barzallo, 2018)

$$V_L = \mathrm{C_d} * \mathrm{T_R} \qquad \text{Ec. (3)}$$

$$V_L = 531.15 \frac{kg}{día} * 29\ días$$

$$V_L = 15403.35\ kg = 15403.35\ L$$

$$V_L = 15.40\ m^3$$

Volumen del gas:

El interior del biodigestor se encuentra compuesto por un 75% de sólidos y líquidos (mezcla de excretas con agua), al estar sometido a un proceso anaeróbico (en ausencia de oxígeno), los gases que salen de esta descomposición representan el 25% restante del interior del Biodigestor, dando como resultado que el volumen de Gas es igual a un tercio del volumen del líquido (Herrero, 2008).

Donde:

Vg: Volumen que ocupa la fase gaseosa

0.25: Porcentaje que ocupa la parte gaseosa

0.75: Porcentaje que ocupa la parte líquida

VL: Volumen líquido

(Herrero, 2015)

$$V_g = \frac{0.25}{0.75} * V_L \qquad \text{Ec. (4)}$$

$$V_g = \frac{0.25}{0.75} * 15.40\ m^3 = 5.13\ m^3$$

Volumen total de biodigestor

Para este cálculo se puede realizar la aplicación de la ecuación:

VT: Volumen total

VL: volumen del liquido

Vg: volumen del gas

(Barzallo, 2018)

$$V_T = V_L + V_g \qquad \text{Ec. (5)}$$

$$V_T = 15.40\ \text{m}^3 + 5.13\text{m}^3$$

$$V_T = 20.53\ m^3 \cong 21 m^3$$

Producción de Biogás por día

Para conocer la cantidad total de energía se debe tomar en cuenta los valores la tabla 6:

Tabla 6

Producción de Biogás

Tipo de estiércol	Producción de Gas/kg de Estiércol
Ganado Vacuno	22 – 40
Cerdos	40 – 60
Aves de corral	65,5 – 115
Humano	20 – 28

Nota. Tomada de Moreta (2013).

Para este estudio se tomará en cuenta la producción de biogás en ganado porcino, generando un intervalo de 40 a 60 kg, tomando en cuenta un valor promedio de 50 kg para el cálculo, donde:

Pb: producción de biogás

Pb: Producción de biogás

1kg/día=50L

$$P_b = 177.05 \frac{kg}{día} * \frac{50L}{1\ kg/día} \qquad \text{Ec. (6)}$$

$$P_b = 8852.5\ L$$

$$P_b = 8.85\ m^3$$

Margen de seguridad

Según expresa Liliana (2018), el margen de seguridad ayuda para las repentinas variaciones al momento de la producción de biogás diaria, considerando un margen de 5-10% como se expresa en la Ecuación 7. El biogás producido está compuesto por diferentes niveles de nutrientes, los cuales están identifican en la tabla 7 con sus respectivos porcentajes.

Pbseg: Producción de biogás con margen de seguridad

Pb: Producción de biogás

Margen de seguridad: 10% (0.1)

$$P_{bseg} = P_b + P_b * 0.1 \qquad \text{Ec. (7)}$$

$$P_{bseg} = 8.85\ m^3/día + 8.85\ m^3/día * 0.1$$

$$P_{bseg} = 9.73\ \frac{m^3}{día}\ Producción\ de\ biogas$$

Tabla 7

Rango de niveles de nutrientes en diversos residuos de origen animal y vegetal

Materia Prima Excretas	C (%)	N (%)	P_2O_5(%)	K_2O (%)	CaO (%)	MgO (%)
Bovino	17,4 – 40,6	0,3 – 2,0	0,1 – 1,5	0,10	0,35	0,13
Porcino	17,4 - 46,0	1,1 – 2,5	0,4 – 4,6	0,30	0,09	0,10
Caprino	35,0 – 50,0	1,0 – 2,0	0,2 – 1,5	2,30		
Equino	35,0 - 52,0	0,3 – 0,8	0,4 – 1,6	0,35	0,15	0,12
Ovino	35,0 – 46,0	0,3 – 0,6	0,3 – 1,0	0,15	0,33	
Conejos	23,0 - 35,0	1,0 – 1,9	0,9 – 1,8	2,10	0,45	0,15
Aves	28,0 – 35,0	1,4 – 2,0	2,0 – 2,8	1,40	0,80	0,48
Patos	29,0 - 41,0	0,6 – 0,8	1,0 – 1,5	0,40	0,80	
Pavos	17,4 – 41,0	0,6 – 0,8	0,5 - 0,8	1,10	0,80	
Humanas	2,5	0,8 – 1,0	0,5	0,30		

Nota. Tomada del Manual de Biogás (2011).

Se debe tener en cuenta que el cálculo de la capacidad instalada del equipo partió de un análisis del volumen de excretas generadas diariamente de estiércol porcino producido como Braun (2013), expreso que existe diferente volumen de producción de excretas dependiendo el tipo de cerdo (lechos, engorde, hembra, hembra lactancia o semental), dando como resultado 177,05 kg/día de estiércol. Con este dato partimos para determinar la cantidad de agua que debemos incorporar con el estiércol producido, García (2016) sugiere la relación 1:2 para animales porcinos misma que por cada 1kg de estiércol se ocupara 2 kg de agua obteniendo 532.15 kg/día de mezcla que se cargara en el biodigestor.

Dicha carga tendrá que estar sometida por un tiempo determinado, este tiempo de retención dependerá del lugar y temperatura en el que se encuentre el biodigestor. La comunidad El Calvario se encuentra dentro de la región Trópico por lo cual Herrero (2008) sugiere un tiempo de retención de 30 días para que las bacterias degraden la materia orgánica, este valor se reemplaza en la Ecuación (2), dando como resultado que el tiempo de retención para la cantidad de estiércol que posee la comunidad es de 29 días. Con el tiempo de retención obtenido se determinará el volumen liquido del Biodigestor, Barzallo (2018) nos presenta una Ecuación misma que al reemplazar

valores nos da como resultado que el volumen liquido de 15,40 m^3, de igual manera Herrero (2015), en la ecuación que nos proporciona da 5.13m^3 de volumen de gas. Barzallo (2018), expresa una ecuación que ayudara a determinar el volumen total del biodigestor dando como resultado 21 m^3, para la determinación de producción de Biogás por día se tomara en cuenta la tabla de Moreta (2013) en donde para animales porcinos existe un intervalo de 40 a 60 kg de producción de biogás, para reemplazar en la Ecuación (6), se sacara una media misma que equivale a 50 kg, en donde da como resultado una producción de 8.85 m^3. Este valor debe ser sujeto al margen de seguridad en donde Liliana (2018) manifiesta mediante la Ecuación (7), sería la producción diaria del biodigestor de 9,73 m^3/día, tomando los datos de la composición química de este elemento del manual Biogás (2011) están establecidos de la siguiente forma Carbono (3.08m^3/día), N(0.17m^3/día), P_2O_5(0.24m^3/día), K_2O(0.029m^3/día), CaO (0.0087m^3/día), MgO (0.0097m^3/día).

Producción de Bioabono por día.

Según Herrero (2008) en el proceso de la fermentación se perdió una fracción de sólidos totales. El estiércol fresco tiene entorno a un 17% de sólidos totales. El rango puede variar de 13 a 20%. Los sólidos totales representan el peso del estiércol una vez seco y por tanto es la carga real de materia sólida que se estará introduciendo en el biodigestor.

$$Bioabono = Carga\ Diaria\ de\ escretas\ en \frac{kg}{día} - (Carga\ Diaria\ de\ escretas\ en \frac{kg}{día} * 0.17) \quad \text{Ec. (8)}$$

$$bioabono = 177.05 \frac{kg}{día} - (\frac{177.05 kg}{día} * 0.17)$$

$$bioabono = 146.95\ kg/día$$

Producción de biol

Según Herrero (2019), nosotros al estar diseñando un biodigestor tubular todo va relacionado a la gravedad, por lo cual si es cargado dicho biodigestor con estiércol más agua por la entrada tendremos la misma cantidad de biol por la salida.

Diseño del biodigestor

De acuerdo a los datos obtenidos se determinó que el volumen es de 21m^3, por lo cual se va a utilizar un rollo de 2.5 m de ancho, el cual se encuentra disponible en el mercado como lo muestra la tabla 8.

Tabla 8

Longitudes mínima, máxima y óptima de biodigestores tubulares según circunferencias

Circunferencia (m) [a]	Ancho de rollo (m)[a]	Radio (m)[a]	Diámetro (m)[a]	Longitud biodigestor tubular					
				mínima (m)	Volumen (m^3)	máxima (m)	Volumen (m^3)	óptima (m)	Volumen (m^3)
2	1	0.32	0.64	3.2	1.02	6.4	2.05	4.8	1.54
3	1.5	0.48	0.95	4.8	3.47	9.5	6.87	7.2	5.21
4	2	0.64	1.27	6.4	8.23	12.7	16.34	9.5	12.22
*5	2.5	0.80	1.59	8.0	16.08	15.9	31.96	11.9	23.92
6	3	0.95	1.91	9.5	26.9	19.1	54.15	14.3	40.54
7	3.5	1.11	2.23	11.1	42.96	22.3	86.31	16.7	64.64
8	4	1.27	2.55	12.7	64.35	25.5	129.21	19.1	96.78
9	4.5	1.43	2.86	14.3	91.86	28.6	183.73	21.5	138.12
10	5	1.59	3.18	15.9	126.28	31.8	252.56	23.9	189.82
14	7	2.23	4.46	22.3	348.38	44.6	696.77	33.4	521.80

Nota. Tomado de Herrero (2019).

*valores tomados de la tabla para el diseño de un biodigestor

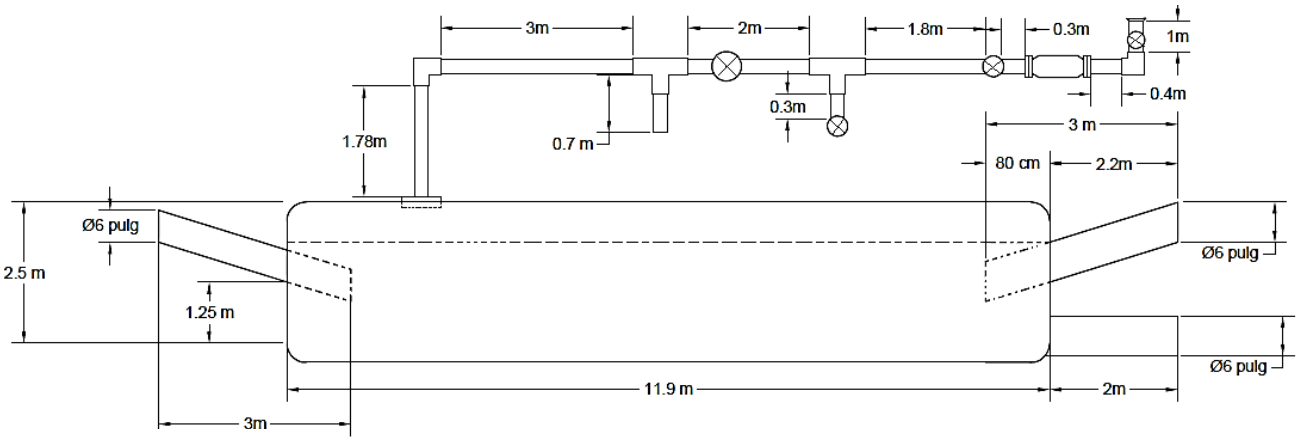

Figura 1
Vista Lateral del Biodigestor Tubular

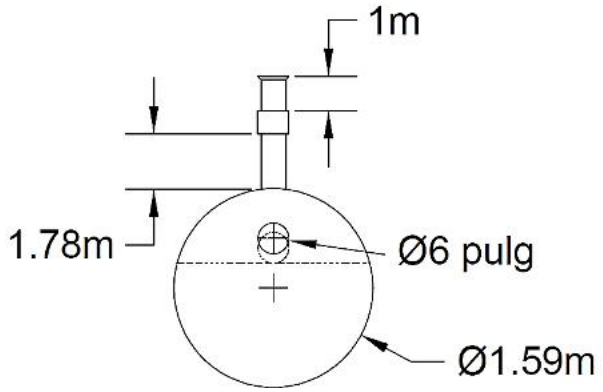

Figura 2
Vista Frontal del Biodigestor Tubular

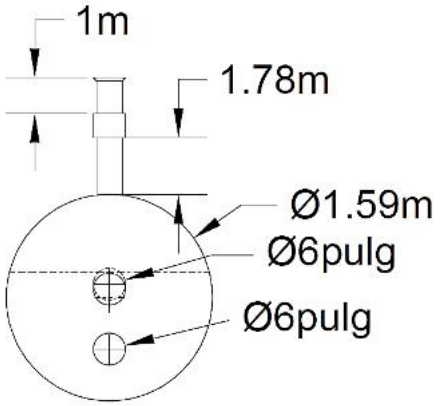

Figura 3
Vista Posterior del Biodigestor Tubular

Materiales

En la tabla 9 se determina los componentes que se van a utilizar para la construcción del biodigestor en la Comunidad El Calvario**.**

Tabla 9

Materiales empleados para la implementación de un biodigestor tipo salchicha

Componente	Comentario	Cantidad
Zanja		
Sacos	Para darle una forma adecuada a la zanja en lugares donde el suelo no lo permita	Los necesarios
Plásticos viejos, lonas o sacos	Se puede formar una "sabana" para que sirva como protección para el biodigestor	Los necesarios
Biodigestor		
Manga tubular	Si utilizara una geomembrana de polietileno de 500 micrones (que viene en láminas de 7 m de ancho) se puede pedir soldar como manga con el diámetro deseado, y se usa una sola capa	Geomembrana de polietileno de 500 micrones soldada de forma tubular, se requiere una sola pieza tubular de longitud igual a la ecuación: Longitud de la manga= (longitud de la zanja +1m+profundidad de la zanja) Longitud de la manga= 22,3m
Tubería de PVC de entrada	Se va trabajar con una tubería de 6" ya que el contenido va hacer estiércol	1.5 metros de largo con 80 cm en el interior del biodigestor
Tubería de desagüe de PVC	Se va trabajar con una tubería de 6" ya que el contenido va hacer estiércol, esto permitirá un mejor amarre con el plástico tubular	Tubería de 3 metros de largo con 80 cm en el interior del biodigestor para la descarga de biol; y una tubería de 2 metros para descargar el bioabono o desechos sólidos.
Liga de cámara de neumático (también llamada boya o	Esta se puede obtener de tubos usados, se debe cortar	Dos cámaras de aro 14 o 16, o también de 30 a 40 m de liga del

tubo)	tiras continuas de 5cm de ancho.	neumático ya cortada
Adaptador de tanque en PVC o polipropileno (también llamado flange, pasamuros o brida)	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso ocuparemos la de 3/4".	1
Tubería de agua	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", se utilizará una de 3/4". Puede ser de PVC, de polietileno o manguera. Se usará para conectar la salida de biogás a la válvula de alivio.	3 metros
Accesorios PVC	Se puede usar de rosca o pega en PVC, o con uniones Flex para manguera.	Los que haga falta para unir el adaptador de tanque con la Tee de la válvula de alivio
Cuerda	Una cuerda plástica mínimo de 1/4".	2.5 veces en metros la longitud del biodigestor
Teflón	Se recomienda usar teflón en la rosca del adaptador de tanque.	1
Válvula de alivio	Elemento que encuentre la conducción de biogás al salir del biodigestor.	Se requiere al menos de una Tee, una pieza de tubería de 30 cm, una botella de 2 litros de refresco vacía, y una llave de paso plástica.
Conducción del biogás		
Tubería de agua	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso se va a ocupar 3/4". Puede ser tubería rígida de PVC	Tantos metros como haga falta para llevar el biogás desde el biodigestor al punto de consumo
Llaves de bola	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso se va	Mínimo 2

	a ocupar 3/4"	
Tee	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso se va a ocupar 3/4"	Mínimo 1
Codo	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso se va a ocupar 3/4"	Mínimo 1
Codo Unión universal	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso se va a ocupar 3/4"	Mínimo 1
Unión universal	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4", en este caso se va a ocupar 3/4"	Mínimo 1
Teflón	Se recomienda usar teflón (10 vueltas) en toda conexión de roscada.	1 o 2, dependiendo de los accesorios de rosca que se usen.
Cocina	Se puede adaptar cualquier cocina de gas considerando disminuir la mezcla con aire y ensanchando el conducto del chiclé o quitándolo.	Se recomienda dos hornillas o quemadores.

5. CONCLUSIONES

El valor de excretas parte de un levantamiento de información generado en la comunidad el calvario donde se identifican un promedio de 117 especies que generan 532.15 kg/día, ocupando un volumen de 21m³, el cual genera 9.73m³/día de biogás (405.42 l/h) con una composición de Carbono (3.08m³/día), N(0.17m³/día), P_2O_5(0.24m³/día), K_2O(0.029m³/día), CaO (0.0087m³/día) y MgO (0.0097m³/día); además de 146.95 kg/día de bioabono útil para la agricultura del sector. El biogás presenta gran versatilidad de usos, como es la cocción de alimentos (consume por hora 300 l/h.), la generación de electricidad mediante generadores especiales que utilizan el gas, además para uso en la calefacción de vivienda o edificios.

El diseño del biodigestor es una alternativa eficaz para reducir las emisiones de metano al ambiente creando una cultura de gestión de residuos, como es la producción de biol y del bioabono que son alternativas orgánicas que nos permite aumentar el rendimiento productivo y mejorar la calidad de los productos mediante la reducción de plagas y enfermedades presente en los cultivos de la zona.

6. REFERENCIAS

Abreu, J. (2014). El Método de la Investigación Research Method. In Daena: International Journal of Good Conscience (Vol. 9, Issue 3).

Alemán, G. S., Casiano Flores, V. H., Cárdenas Chávez, D. L., Díaz Chávez, R., Scarlat,

Arias, J., Villasís, M., & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. 62. https://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/181/309#:~:text=Criterios%20de%20selecci%C3%93n&text=Estos%20criterios%20son%20los%20criterios,sea%20parte%20de%20la%20investigaci%C3%B3n

Atilano. (2012). Manejo de Excretas y Aguas.

Báez, G., & Benítez, D. (2015). Diseño y construcción de un biodigestor tipo campana flotante con la utilización de desechos porcinos para la finca "El Recuerdo." https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11470/3/UPS-KT01209.pdf

Barret, C. (2015). El Biodigestor como alternativa ecológica en la generación de Energía Natural. Ambiente de la Universidad Abierta de Colombia. 19.

Barzallo, L. (2018). Diseño, construcción y estandarización operativa de biodigestor anaerobio para finca productora de leche.

Bautista, V. (2016). Evaluación de la generación de biogás a partir de excretas porcinas en la granja agroinporc y diseño de un biodigestor.

Bond, T., & Templeton, M. R. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. Energy for Sustainable Development, 15(4), 347–354. https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.09.003

Braun, R. (2013). Eliminación mediante impactos ambientales positivos de estiércoles y purínes en las empresas porcinas.

Cabrera, D. (2014). El Biodigestor una herramienta de Vanguardia. Salud y Ambiente de la Universidad Complutense de Madrid. 23.

Cabrera, J. (2011). Diseño de un Biodigestor para la generacion de biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral.

Cáceres, E. (2011). Producción de biogás. Construcción de un biodigestor. http://imagenes.mailxmail.com/cursos/pdf/7/produccion-biogas-construccion-biodigestor-35587-completo.pdf

Torre, N., & Ruiz Riva, U. (2008). Digestión anaerobia en comunidades rurales. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11627/PFC_Nadia_deLaTorre_Caritas.pdf?sequence=1

García, G. (2016). Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5449/1/124462.pdf

Garrido, J., Flotats, X., Fernández, B., & Palatsi, J. (2009). Biomasa (Tercera edición).

González, A. (2014). Estudios técnicos económico para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas mediante digestión anaerobia.

GADMP. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pastaza 2019-2030.950. https://puyo.gob.ec/wpcontent/uploads/documentos/departamentos/planificacion/pdot/pdot-pastaza-2020-2030.pdf

Herrero, J. (2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.

Herrero, J. (2019). Biodigestores Tubulares. Guía de diseño y manual de instalación.

Herrero, M. (2015). Anaerobic digestion, tubular digester, biogas, low cost technology View project Energy and Buildings, heat transfer models View project. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1048.6242

Kaiser, F., Bas, F., & Gronauer, A. (2002). Producción de biogás a partir del guano animal: el caso de Alemania.

Landín, G. (2007). Tratamiento de excretas de cerdos. 9–1.

Liliana, V. (2018). Propuesta para diseñar una planta piloto que genere biogás y composta, con residuos de la central de abastos de Puebla.

Manual de biogás. (2011).

Meller, P. (2013). Alternativas Naturales como estrategia de cuidado Ambiental (Limusa).

Moreta, M. (2013). Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio La Morita, parroquia de Tumbaco para el año 2012-2013. https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/707/1/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20BIODIGESTOR%20DE%20ESTI%C3%89RCOL%20PORCINO%20PARA%20UNA%20GRANJA%20AGR%C3%8DCOLA%20UBICADA%20EN%20EL%20BARRIO%20LA%20MORITA,%20PARROQUIA%20DE%20TUMBA~1.pdf

Pinos, J., & García, J. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado

por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrocienciencia.

Rivas, L., Alicia, B., Avila, Z., Solis, S., Iram, J., Morales, G., Lerma, S., Morales, M., & Perspectivas De Obtención De Energía Renovable De La Biomasa Del, H. A. (2012). Perspectivas De Obtención De Energía Renovable De La Biomasa Del Estiércol Del Ganado Lechero En La Región Centro-Sur De Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios, 30, 872–885. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14123097009

Rivas Solano, O., Faith Vargas, M., & Guillén Watson, R. (2011). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. Revista Tecnología En Marcha, 23(1), pág. 39. https://181.193.125.13/index.php/tec_marcha/article/view/132

Rodríguez, D., & Urbina, A. (2012). Biodigestores: ¿Qué son y cómo construirlos? Programa Regional de Ganadería MAG Grecia.

Ruiz, R. (2006). Historia y evolución del pensamiento científico (Patria).

Terashima, M., Goel, R., Komatsu, K., Yasui, H., Takahashi, H., Li, Y., & Noike, T. (2009). CFD simulation of mixing in anaerobic digesters. Bioresource Technology. 100–107.

Toala, E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf

Toscano, C. (2015). Diseño de un biodigestor anaeróbico para la obtención de biogás, a partir de las excretas de ganado vacuno en el rancho Guadalupe, en el cantón mocha provincia de Tungurahua en el año 2015.

Valdivia, T. (2000). Uso de Biogás para la generación de energía eléctrica mediante un motor gasolinero estacionario modificado.

Villaraldo, L. (2018). Balance energético comparativo del proceso de generación de biogás a partir de un lodo residual y un lodo residual pretratado. http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/288/Laura_Villaraldo_Falf%c3%a1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1: MARCO TEÓRICO

Comunidad El calvario

La provincia de Pastaza consta de 14 parroquias una de ellas es la parroquia Veracruz, que se encuentra delimitada por la Parroquia 10 de agosto, Canelos, El triunfo, Puyo y Tarqui. Además, consta de 9 comunidades entre una de ellas El calvario, según el último Censo de Población y Vivienda del 2010 en el Ecuador se registra que en la parroquia Veracruz existe 1758 habitantes, distribuida su mayor población en la parte rural, es decir en las 9 comunidades existentes con un valor de 895 habitantes, los cuales se dedican a la crianza de ganado para la producción de leche en la parte alta de la provincia (1000m.s.n.m), y en la parte baja, ganado de engorde para carne, las razas de mejor adaptación son: Holstein, Brown Swis, jersey, Charoleis y Simental, cabe indicar que la producción y productividad son bajas. Actualmente se registra 1623 ganaderos y 8 organizaciones ganaderas. (Pastaza P.D.O.T, 2017)

Según el GADMP (2020) la comunidad El Calvario consta de 85 habitantes aproximadamente con una tasa de crecimiento anual de 6.77% (Pastaza G.A.D.M, 2015), el clima en esta comunidad oscila entre los 21°C a 23°C, más del 80% se dedica actividades campesinas.

Biodigestores

Es un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor) dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar en determinada dilución de agua para que se descomponga por microorganismos, produciendo por un lado gas metano y por otros fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fosforo y potasio (Valdivia, 2000)**.**

Los biodigestores son importantes para lograr el desarrollo rural de los países subdesarrollados al permitirles satisfacer la demanda energética y brindarles un medio eficiente en el manejo de sus residuos humanos. En general reducir el índice de emisiones de gases de efecto invernadero.

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 aerobio. Los microorganismos metanogénicos cumplen la función de enzimas respiratorias, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con la enzimática de células aeróbicas. De esta manera, los residuos orgánicos se transforman

completamente en biogás (Toscano, 2015).

Excretas Animales

Las excretas son el resultado de la transformación de los alimentos en el aparato digestivo de los animales, luego de ser consumidos. Dando como resultado la materia fecal, en donde hay microbios, parásitos y huevos de parásitos que causan enfermedades muy graves e incluso algunas de ellas son mortales (Atilano, 2012).

Las excretas de animales causan impactos ambientales, tales como la producción de gases de efecto invernadero, exceso de nutrientes en los suelos de cultivo y la eutrofización de agua, todo esto dependerá en gran medida la alimentación y el manejo del estiércol.

El nitrógeno y fósforo son componentes inorgánicos que están contenidos en las excretas, por lo que es necesario conocer sus concentraciones ya que el método de fertilización, velocidad de descomposición y otros factores de riesgo como contaminantes, dependerán de éste (Pinos y García, 2012)**.**

Excretas de Cerdos

Manifiesta Bautista (2016), que los residuos en las explotaciones porcinas están formados por las excretas de los restos de comida, agua de lavado y bebederos, todo combinado se llama purínes, el purín contiene aminoácidos, lípidos, proteínas, hidratos de carbono, urea y compuestos azufrados, así como el elevado contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio y micronutrientes como el hierro, cobre, magnesio y zinc.

Según manifiesta Villaraldo (2018) en estudios se ha revelado de que la orina y las heces representan un 45% y un 55% respectivamente de excretas, en donde la mayor cantidad el 90% de solidos se ubica en las heces de los cerdos y el 10% restante en la orina en donde se puede encontrar los minerales, potasio, fosforo y amoniaco-nitrógeno.

Las cantidades de excretas que emiten estos animales va a depender de diversos factores como expresa Landín (2007) la edad del animal, sexo, madurez fisiológica, cantidad y calidad del alimento ingerido, volumen del agua consumida, clima y otros factores menos importantes.

Digestión Anaerobia

Es un proceso biológico en el que la materia biológica del residuo, en ausencia de oxígeno, se degrada o descompone por la actividad de unos microorganismos específicos transformándose en un gas de un elevado contenido energético o “biogás” y en otros productos que contienen la mayor parte de los componentes minerales y compuestos de difícil degradación que se denomina “lodo” (Garrido et al., 2009).

Según manifiesta González (2014), la digestión anaeróbica de obtiene en cuatro etapas,

que son:

- **Etapa Hidrolítica**: Se produce la degradación de los compuestos orgánicos complejos (lípidos, proteínas de carbono y compuestos inorgánicos) produciendo la despolimerización por acción de las enzimas hidrolíticas en moléculas más simples y fáciles de degradar.
- **Etapa Acidogénicas:** Compuestos resultantes de la etapa hidrolítica serán fermentados por microorganismos y bacterias, formando a ácido acético (CH_3-COOH), hidrogeno (H_2) y dióxido de carbono (CO_2), y en menor cantidad acido orgánicos.
- **Etapa Acetogénica:** lo resultante de la etapa acidogénica se transformará por las bacterias acetogenéticas en alcoholes, ácidos grasos, ácidos volátiles, junto con hidrógeno y dióxido de carbono que por acción de las bacterias homoacetogénicas lo transforman en ácido acético
- **Etapa Metanogénica:** Es la transformación de los compuestos originas durante la fase de acidogénesis en productos finales de estructura molecular sencilla, teniendo principalmente metano y dióxido de carbono en más del 99% del gas total y en menor cantidad amoniaco, sulfuro de hidrogeno y materia orgánica resistente denominado biol.