



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por
Ganado Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque,
2015.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Víctor Martín Sánchez Sánchez

ASESOR

Mg. Herry Lloclla Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

CHICLAYO – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

Mg. Cesar Augusto Arbulú López
Presidente

Dra. Bertha M.Gallo Gallo
Secretaria

Dr. Jose Elías Ponce Ayala
Vocal

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a nuestros docentes de toda la carrera, en quien vemos el entusiasmo y el afán que tiene de enseñarnos, y nos brindaron esa confianza para que sus alumnos entendieran lo que implica estudiar esta carrera, por eso y otras cualidades que se le destacan le dedicamos este presente trabajo y sugerirles que sigan así, manteniendo esa amistad hacia aquellos alumnos que siempre le recordarán sin perder esa humildad...

Y también está dedicado especialmente para todos aquellos que leen y estudian valorando el esfuerzo que hacen sus padres por verlos surgir y salir adelante...

Agradecimiento

Le agradecemos a Dios por habernos permitido llegar a ustedes y brindarles una amplia gama de conocimientos que enriquecerán su formación y cultura ambiental, y también a aquellas personas que nos impulsan y motivan a ser mejores personas cada día.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Víctor Martín Sánchez Sánchez con DNI N° 74020536, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, Julio del 2017

Víctor Martín Sánchez Sánchez

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por el Ganado Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015.”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Víctor Martín Sánchez Sánchez

Índice

PÁGINA DEL JURADO.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
Índice.....	VII
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
I. INTRODUCCIÓN:.....	12
1.1. Problema	32
1.2. Hipótesis.....	32
1.3. Objetivos	32
II. MARCO METODOLÓGICO.....	33
2.1. Variables:.....	33
2.2. Operacionalización de variables:	34
2.3. Metodología:	35
2.4. Tipo de estudio.....	35
2.5. Diseño de investigación.....	35
2.6. Población y Muestra.....	35
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS:	36
III. RESULTADO	36
IV. DISCUSIONES.....	43
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	49

Índice de Tablas

TABLA N° 01: Principales componentes del Biogás.	52
TABLA N° 02: diferencia entre fases acidogénica y fase metanogénica	52
TABLA N° 03: Estiércol producido por las distintas especies animales y rendimiento en gas.....	53
TABLA N°04. Rangos de temperatura para la fermentación anaeróbica RANGOS (°C).	53
TABLA N° 05. Tiempos De Retención (TR)	53
TABLA N° 06: valores de las concentraciones de inhibidores comunes.....	54
TABLA N° 07: composición típica del biogás producido en la digestión anaeróbica.....	54
TABLA N° 08: propiedades de una composición estándar de biogás.....	55
TABLA N° 09: biogás a partir de diferentes substratos	55
Tabla N°10: combustibles típicos y su poder calorífico. Producción de biogás por tipo de material....	56
TABLA N°11: se muestra la cantidad de carga orgánica generada en un día y mes.....	36
Tabla N°12: materiales para construcción del reactor	57
Tabla N°13: materiales para construcción de la válvula de seguridad.....	58
Tabla N°14: materiales para construcción del filtro	59
Tabla N°15: materiales para construcción del quemador	60
Tabla N°16: materiales para el pegado y hermeticidad en la implementación del biodigestor	61
TablaN°17: La producción en 26 días de retención en de un biodigestor tubular solo de carga orgánica.....	39
TablaN°18: La producción en 26 días de retención en de un biodigestor tubular de mezcla.	40
TablaN°19: Datos empleados en prueba CHI Cuadrado de Pearson	41

Índice de Figuras:

Figura N°1: El diseño del biodigestor a utilizar	62
Figura N°2: MATERIA ORGÁNICA	63
Figura N°3: Ganado vacuno dispuesto en granjas	64
Figura N°4: Disposición de los residuos orgánicos en sacos para su posterior venta	64
Figura N°5: Disposición de los residuos orgánicos en sacos para su posterior venta	65
Figura N°6 El modelo implementado quedó de la siguiente manera:	65
Figura N°7: Mezcla total de Residuos orgánicos y agua	66
Figura N°8 Los residuos sólidos orgánicos tratados mediante el uso del biodigestor	66
Figura N°9: Observación del Metano	67
Figura N°10: Observación del Biol o abono líquido	67
Figura N°11: Observación del compost	68

RESUMEN

La contaminación generada por residuos orgánicos es un grave problema ambiental que se ha ido originando por la crianza de animales e inadecuado manejo de los residuos orgánicos en zonas urbanas o rurales, dentro de esta idea también interviene el crecimiento urbano el mal ordenamiento territorial y el estilo de vida consumista, todo eso desmerece la calidad de vida de la población, perjudicando directamente su salud y su integridad.

Hoy en día es fundamental lograr perfeccionar tecnologías sostenibles para el tratamiento de los residuos orgánicos que permitan llevar un control sobre el creciente deterioro del ambiente a un bajo costo y en lo posible que se puedan ejecutar con criterios de fácil operación y mantenimiento.

La presente tesis titulada Biodigestor Tubular para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por el Ganado Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015, es trabajada con el fin de conocer uno de los dos procesos para el tratamiento de los residuos orgánicos (aerobio, anaerobio), siendo este último del cual se trata a fondo, lo que se conoce como tratamiento anaeróbico es un proceso biológico con cuatro etapas (Hidrólisis, Acidogénesis, Acetogénesis, Metanogénesis) la cuales se dan en un Biodigestor (hermético) donde se obtiene como productos finales: Metano, Biol, Abono orgánico. Cabe recalcar que todo este tratamiento tiene incidencia significativa en el ambiente, en la salud, en la sociedad y a nivel económico, generando así un desarrollo sostenible, el cual permitirá a las personas mejorar su calidad de vida.

Asimismo, el hecho de no realizar ningún tratamiento en la Asociación de Ganaderos de Lambayeque y siguiendo con el contenido de carga orgánica estándar por cada cabeza de ganado se generan 15 Kg de desechos, convirtiéndose diario un total de 6750 Kg diarios, lo mismo que en un mes aumenta a 202.5 toneladas. Por tal motivo, es que se vio necesario el desarrollo de la presente investigación como alternativa de solución.

La metodología de la investigación es no experimental, donde interviene mucho el análisis objetivo. Este diseño de investigación permite recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único, siendo su propósito describir su incidencia e interrelación en un momento dado.

Palabras claves: residuos orgánicos, biodigestor, tratamiento de residuos orgánicos.

ABSTRACT

The pollution generated by organic waste is a serious environmental problem that has been caused by animal husbandry and inadequate management of organic waste in urban or rural areas, within this idea also intervenes urban growth bad land management and style of consumer life, all this demerits the quality of life of the population, directly damaging their health and integrity.

Nowadays, it is essential to improve sustainable technologies for the treatment of organic waste that allow control of the growing deterioration of the environment at a low cost and, if possible, can be executed with easy operation and maintenance criteria.

The present thesis titled Tubular Biodigester for the Treatment of Organic Residues Generated by the Beef Cattle of the Fund of the Association of Livestock of Lambayeque, 2015, is worked in order to know one of the two processes for the treatment of organic waste (aerobic , anaerobic), the latter being treated thoroughly, what is known as anaerobic treatment is a biological process with four stages (Hydrolysis, Acidogenesis, Acetogenesis, Methanogenesis) which are given in a Biodigester (hermetic) where it is obtained as final products: Methane, Biol, Organic fertilizer. It should be stressed that all this treatment has a significant impact on the environment, health, society and economic level, thus generating sustainable development, which will enable people to improve their quality of life.

Likewise, the fact of not carrying out any treatment in the Lambayeque Cattlemen's Association and following the standard organic load content for each head of cattle generates 15 kg of waste, making a daily total of 6750 kg daily, as well as in a month increases to 202.5 tons. For this reason, it was necessary to develop the present research as an alternative solution.

The methodology of the investigation is non-experimental, where much the objective analysis intervenes. This research design allows to collect data in a single moment, in a unique time, being his purpose to describe its incidence and interrelation in a given moment.

Keywords: organic waste, biodigester, organic waste treatment.

I. INTRODUCCIÓN:

En la problemática ambiental, tenemos que partir de todos los productos consumibles y no consumibles, generan los residuos sólidos; hasta hace unos años atrás la generación de los residuos no se apreciaba a gran escala, hoy es un problema latente, que aqueja a todos los seres vivos de este planeta. La falta de educación, cultura y las distintas costumbres vuelve el hecho de la generación y acumulación de los residuos un hábito imborrable del comportamiento humano.

A pesar de ser los actores principales de esta atrocidad y al mismo tiempo los más afectados, no dejamos de lado nuestro estilo de vida consumista, provocando un complot entre los intereses vitales para nuestra existencia y las falsas necesidades generadas por nosotros mismos y la sociedad en la que vivimos.

Dentro de toda la problemática existen especialistas que en afán de mejorar o hacer frente a este hecho, se dedican a investigar y a buscar posibles soluciones que sean sustentables y sostenibles, llegando a clasificar a los residuos en orgánicos e inorgánicos.

En la presente tesis se tomará específicamente a los Residuos Sólidos orgánicos y al tratamiento mediante una tecnología limpia llamada Biodigestor, que como cualquier tecnología y con el transcurrir del tiempo va mejorando, presentando diseños como el Tubular; que para zonas rurales; como es el lugar de aplicación de esta tesis es de gran importancia para su mantenimiento.

Es por ello que es obligatorio tener conocimiento de los aspectos que competen la implementación y funcionamiento del biodigestor a utilizar, dentro de lo cual, es necesario tener en consideración otras investigaciones realizadas, como por ejemplo BUHIGAS, (2010) en su investigación denominada "Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos", les da una mayor importancia a parámetros como el pH, temperatura y mezclado de las materias dentro del biodigestor. Asimismo, JIMÉNEZ (2012) su investigación menciona que "en los resultados obtenidos la temperatura del medio ambiente y la radiación solar no han afectado la temperatura de funcionamiento del biodigestor, teniendo en cuenta que el biodigestor se encuentra al aire libre y este es de color negro".

RIOS, (2010) en su trabajo "Mejora de las condiciones de vida de las familias porcicultoras del Parque Porcino de Ventanilla, mediante un sistema de biodigestión y manejo integral de residuos sólidos y líquidos, Lima, Perú" señala que el perfeccionamiento e infraestructura de las granjas es un tema fundamental que permite iniciar cualquier proyecto de fabricación de biodigestores, ya sea en el

parque Porcino de Ventanilla o en otro lugar donde se críen cerdos, pues las granjas existentes cuentan con una construcción muy limitada. La instalación de un buen piso en los corrales es esencial ya que permite un buen acopio de las excretas con una óptima disposición para ser dispuestas al biodigestor.

En la investigación de TORO, (2010) menciona que no fue posible evaluar la eficiencia energética que presenta el biogás, debido a que no fue capaz de hacer una combustión continua, por lo que se proyecta como una inquietud para una próxima investigación evaluarla a través de un análisis de la composición del gas que resulta del proceso. Mientras ANCALLA, (2012), desarrollo su tesis de manera exitosa con estiércol porcino, hojas de pecanas y otros residuos vegetales producto de las actividades que se realizan en los mercados, obteniendo así biogás de muy buena calidad.

En la investigación de MEZA, (2010), donde se evaluó la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC, el investigador menciona que “la producción de biogás está directamente relacionada a la temperatura, es decir a mayor temperatura existe una mayor producción de biogás”. A diferencia de USHÑAHUA, (2011), quien estudió la calidad de biogás y biol generados a partir residuos orgánicos domésticos pre-tratados con la técnica del BOKASHI, indica que sus resultados demuestran que los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM al ser combinados con estiércol de vaca son beneficiosos para la producción de biogás, y de biol rico en nutrientes. En ese sentido, este tratamiento dio mejores resultados que el tratamiento solo con estiércol de vaca.

En el caso del diseño del biodigestor ,CARVAJAL, (2014) utilizó un biodigestor anaerobio con el cual produjo biogás a partir de excremento de ganado vacuno en La Finca Los Laureles de La Comunidad Flor Del Manduro, donde la elección de ese tipo de biodigestor se debe a matrices de decisión, optando por el biodigestor de Domo Fijo o “CHINO” el mismo que tuvo una aceptación del 80 %, debido a las características que presentaba a favor y a factores como las condiciones del lugar y su alta eficiencia a través de los años. Mientras que SÁNCHEZ, (2012) empleó un biodigestor tipo tubular para obtener biogás y fertilizantes a base de estiércol de ganado, su elección se debió a que es un biodigestor que presenta un fácil mantenimiento y operación; asimismo, su construcción no demanda de una alta inversión económica.

“Los residuos orgánicos son cualquier materia orgánica obtenida a partir de vegetales o de animales.” LEY GENERAL DE RESIDUOS SOLIDOS, (2000)

En cuanto a los recursos de la biomasa su obtención y utilización ROMERO, (2010) afirma:

“Son los obtenidos de residuos agrícolas y forestales, los desechos sólidos municipales, residuos industriales, terrestres y acuáticos y los productos que se cultivan únicamente con fines energéticos. Los residuos orgánicos pueden ser convertidos a otras formas de energía utilizable y es una atractiva alternativa de petróleo por varias razones. En primer lugar, es un recurso renovable que estos más uniformemente distribuidos sobre la superficie de la Tierra y son fuentes de energía, y que podrían ser explotados usando tecnologías más favorables al medio ambiente. Residuos de la agricultura y la silvicultura, y, en particular, los residuos de fábricas de papel, son los recursos más comunes utilizados como la biomasa para la generación de electricidad y de energía, incluidos en los procesos industriales de calor y de vapor, así como para una variedad de productos de base biológica. El uso de los combustibles líquidos como el etanol y el biodiesel, que está actualmente en derivados principalmente de cultivos agrícolas, está aumentando de forma espectacular.” (p.2, 3)

Dentro de las ventajas para la utilización de los residuos orgánicos TORO, (2010) opina “que son una fuente de energía limpia y con pocos residuos que además son biodegradable y también se produce de forma continua como consecuencia de la actividad humana”. En tanto RIOS, (2010) acota que “los inconvenientes que se tiene al utilizar los residuos orgánicos son que se necesitan grandes cantidades de plantas y, por lo tanto, terreno”

La investigación realizada tiene incidencia ambiental, de salud, energía y económica ya que el tratamiento que se realiza es una solución factible que compete netamente al tema ambiental y de salud, el generar un producto de un “desecho” es fundamental ya que permitirá a las personas de las zonas rurales puedan generar soluciones a los problemas de los vectores de enfermedades y a la dispersión de residuos sólidos que afectan constantemente la salud de las personas.

A un nivel mayor se minimiza el efecto de la contaminación en zonas urbanas y esto a su vez evita la contaminación de las aguas Kársticas de manera significativa. Si nos centramos en zonas rurales, este proceso elimina hasta en un 80% los olores fétidos que provienen de la descomposición de las excretas de los animales y al mismo tiempo generamos una drástica reducción de los vectores generadores de enfermedades, debido a que el daño ambiental es irreversible constantemente se busca alternativas que mitiguen los impactos generados por los residuos antes ya mencionados.

Como solución al dilema que el tratar los residuos orgánicos se presenta a los biodigestores en los cuales se integran los residuos orgánicos y otros materiales a su sistema de producción ya que esos

se pierden y se utilizan de manera inadecuada o se convierten en contaminantes ambientales, por lo tanto, esta tecnología procesa todo esto generando biogás y abono orgánico (biol y abono). Es este último de gran calidad y fácil aplicación cumpliendo con la reducción a gran nivel de los contaminantes.

Según ALFARO, (2012) " Utilizando el estiércol se puede conseguir gas para toda la vida. Administrar adecuadamente los recursos naturales, transformar la materia prima en energía, generar empleo, aprovechando los desechos. Aplicamos el principio de la sostenibilidad".

Según (DISTANCIA, 2006) la Universidad Estatal a Distancia (2006) TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS. "Los materiales orgánicos se someten a dos clases de procesos: Proceso anaerobio y Biometanización."

Proceso aerobio o Compostaje, es el proceso biológico por el cual la materia orgánica es transformada en productos como humus o compost y son utilizados como fertilizantes. El proceso es realizado en presencia de oxígeno y con control de humedad y pH. En compost es obtenido de residuos orgánicos que pueden ser obtenidos de casas y jardines, en el caso de la obtención por casas se debe realizar una separación para que no exista ninguna clase de impurezas (medicinas, sustancias tóxicas) que influyan negativamente en el proceso.

La primera acción a realizar en este tratamiento es el molido y luego se dispone en hileras de dos metros y medio a cielo abierto. Durante su mantenimiento los montículos deben ser volteados periódicamente con la finalidad de permitir la oxigenación y así evitar que fermente anaeróbicamente. Se debe voltear dos veces por semana teniendo en cuenta que la temperatura a su alrededor debe de ser de 55°C y su humedad coila entre el 50% y el 60%, luego del tercer volteo la temperatura debe ser 25°C lo cual indicara que el proceso de fermentación a finalizado. Cuando este proceso culmine ya han debido transcurrir 3-4 semanas, pasando esta cantidad de semanas se debe dejar un lapso similar para que se pueda proceder a su afinamiento para separar cualquier impureza que pudo haber quedado.

Biometanización o proceso anaerobio, es un proceso biológico acelerado artificialmente donde la carga orgánica es degradada en ausencia de oxígeno. El proceso de degradación genera gases siendo el dióxido de carbono y el metano los más abundantes (dependiendo del material degradado). En el tratamiento por medio de los biodigestores se liberan gases que pueden ser aprovechados como combustibles, en cuanto a la intensidad y duración del proceso anaerobio siempre dependerán de factores como la temperatura y el pH del material a degradar.

La digestión anaeróbica (DA) es un proceso multietapas que puede ser resumido en cuatro etapas, siendo esto afirmando por FRIONI, (1999)

“Primero se debe hidrolizar los compuestos de mayor peso molecular, tanto los disueltos como los no disueltos, por medio enzimas (por ejemplo, amilasas y proteasas), en esta primera etapa se hidrolizan polímeros tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, formándose los correspondientes oligómeros y monómeros (azúcares, alcoholes, ácidos grasos, glicerol, polipéptidos, aminoácidos, bases púricas, y compuestos aromáticos). La segunda etapa la llevan a cabo bacterias acidogénicas que transforman los oligómeros y monómeros a ácidos grasos volátiles (ácidos: acético, propiónico, butírico y valérico principalmente). Las bacterias acetogénicas en la tercera etapa transforman los ácidos grasos volátiles (AGV) en ácido acético, para que a su vez las bacterias metanogénicas acetoclastas. En la última etapa, los transforman en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), en esta cuarta etapa participan también las bacterias hidrogenotróficas, que mantienen el equilibrio del hidrógeno (H_2) en el medio, utilizándolo para reducir el CO_2 a CH_4 ”. (p 52)

Según (HERRERO, 2008) en la revista Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares, expresa “Un digestor de materia orgánica o biodigestor en su forma más simple se define como un contenedor cerrado herméticamente e impermeable (reactor), dentro del cual se deposita la materia orgánica a fermentar (excrementos de animales humanos y animales, vegetales, etc.) en determinada dilución de agua para que se descomponga produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio”. (Anexo figura N° 1.)

De esta forma se puede decir que un biodigestor, es un reactor en que se encuentra una tubería de entrada por el cual ingresa la materia orgánica más con agua en la proporción establecida por el investigador (afluente), y una tubería de salida en la cual la materia orgánica ya digerida abandona el reactor (efluente).

En el interior del biodigestor se realiza el proceso de digestión el cual libera energía química que está incluida en la carga orgánica, la que posteriormente se transforma en biogás. El tiempo de merma del componente biológico depende de los microorganismos especiales, de sus temperaturas fetén y del crecimiento. La estructura del biogás varía se modifica con la biomasa utilizada. (Anexo tabla N°1)

El biogás está constituido principalmente por metano, el mismo que le atribuye la propiedad combustible al biogás, un combustible bastante noble y eficiente que puede ser utilizado

directamente.

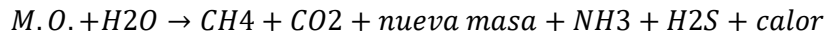
Otro producto generado por la fermentación, es un residuo que contiene una elevada aglutinación de nutrientes y materia orgánica, lo cual lo hace ideal para ser utilizado como abono y puede ser utilizado sin ningún efecto ya que no generara olores ni proliferación de moscas.

Y por último el efluente líquido que se obtiene es de gran calidad ya que mediante el proceso de la digestión se eliminan los agentes perniciosos presentes en las heces, lo que permite que su uso sea apto para cualquier tipo de cultivo

Para la correcta operación y su mantenimiento, un biodigestor debe reunir las siguientes propiedades: hermético, para prevenir escape del biogás o entradas de aire, térmicamente aislado, para evitar cambios violentos de temperatura, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad, deberán tener acceso para el mantenimiento, deberá contar con un medio para romper las natas que se forman.

Es importante el uso de un biodigestor ya que está ligado a la decadencia del ambiente que ha venido aumentando y cada vez más urge buscar medidas de tratamiento del estiércol en los animales, especialmente el procedente de los cerdos y del ganado, el que por su composición tiene mayor impacto negativo en el ambiente y es más difícil de degradar. Como por ejemplo la significancia que tienen los biodigestores tubulares plásticos por su modalidad de edificación y por su bajo precio son una buena elección para integrar las excretas y otros residuos orgánicos a la técnica de producción, ya que normalmente esos se pierden, se mal utilizan o se convierten en contaminantes del ambiente, por consiguiente, en amenaza para la salud de las plantas, animales y del mismo hombre. El proceso de biodigestión es unos métodos eficientes y de bajo costo para la producción de energía renovable y limpia.

En la producción metano es necesario pasar por unos procesos bioquímicos, los cuales se desarrollan en digestión anaerobia, durante este proceso los microorganismos, en ausencia de oxígeno, estabilizan la materia y la transforman en metano y otros productos inorgánicos incluyendo dióxido de carbono conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "lodo" que contiene los componentes difíciles de degradar, siendo la materia prima preferentemente utilizada para someter a este tratamiento es la residual con alto contenido en humedad, generalmente los residuos ganaderos y los lodos de plantas de aguas residuales urbanas:



De que se mantenga el adecuado equilibrio de los organismos responsables de la hidrólisis y de la fermentación, depende el éxito en el arranque de un sistema anaerobio, en el cual interviene en el primer paso y los microorganismos responsables de la metalogénesis. (SAGRARIO, 2007)

Los beneficios del uso del proceso de digestión anaerobia son: Producción de biogás como fuente energética, reducción del potencial contaminante del residuo, eliminación de patógenos y semillas de hierbas, mejoría del valor fertilizante-energético del residuo

Como se mencionó antes la digestión anaerobia contempla procesos o etapas bioquímicos lo cuales están conformados por (Anexo figura N°2)

Etapa Hidrolítica: La materia orgánica que está formada por compuestos orgánicos complejos, como los lípidos proteínas e hidratos de carbono, que no pueden ser utilizada directamente por los microorganismos, a menos que se hidrolicen en compuestos solubles que puedan atravesar la membrana celular. La hidrólisis, es, por tanto, el primer paso necesario para la degradación anaerobia. ANGELIDAKI, (1997)

En esta etapa ANGELIDAKI, (1997) expone que:

las bacterias actúan sobre los componentes orgánicos del sustrato, tales como celulosa, almidones, proteínas y grasas entre otras , transformándolos por hidrólisis en compuestos orgánicos solubles, de esta forma los carbohidratos se convierten en azúcares simples y los carbohidratos complejos tales como polisacáridos, celulosa, lignina, almidón y fibra se convierten en azúcares simples, tales como glucosa, las grasas en ácidos grasos y glicerol y las proteínas se desdoblán en polipéptidos y aminoácidos, liberando también CO₂ e H₂. Posteriormente, esos productos son convertidos en ácidos orgánicos, fundamentalmente butírico, propiónico y acético.

Uno de los principales componentes de la materia orgánica son los materiales lignocelulósicos, compuestos principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa. Los principales productos de la hidrólisis de la celulosa son celobiasa y glucosa, mientras que la hemicelulosa produce pentosas, hexosas y ácidos urónicos.

Las proteínas son hidrolizadas por proteasas en, peptonas, péptidos y aminoácidos, los aminoácidos producidos son degradados a ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y

sulfuro reducido. Generalmente la tasa de hidrólisis de proteínas es menos que la de los carbohidratos. “Ejemplos de las bacterias hidrolíticas son las enterobacterias, bacterias aerotolerantes como las bacterias del ácido láctico, y las bacterias anaeróbicas estrictas como clostridium, bacteroides, propionibacterium y selenomonas. Las enterobacterias como la E.Coli tienen una enzima formiato liasa responsable de la generación de hidrógeno”. ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, (2012)

La hidrólisis depende de variables como pH, temperatura, concentración de biomasa hidrolítica, tipo de materia orgánica y tamaño de partícula esto debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas. El pre-tratamiento físico-químico, cuyo principal efecto es la reducción de tamaño de las partículas, produce un aumento en la tasa de hidrólisis y si esta fase es la limitante del proceso anaerobio, supone un beneficio para el proceso general, produciendo menos tiempos de retención y tamaños de reactores menores. En general la tasa de hidrólisis aumenta con la temperatura independiente del sustrato utilizado, y disminuye cuando existe en la composición del sustrato una alta cantidad de lignina, este compuesto es altamente refractario a la degradación anaerobia, afectando la biodegradación del sustrato.

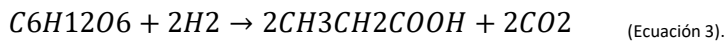
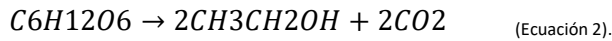
La fórmula química aproximada para los residuos sólidos es $C_6H_{10}O_4$. La reacción de la hidrólisis se analiza tomando como base un azúcar simple, en este caso la glucosa se puede representar por la siguiente reacción: $C_6H_{10} + 2H_2O \rightarrow C_6H_{12} + H_2$ (Ecuación 1).

Las bacterias hidrolíticas o fermentativas son responsables de la generación de monómeros que estarán disponibles para el siguiente grupo de bacterias. La hidrólisis es catalizada por las enzimas excretadas de las bacterias, tales como celulosa, proteasa y lipasa. Si la materia base es compleja, la fase hidrolítica es relativamente lenta. Los carbohidratos, por ejemplo, se utilizan para ser convertidos más rápidamente vía hidrólisis a los azúcares simples ya para ser fermentados posteriormente hasta ácidos grasos volátiles. (AGV)

Después de la hidrólisis continua la acidogénesis, fase en la cual se producen gran cantidad de ácidos. En este proceso, las bacterias acidogénicas transforman los productos de la hidrólisis en ácidos grasos volátiles (propiónico, fórmico, láctico, butírico o succínico), de cadena corta, compuestos orgánicos simples (etanol, metanol, glicerol, acetona) y los alcoholes. Las concentraciones específicas de los productos formados en esta etapa varían con el tipo de bacterias y las condiciones del cultivo, tales como la temperatura y pH.

Las reacciones típicas en las etapas generadoras de ácido se muestran a continuación: en la ecuación

2, la glucosa se convierte a etanol y en la ecuación 3, la glucosa se transforma en propionato. CASTAÑEDA., 2007



Bacterias acidogénicas comúnmente encontradas en los digestores incluyen especies de *Butyrivibrio*, *Propionibacterium*, *Clostridium* spp, *Bacteroides*, *Ruminococos*, *Bifidobacterium* spp, *Lactobacillus*, *Streptococos* y *Enterobacterias*

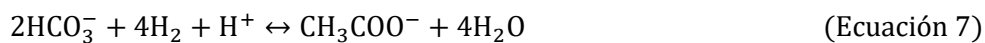
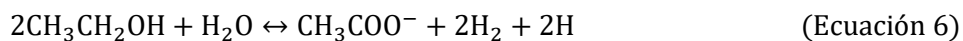
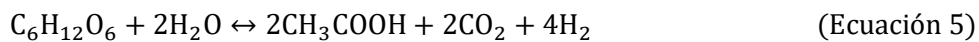
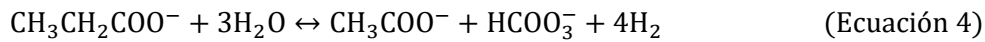
Mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (H_2 y acético), otros (etanol, ácidos grasos volátiles como valerato, butirato, etc. y algunos compuestos aromáticos) deben ser transformados en productos más sencillos, acetato y H_2 , a través de las bacterias acetogénicas.

La etapa siguiente a la acidogénesis se considera a menudo como acetogénesis que inicia en formación ácida. La acetogénesis ocurre como la fermentación de carbohidratos, donde el acetato es el producto principal, además de que generan otros productos metabólicos. El resultado es una combinación de acetato, dióxido de carbono, (CO_2) e hidrógeno (H_2), existiendo un “grupo de bacterias que aportan aproximadamente el 54% del hidrógeno que se utilizara en la formación de metano. La función de estos microorganismos en el proceso de la digestión anaeróbica es ser donantes de hidrógeno, CO_2 y acetato para las bacterias metanogénicas”. (BONMATIET, 2001)

Según (FLOTALS, 2000) Existen dos tipos de microorganismos que producen acetato, “las bacterias Homoacetogénicas capaces de producir ácido acético a partir de hidrógeno y dióxido de carbono, las cuales fermentan el acetato como único metabolito y las bacterias Acetogénicas las que metabolizan los productos terminales de la etapa acetogénica y necesitan asociarse estrechamente a microorganismo consumidores de hidrógeno”. Por otra parte (ANCALLA, 2012) afirma “existen las bacterias sulfato reductoras, este tipo de microorganismos se da por oxidación de compuestos orgánicos, y reducción de sulfatos a sulfuro. Se subdividen en dos grupos: oxidadores completos que producen CO_2 , H_2O y sulfuro, y oxidadores incompletos cuyos productos son acetato, CO_2 y sulfuro”.

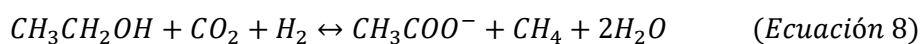
Los ácidos grasos con cadena larga, formados de la hidrólisis de lípidos, se oxidan a acetato o se forma propionato e hidrógeno (Ecuación 4). Otras reacciones en la acetogénesis involucran la conversión de la glucosa (Ecuación 5), etanol (Ecuación 6) y bicarbonato a acetato (Ecuación 7).

Bajo condiciones normales, la presencia de hidrógeno en la solución inhibe la oxidación, es por ello que el hidrogeno es un mediador de trascendencia critica en las reacciones de la digestión anaerobia, por lo tanto, solo ocurrirá una reacción cuando la presión parcial del hidrogeno es lo suficientemente baja para que permita la conversión térmica.



La transición del substrato del material orgánico a los ácidos orgánicos en etapa ácida causa que el pH disminuya “ACUÑA, (2008).” Esto es benéfico para las bacterias Acidogénicas y acetogénicas que prefieren un ambiente levemente acido (pH de 4.5 a 5.5) y son menos sensibles a los cambios en la corriente entrante de la alimentación, pero es negativo para las bacterias implicadas en la etapa siguiente de metanogénesis”.

La etapa metanogénica, finaliza el proceso, y las bacterias metanogénicas degradan los ácidos y alcoholes, obteniendo CH_4 , CO_2 y trazas de H_2O , NH_3 y biomasa. Según ACUÑA, (2008) “esta etapa constituye el paso limitante del proceso de degradación anaerobia. Las bacterias metanogénicas, pertenecen al Reino de las Arqueobacterias, y de acuerdo a los sustratos que pueden degradar, se dividen en: Hidrogenotróficos y Metilótrofos”. (Ecuación 11)



Los microorganismos metanogénicos son los responsables de la formación del metano y por ende pueden ser considerados como los más importantes dentro del proceso de digestión, también eliminan de los grupos el medio anterior, siendo además, los que dan nombre al proceso general de biometanización, fermentación del metano o metanogénesis. Las bacterias metanogénicas forman metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H_2 , CO_2 , formiato, metanol y algunas metilaminas. Los organismos

metanogénicos se clasifican dentro del dominio Archaea y morfológicamente pueden ser bacilos cortos o largos, cocos de varias ordenaciones celulares, células en forma de placas y metanogenos filamentosos, existiendo tanto positivos como gran negativos, todas las bacterias metanogénicas que se han estudiado poseen varias coenzimas esenciales, siendo la misma coenzima M, la que participa en el paso final de la formación del metano. HIBERT, (2008)

Dos terceras partes de estas etapas se derivan de la conversión celacetato (ecuación 8 y 9) o de la fermentación de un alcohol, por ejemplo el metílico (ecuación 10) y el otro tercio es el resultado de la reducción del CO_2 , H_2 (ecuación 11).

En la metanogénesis, los cambios de pH afectan el proceso dado que se prefiere un ambiente neutro a levemente alcalino. Si se permite que el pH baje a 6.5, las bacterias metanogénicas no tendrían posibilidades de desarrollarse. La digestión anaerobia es controlada por metanogénesis ya que las bacterias metanogénicas tienen una tasa de crecimiento mucho más lenta que las bacterias en la acidogénesis. Por tanto, la cinética del proceso entero se puede describir por la cinética de metalogénesis. VEYNA, (2007)

Se distinguen dos tipos principales de microorganismos, los que degradan el ácido acético (bacterias metanogénicas-aceto-clásicas) y los que consumen hidrogeno (metanogénicas-hidrogenofilas). La principal vía de formación de metano (ecuación 8). Con alrededor del 70% del metano producido, de forma general. A pesar de ser esa la vía más importante, solo microorganismos de los géneros methanosarcina y methanothrix son capaces de producir metano a partir de acético. Otros géneros a los que pertenecen microorganismos metanogénicos, es este caso hidrogenofilos, son methanobacterium, methanococos, methanobrevibacter o methanogenium, entre otros. (Anexo tabla Nº 2). (ACUÑA, 2008)

El éxito o fracaso de la digestión anaerobia se refleja en el control de factores que influyen en la misma, si el balance es roto provocaría un desequilibrio entre las comunidad microbianas lo que produciría ausencia de biogás y fertilizantes. FLOTALS, (2000)

Dentro de las materias primas fermentables podemos encontrar excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias, todos los productos que se utilizan para la elaboración de alcohol y algunos efluentes determinados de las industrias químicas, es por ello que se dice que el proceso microbiológico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sin también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores). ALFARO, (2012)

Es común que en las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales presenten las proporciones correctas generando el equilibrio correcto, sin embargo, en algunos desechos industriales es necesario la adición de algunos compuestos o un post tratamiento aeróbico. Un claro ejemplo son las sustancias con alto contenido de lignina que necesitan someterse a tratamientos previos (cortado, macerado compostado) para poder liberar las sustancias factibles de ser transformadas de las incrustaciones de lignina, en lo concerniente a estiércoles animales de la degradación de cada uno de ellos dependerá fundamentalmente del tipo animal y la alimentación que hayan recibido los mismos. ALFARO, (2012)

Existe un sin número de factores que intervienen y hacen muy difícil la comparación de los resultados de los valores de producción de gas, por lo tanto, los valores brindado en la tabla N°01 deben ser tomados como orientativos. FLOTALS, (2000). Dentro de los factores más importantes que influyen el proceso fermentativo tenemos: Tipo de materia prima, la temperatura, tiempo de retención, relación carbono nitrógeno, control de pH, velocidad de carga volumétrica, contenidos de sólidos, agitación y mezclado, bacterias adecuadas, inhibidores.

Con respecto al tipo de materias primas fermentables podemos encontrar a los excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias (Alcoholeras, procesado de frutas, verduras, lácteos, carnes, etc.), restos de cosechas y basuras de diferentes tipos, como efluentes de determinadas industrias químicas. ALFARO, (2012)

El volumen de estiércol producido por las distintas especies de animales es variable con respecto al peso, tipo de alimentación y manejo de los mismos, a modo ilustrativo se expone a continuación un cuadro indicativo sobre cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales de acuerdo al peso y el rendimiento del gas de los mismos. (Anexo Tabla 3). TRINIDAD, (2010)

Como variable de suma importancia tenemos a la temperatura, ya que marca el ritmo de la actividad metabólica de las bacterias en especial en la metanogénesis donde se puede reducir el tiempo de retención para que se complete el proceso, aunque esto implica un control constante ya que al excederse en la temperatura el proceso pierde equilibrio y dejaría de ser rentable, por lo cual es común que los digestores operen en un rango mesofílico. La Tabla 04, muestra valores máximos, mínimos, y óptimos a los cuales pueden operar una fermentación anaeróbica. (Anexo tabla 4.) MEZA, (2010)

Casi todos los digestores comunes trabajan en la gama mesofílica entre los 15 a 33 °C mejorando el proceso entre los 25 y 33 °C. Se debe tener en cuenta que las poblaciones anaeróbicas psicofísicas y

mesofílica pueden ser encontradas en la naturaleza, acumuladas en las zonas pantanosas del estómago de los animales herbívoros CASTAÑEDA, (2007)

En el ambiente natural no es tan fácil encontrar poblaciones termofílicas pero la digestión anaeróbica ocurre en la gama termofílicas entre los 37 a 65°C con una mejora en las proximidades de los 55°C. CASTAÑEDA, (2007)

Para completar la degradación de la biomasa dentro del digestor esta debe estar incondicionalmente relacionada con la temperatura y el tiempo de permanencia (Tiempo de retención Hidráulica THR). Cuando se aumenta la temperatura disminuye el tiempo de retención por consiguiente se obtendrá un menor volumen de reactor para asimilar la misma medida de biomasa CARVAJAL, (2014)

El tiempo de retención es el tiempo que el sustrato está dominado por los microorganismos en el reactor. Se debe tener en cuenta que el parámetro debe estar definido en los sistemas discontinuos (Batch) en donde se tiene que el tiempo de retención encaja con la permanencia del sustrato en el digestor. En los digestores de condiciones estacionarias como los continuos y semicontinuos, el tiempo como variable definida en el reactor discontinuo se sustituye por el tiempo de residencia, el cual se determina como el valor en días del cociente entre el volumen del digestor y el volumen de carga diaria. PALACIOS, (2005)

El tiempo que permanece el sustrato por término medio en el digestor es lo que se refiere al tiempo de residencia. El tipo de sustrato y temperatura del mismo están íntimamente unidos en el parámetro establecido. Si se suma mayor temperatura conllevará a la disminución en tiempo de retención requeridos, y como consecuencia serán menores los volúmenes de reactor necesario para digerir un determinado volumen de material PALACIOS, (2005)

Debido a la continua salida de efluente del digestor separa una determinada cantidad de bacterias que se encuentran en el líquido, el final mínimo de los T.R está dado por la tasa e reproducción de las bacterias metanogénicas. La extracción debe ser proporcionado por los multiplicación de bacterias que están dentro del reactor (Anexo Tabla 5) PALACIOS, (2005)

Por esta causa en los últimos años se ha investigado diseños de cámaras de digestión que intenten lograr grandes superficies internas sobre las que se colocan como una película de bacterias y otros sistemas que obtienen conservar a las metanogénicas logrando así de este modo T.R inferiores.

En el proceso es necesario la relación entre el carbono y el nitrógeno, una fuente de carbono y energía y la existencia de una serie de nutrientes minerales como el nitrógeno, azufre, fósforo,

potasio, calcio, magnesio, etc.; teniendo como principales al nitrógeno con 12% en peso de la célula y fósforo un 2%. Teniendo en cuenta que el nitrógeno debe estar reducido (NH_3 o nitrógeno orgánico) RIOS, (2010)

En el medio a digerir, para el desarrollo de la flora bacteriana debe haber una adecuada relación entre los nutrientes. La relación C/N estar entre 20/1 y 30/1, el contenido de nitrógeno no debe ser muy alto, debido a que la reproducción de bacterias se inhibirá debido a alta alcalinidad. Para relaciones C/N menores, ejemplo 8:1, se inhibe la reproducción bacteriana debido al exceso de contenido de amonio. En el componente de fermentación la concentración de amoníaco debe ser menos de 2000 mg. En cuanto al fósforo el vínculo óptimo es de 150/1. Habitualmente La FORSU (fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos) se logra apreciar los nutrientes adecuados en los residuos ganaderos y los fangos de depuración de aguas residuales. En cambio para la digestión de algunos residuos industriales es necesario el incremento de dichos elementos o un post-tratamiento aeróbico. RIOS, (2010)

Es importante el control de pH en el sistema, debido a que la disminución de este puede generar como resultado la inhibición del crecimiento de las bacterias metanogénicas, esto traería como resultado que disminuya la producción de metano y aumente la producción de dióxido de carbono y consiga los olores desagradables debido al aumento de sulfuro de hidrógeno. CASTAÑEDA, (2007)

Para un crecimiento óptimo los grupos de microorganismos en la degradación anaerobia tienen un rango de pH, los microorganismos acidogénicos es alrededor de 6, los microorganismos acetogénicos y metanogénicos su pH óptimo es alrededor de 7. CASTAÑEDA, (2007)

El pH señala el equilibrio en el sistema y estabilidad del digestor. La desnivelación del pH puede apuntar en dirección de inestabilidad acida por acumulación de AGV (ácido acético, propiónico, butírico) los metanogénicos actúan en un rango de pH entre 6.5 y 8.2, algunos autores indican entre 5 y 8 siendo óptimo 7.0 y 7.2, en el cual los metanogénicos su proceso inhibitorio es de 6.4, debido a que son considerados sensibles a la toxicidad en la degradación anaeróbica. El aumento del pH hasta 8.0 en la metanogénesis puede dar oportunidad a una concentración más alta de amoníaco, lo cual dificulta la acidogénesis. Esto puede cambiar si se alimenta una mayor cantidad de materia fresca, la cual activara la etapa de acidogénesis y se obtendrán la formación de ácidos orgánicos. El aumento de rápido de metano indicara que ha balance en las etapas. CASTAÑEDA, (2007)

En el tratamiento anaeróbico de una sola etapa el pH debe conservar su neutralidad ya que las bacterias acidogénicas también emplean un pH neutro y la etapa metanogénica lo requiere para

producir metano y es normalmente la etapa limitante. CASTAÑEDA, (2007)

El término de velocidad de carga volumétrica es el volumen de sustrato orgánico que se aplica a diario en el digestor. Su valor tiene relación inversa con el tiempo de retención, ya que si se aumenta la carga volumétrica disminuye el tiempo de retención. TORO, (2010)

Si se desea que el proceso sea continuo, un parámetro de control es la carga orgánica; es fundamental definir la cantidad de materia orgánica a agregar de un establecido TRH, de lo contrario si se excede producirá que el proceso se desestabilice a causa de que las bacterias acidogénicas fabricaran ácidos y las metanogénicas no logran consumir estos ácidos a la misma velocidad de producción. La disminución de pH inhibe las bacterias metanogénicas y detiene el proceso DA. La baja producción de biogás en un pH ácido sería un indicador, aunque hay distintos parámetros que pueden ser controlados como la presión parcial de H_2 , existencia bacteriana, contenido de nutrientes, existencia de intermediarios que puedan manifestarse tóxicos, contenido de sólidos y formación de metano. La presencia de estos significaría un alejamiento del equilibrio dando así advertencia de lo que sucede en el proceso, estableciendo etapas de restauración antes de la muerte de muchas bacterias. (TORO, 2010), se conoce distintas formas de expresar este parámetro, los más comunes son: Kg de materia/día; kg de materia seca/día; kg de sólidos volátiles/día todos expresados por metro cúbico de digestor, ya lo antes expuesto se le adiciona que la dilución utilizada se debe tener en cuenta como un factor significativo en este parámetro, ya que la misma cantidad de materia degradable podrá ser cargada con distintos volúmenes de agua.

La medida de contenido de sólidos depende de la movilidad de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato que se ve limitada mediante aumenta el contenido de sólidos, viéndose afectada la eficiencia y producción de gas. Cabe resaltar que en la literatura encontramos datos de producción de gas importantes obtenidas en rellenos sanitarios con un elevado contenido de sólidos. TORO, (2010). En tal punto o existen reglas fijas, cálculos realizados utilizando mezclas de estiércol de animales en agua han señalado que para digestores continuos en porcentajes de sólidos óptimo oscila entre 8% y el 12 %

Mediante la agitación se buscan los siguientes objetivos: remoción de los metabólicos producidos por las bacterias metanogénicas, combinando la población bacteriana con el sustrato fresco, igualar la densidad bacteriana y prevenir la formación de espacios “muertos” sin actividad biológica, para mantener la temperatura homogénea distribuir el calor uniformemente, cooperar con la transferencia de gases y prevenir la formación de espumas o la sedimentación. FRIONI, (1999)

En la elección del sistema, la agitación, la frecuencia e intensidad deberán realizar las siguientes consideraciones: el procedimiento fermentativo implica un equilibrio simbiótico entre distintos tipos de bacterias. La ruptura de este equilibrio en el que el metabolito de un determinado grupo se proporcionara como alimento para el siguiente implicara una merma en la actividad biológica y por lo tanto una reducción en la producción de gas. FRIONI, (1999). Para finalizar en la selección de un establecido sistema se considera siempre tener presente los objetivos deseados como el prejuicio que puede ocasionar una agitación excesiva buscando un punto medio óptimo.

Hay distintos mecanismos de inyectores de gas: La agitación se puede dar mecánicamente o neumáticamente mediante del burbujeo de biogás recirculado a la presión adecuada agitación utilizados desde los más sencillos que se basa en un vado manual o el causado por la entrada y salida de líquidos hasta refinados equipos que comprometen agitadores a hélice, recirculadores de sustrato. Ninguno debe ser violentando porque podría destruir los agregados de bacterias. ANGELIDAKI, (1997) Entre las poblaciones de bacterias metanogénicas y no metanogénicas se debe mantener una proporción adecuada, y esto es garantizado por un inóculo, el cual garantiza el constante valor de pH.

Los inhibidores son una gran cantidad de sustancias que pueden inhibir la digestión anaeróbica. Los porcentajes más favorables de sólidos totales en el medio de fermentación, deben estar entre 5 y 10%, ya que valores de 15% en adelante tienden a inhibir el proceso. Entre ellos, cabe destacar el oxígeno, aunque su efecto inhibitor no es permanente, ya que en la flora bacteriana existen microorganismos que irán consumiendo el oxígeno que pueda tener el medio. Asimismo, si la biomasa es rica en nitrógeno, se puede producir un exceso de amoníaco que inhibe el proceso. “Otros inhibidores son los metales pesados, que actúan sobre los microorganismos metanogénicos. Además, algunas sustancias orgánicas, como antibióticos y detergentes en determinadas concentraciones, pueden inhibir el proceso. Por último, una concentración elevada de ácidos volátiles puede producir un efecto inhibitor” CARVAJAL, (2014). En la tabla 06 se representa los valores de concentración inhibitor de los inhibidores más habituales. Estos valores son orientativos, ya que las bacterias se pueden adaptar con el tiempo a las condiciones más desfavorables. (Anexo tabla 6).

Según USHÑAHUA, (2011) afirma que:

“El proceso de digestión anaerobia en dos etapas tiene los mismos pasos degradativos y cinéticos que la digestión convencional, pero están físicamente separadas, desarrollándose en

la primera etapa las reacciones de hidrólisis de las macromoléculas y fermentación de los monómeros, y en la segunda etapa las reacciones de acetogénesis y metanogénesis”.

En la digestión anaerobia el proceso en dos etapas brinda ventajas que en un proceso convencional las cuales se reflejan en la selección y enriquecimiento de diferentes tipos de grupos de bacterias en cada reactor, además el proceso en dos etapas permite mayor control sobre las variables de temperatura y pH, las mismas que benefician a la producción de ácidos grasos volátiles (metano), siendo normal que se produzca acumulación de AGV contribuyendo en el descenso en el pH, lo cual altera directamente la formación del metano, transformando al sistema en inestable, por otro lado los sistemas de dos etapas o fases, donde la carga orgánica se transforma en biogás es más eficiente obteniéndose en cantidades mayores. USHÑAHUA, (2011)

“Los productos obtenidos son: biogás, mezcla gaseosa de metano (40 a 70%) y dióxido de carbono (30 a 60%), con pequeñas proporciones de otros componentes (nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno) como se muestra en la tabla 05” MEZA, (2010), y cuya composición, depende tanto de la materia prima como el proceso en sí. Aunque la composición del biogás depende de muchas variables, es posible determinar un rango típico de sus componentes. (Anexo Tabla 7 y 8.)

“La materia orgánica, constituye el sustrato fundamental para la producción de biogás. El material de fermentación puede ser de origen animal, vegetal y cocina, sin contenido de jabón, variando su porcentaje de metano según se muestra en la Tabla 9”. (Anexo tabla 9.) MEZA, (2010)

“El biogás es un poco más liviano que el aire y posee una temperatura de inflamación de alrededor de los 700°C (Diésel 350 °C, gasolina y propano alrededor de los 500°C), la temperatura de la llama alcanza 870°C” así lo expresa COFRE, (2001). Entre más largo es el tiempo de retención, más alto es el contenido de metano, y con esto el poder calorífico. Con tiempos de retención cortos el contenido de metano puede disminuir hasta en un 50%. Con un contenido de metano mucho menor del 50 %, el biogás deja de ser inflamable.

“El poder calorífico del biogás es de 5500 Kcal/m³, es decir, 1 m³ de biogás puede reemplazar 0.46 Kg de gas propano, 0.71 Kg de gasolina. Además 1 m³ de biogás equivale a 3 kw-h/m³, todo esto dependiendo del porcentaje de metano existente en el gas” COFRE, (2001) (Anexo Tabla 10.)

Existen algunos parámetros para el diseño y estos son: inicialmente se determina la cantidad de biogás que se desea, requiere o se puede generar, se establece la proporción agua/estiércol, para digestores tubulares (se recomienda trabajar con la proporción (3/1), se calcula la cantidad de lodos

que van a ingresar al digestor diarios, se establece el tiempo de retención, se determina el volumen total de lodos o mezcla. Por otro lado teniendo en cuenta el volumen total de mezcla y la siguiente relación se procede a calcular las dimensiones de la sección trapezoidal, cuyo volumen será igual al volumen total de la mezcla: largo digestor/base mayor = 5-10 (se recomienda 7), base mayor /altura= 1-2, base mayor/base menor=1.3 – 1.5 (se recomienda 1.4). (MARTÍ, 2008)

Calculando las dimensiones de la sección trapezoidal, se procede a dimensionar la sección elíptica, se calcula el volumen que ocupará el gas generado en el digesto se recomienda que sea :total de mezcla/3, teniendo el volumen de almacenamiento de gas dentro del digestor, se procede a calcular las dimensiones de la sección elíptica; posteriormente se calcula el perímetro de la cúpula elíptica, para calcular el radio de la sección transversal de digestor, se procede a sumar el perímetro de la sección trapezoidal con el perímetro de la cúpula elíptica, de esta suma será igual al perímetro de la sección transversal de digestor, teniendo las dimensiones de la sección transversal de digestor, su longitud, ubicada correctamente, las tuberías de entrada y salida de lodos, limpia y del biogás, se procede a su construcción, o se manda a fabricar. (MARTÍ, 2008)

La persona o ser humano, es parte del sistema de biodiversidad sobre la cual actúa interactuando y creando cultura (costumbres), con el paso del tiempo y como resultado de cambio que ocurre en la naturaleza y el desarrollo social, las huellas positivas y negativas que fueron dejando fuero, en el aspecto negativo en su mayoría fue basura, siendo esta misma una respuesta contundente al estilo de vida consumista y del cual dependemos como individuos que pertenecemos a una sociedad que se desarrolla.

En la naturaleza el proceso de degradación de los residuos sólidos (basura) afecta el medio donde vivimos, ahora la pregunta inmediata sería ¿Cuáles son los efectos directos?

Según INPARQUES (1995) establece que:

Los residuos sólidos o basura producen condiciones inadecuadas para la vida al degradar el ambiente, aumentando, así como la presencia de materias tóxicas que pueden generar gases que ocasionan daños a la piel, las vías respiratorias, irritación en los ojos y alergias, aparte de los efectos repulsivos a la vista y al olfato

La basura pues, se convierte en un problema cuando el hombre aparece inocente sobre el impacto de esta, sobre la naturaleza y la sociedad, y ha cobrado gran importancia por los efectos que causan a la salud. El hombre parece que deja de preocuparse sobre el impacto de

esta en la naturaleza y sobre su propio bienestar, a largo y corto plazo, así como en lo cotidiano, lo inmediato. Por otra parte es necesario destacar que la basura es un problema no solo que compete a los ecologistas, científicos o biólogos, sino que también es un problema social. Es uno de los resultados del crecimiento industrial desmedido, es resultado de la creación y seguimiento de ciertos patrones de consumo. (p 86)

La cantidad y la composición de los desechos sólidos que se producen en las diversas regiones del mundo varían considerablemente según las costumbres y el nivel de vida. A medida que una sociedad se industrializa, vienen a añadirse a las basuras domésticas habituales nuevos desechos origen industrial y agrícola, que representan otras tantas molestias posibles y a veces una nueva amenaza para la salud y el bienestar de la humanidad.

Como los desechos son, por lo general, heterogéneos y están sujetos a variaciones estacionales, no se puede abordar de modo uniforme el problema de su evacuación. Cabe distinguir dos categorías universales de desechos: “los Desechos fermentables, que se descomponen rápidamente y los desechos no fermentables, que resisten a la descomposición o se descomponen muy lentamente” (Organización Mundial de la Salud) (OMS, 2002)

OMS, (2012) expresa que:

“América Latina produce aproximadamente 436,000 toneladas de residuos sólidos urbanos. El 50% de ellos aún recibe disposición final inadecuada y la recolección sigue siendo deficiente en barrios marginales de las metrópolis. No hay cifras regionales en cuanto a generación de residuos sólidos especiales y peligrosos. Se estima aproximadamente 1,2 millones de camas hospitalarias, que pueden producir 600 toneladas diarias de residuos hospitalarios peligrosos que requieren de una gestión especial. Sin embargo, pese a que la legislación ambiental vigente en los países prohíbe la disposición final sin el tratamiento previo de residuos especiales y peligrosos, es común que esta actividad se realice conjuntamente con los residuos comunes en muchos de los países de ALC afectando a los trabajadores y contaminando el ambiente”.

Como pieza importante para el desarrollo humano se considera la energía, esto lo expresan instituciones como el Banco Mundial, Naciones Unidas, la Comunidad Económica Europea, el Consejo Mundial de la Energía y otras, y opinan que la energía es un bien común que es necesario promover una mejora en los servicios básicos como alumbrado, agua potable, centros de salud, colegios, comunicaciones y generar un valor adicional en su producción. En la actualidad al

cerca de Actualmente, alrededor de 1.5 billones de personas no tiene acceso a la energía eléctrica billones de habitantes no cuentan con acceso a este bien común y alrededor de 3 billones cocinan con combustibles sólidos, de los cuales 2.5 utilizan biomasa y la diferencia utiliza carbón mineral RINCON, (2013).

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), (2010) “La población sin acceso a servicios y/o recursos energéticos se encuentra distribuida alrededor del mundo en los países en desarrollo. En el Perú se estima que para el 2040 se elevará en 8 veces el consumo actual de energía”.

Nuestro país ha asumido el compromiso de modificar la matriz energética actual y así lograr que las energías renovables puedan reemplazar hasta en un 50% a la actual forma de obtención energética, todo eso se planteó en sesión oficial ante la ONU sobre la política energética 2010-2017, de no ser capaz de alcanzar la meta, Perú podría volver inmerso en un alza de precios por la disminución de los combustibles fósiles (petróleo) y a la escasez de agua generado por los fenómenos ambientales. Es así que por razones demográficas el 20% de los peruanos no cuenta con acceso a energía convencional, por ello se hace una obligación la promoción y el uso de tecnologías limpias.

En nuestro país, el sector agropecuario produce una fuente tradicional de energía que podría satisfacer las necesidades básicas de los pobladores en zonas rurales, actualmente representa el 18% de la energía primaria que se consume en el país (combustión directa), y la biomasa del mismo sector también representa una alternativa factible económica y ambientalmente hablando, que abriría campo a la expansión eléctrica, ya sea por proyectos aislados o por conexión de red eléctrica.

Por lo antes expuesto Sánchez, (2010) expresa:

Los biocombustibles de mayor consumo y con mayor participación en la actual matriz energética del país son la leña, la bosta y la yareta que, en conjunto, representaron durante el año 2006 el 17,8% del total de la producción de energía primaria y el 55,9% del consumo final de energía del sector residencial y comercial. En otras palabras, hoy en día, más de la mitad de la energía consumida por los hogares rurales del Perú proviene aún de la leña, la bosta y la yareta

El lugar de incidencia tomado para el desarrollo de esta tesis es fundo de la asociación de ganaderos de Lambayeque se encuentra localizado carretera al distrito de Pomalca, el cual se tiene a disposición para la crianza y cuidado de ganado vacuno en su mayoría, pero también se cuenta con ganado porcino, caprino, equino. En total se tiene un promedio de 900 cabezas de ganado vacuno el cual está separado en granjas según la raza. En el aspecto de alimentación a cada granja se le proporciona

la misma calidad de alimento, ya que los propietarios compran el alimento para todos, haciendo así que este no sea un factor que vaya en contra de la calidad del producto como leche, carne, entre otros.

El problema está definido por la generación de residuos orgánicos, comúnmente llamado por los trabajadores del lugar como desechos, abono, heces; estas son almacenadas en sacas de arroz una vez dos veces por semana, para venderlo a los campesinos de la zona, aunque hay veces que esos desechos no son comprados y se quedan almacenados por semanas. Cabe recalcar en el mismo fundo funciona como centro de esparcimiento donde hay restaurantes, los mismos que usan leña para la preparación de los alimentos, teniendo así notoriamente un problema de contaminación y salud.

1.1. Problema

¿Un Biodigestor Tubular garantizara El Tratamiento De Residuos Orgánicos Generados Por El Ganado vacuno Del Fundo De La Junta De Ganaderos De Lambayeque?

1.2. Hipótesis

El tratamiento de residuos orgánicos generados por el ganado vacuno del fundo de la junta de ganaderos de Lambayeque depende de la implementación de biodigestor tubular.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Demostrar Que La Implementación De Un Biodigestor Tubular Garantiza El Tratamiento De Residuos Orgánicos Generados Por Ganado Vacuno Del Fundo De La Asociación De Ganaderos De Lambayeque

1.3.2. Específicos

Implementar el biodigestor a utilizar en el tratamiento de los residuos orgánicos generado por el ganado vacuno en el fundo de la asociación de ganaderos de Lambayeque.

Generar metano, biol y abono orgánico a partir de los residuos orgánicos generados y la cantidad de Metano, generado en el proceso tratamiento de los residuos orgánicos generados por el ganado vacuno del fundo de la asociación de ganaderos de

Lambayeque.

Proyectar los beneficios económicos de la implementación de un biodigestor tubular para el tratar de los residuos orgánicos.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Variables:

Variable independiente: Implementación de un Biodigestor Tubular.

Variable dependiente: Tratamiento De Residuos Orgánicos.

2.2. Operacionalización de variables:

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Implementación Biodigestor Tubular	Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante orgánico. Y se le denomina tubular por la forma en la que se opta colocar. (Galván, 2007)	Un instrumento que se utiliza para generar metanos y otros productos como biol y abono orgánico	Diseño	Hermético.	Guía de observación
				Térmicamente aislado.	
			Mantenimiento	Contenedor con válvula de seguridad.	
				Deberán tener acceso para el mantenimiento. Medio para romper las natas que se forman.	
Tratamiento De Residuos Orgánicos	Es el proceso por el cual el residuo se transforma y pasa a ser materia prima, generador de energía o como una segunda alternativa para reutilizarse (Galván, 2007)	Proceso que se utiliza para minimizar el efecto que causa los residuos orgánicos.	Características Físicas	Tiempo de retención	Guía de observación
				Producción de biogás	
				Producción de biol	
				Producción de abono	

2.3. Metodología:

Método No-Experimental

2.4. Tipo de estudio

Investigación aplicada, que consiste en implementar un biodigestor para garantizar el tratamiento de residuos orgánicos generados por el ganado vacuno y porcino del fundo de la junta de ganaderos de Lambayeque

2.5. Diseño de investigación

No experimental- transversal: Estos diseños recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, siendo su propósito describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (HERNÁNDEZ, 2006)

2.6. Población y Muestra

Población: Materia orgánica recolectada, según los registros de la asociación.

Muestra: Materia orgánica tomada por Día.

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Características de Diseño del Biodigestor	Técnica	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none">• Hermético.• Térmicamente aislado• contenedor con válvula de seguridad• deberán tener acceso para el mantenimiento• medio para romper las natas que se forman	Observación	Guía de observación

Características físicas del tratamiento de los RR.OO	Técnica	Instrumentos
Capacidad Tiempo de retención	Observación	Guía de observación
Producción de biogás Producción de biol Producción de abono	Observación	Guía de observación

2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS:

Consiste en realizar la visita al lugar donde se va a desarrollar el proyecto de Tesis, en el cual por medio de éste instrumento se ha observado el estado y las condiciones en que funciona el establecimiento de faenado de ganado, lo que constituye a la realidad problemática de mi trabajo de investigación.

III. RESULTADO

Resultado del Objetivo N°1

En la identificación del tipo de tratamiento utilizado para los residuos orgánicos generado por el ganado vacuno en el fundo de la asociación de ganaderos de Lambayeque, se pudo observar que no se le da ningún tratamiento solo es recolectado y dispuesto en sacos, los cuales son vendidos a los agricultores de la zona. (Ver Anexo figuras N°3,4 y 5)

El hecho de no realizar ningún tratamiento y siguiendo con el contenido de carga orgánica estándar por cada cabeza de ganado se genera 15 Kg de desechos, convirtiéndose diario un total de 6750 Kg diarios, lo mismo que en un mes aumenta a 202.5 toneladas.

Cantidad de cabeza de ganad a 100Kg	cantidad de carga orgánica diaria Kg	cantidad de carga orgánica mensual tn
1	15	0.45
450	6750	202.5

TABLA N°11: se muestra la cantidad de carga orgánica generada en un día y mes.

Fuente: investigación propia.

En la implementación se considera 3 fases, materiales (ver anexo tablas N°12-16), características y construcción (ver anexo figura N°6)

- a. Medir el diámetro de los orificios a realizar en el tanque, marcarlos con plumón para que resalte
- b. Realizar los cortes con cualquiera herramienta que sea necesaria (cúter, tijera, cuchillos) , recordando siempre que la tubería entra a presión y no debe existir ningún tipo de agujero , ya que el proceso de digestión es anaerobio.
- c. Pegar cada pieza según corresponda el diseño y posteriormente dejar secar
- d. Inspeccionar el secado del pegamento y su hermeticidad
- e. Preparar la mezcla teniendo en cuenta las proporciones
- f. Revisar que la manguera tenga una posición arqueada ascendente para que el gas no se condense.
- g. Revisar todos los días hasta que la válvula de seguridad empiece a burbujear y el globo (almacén) empieza a hinchar.
- h. Seguir la formulas dadas en la parte superior y alimentar al biodigestor con la mezcla exacta
- i. Pasado 3 meses es necesario purgar el biodigestor, obteniendo así compost.

Para el tratamiento de los residuos orgánicos se tiene encuentra el volumen del contenedor, como en este caso se tiene un reactor de 60 litros, se deja la tercera parte del mismo para que el metano que se forme en el proceso de digestión tenga un espacio donde se concentre sin tener problemas de perdidas, el por ello que se traba con solo 45 litros de mezcla, en una proporción de 1:3, esto quiere decir que por cada kilo de residuos orgánicos se añade 3 litros de agua. A continuación se explica esto mediante fórmulas:

Cálculos matemáticos:

Utilizando tanque de 60 Litros volumen.

Mezcla 75% = 45 Litros

Mezcla = Residuos orgánicos + Agua, en proporción 1:3.

Mezcla = 11.5 RR.OO + 33.5 H₂O

RR.OO = 10Kg

Inhibidor = heces + 10%inhibidor=1.5Kg

Al tener ya los contenidos de mezcla (ver anexo figura N°7) se procede al cargado de reactor (ver anexo figuraN°8), ahora el tiempo de retención varia en este caso fue de 26 días, esto implica que el para que el sistema sea continuo se debería adicionar luego del día 26 una carga contante que se define por la siguiente formula:

$$CD= VT/TR$$

CD: carga diaria de mezcla que se debe añadir.

VT: volumen de trabajo en Litros.

TR: tiempo de retención en días (ver tabla)

Resultado del Objetivo N°2

Transcurrido este tiempo que puede empezar a notar el burbujeo en la válvula de seguridad, la cual indica que ya existe una generación de metano, el cual como se explica anteriormente es la tercera parte del volumen total de mezcla por lo tanto la cantidad fue de 0.15 m³/Kg, cabe mencionar que la unidad de medida del gas siempre se da en metros cúbicos sobre kilogramos. (ver anexo figura N°9)

Cálculos matemáticos.

$$Vg = Vl/3$$

$$Vg = 45 /3 = 15 L$$

$$Vg= 0.15m/Kg$$

Nuevamente al finalizar el tiempo de retención el abono líquido o biol que queda se puede expresar en formulas, que se aproximan al resultado en este caso fue de 36 litros ya que se tiene que tener en cuenta la humedad de las heces, en los cálculos matemáticos expresa que son las $\frac{3}{4}$ de la carga total. (Ver anexo figura N°10)

Cálculos matemáticos.

$$Vl = Vt * 0.75$$

$$Vl=45*0.75$$

$$Vl=33.75 \text{ litros}$$

Es importante mencionar que para la obtención de la carga solida se tiene que hacer un colado de biol ya que al salir del reactor salen como lodos el peso fue de 9Kg, por cálculos es ¼ de la carga total. (ver anexo figura N°11)

Cálculos matemáticos.

$$Vs = Vt * 0.25$$

$$Vs=45*0.25$$

$$Vs=11.25 \text{ Kg}$$

Resultado del Objetivo N°3

En la proyección de los beneficios ecológica y económica podemos tomar datos como la cantidad de cabezas de ganado y la cantidad de carga orgánica generado por los mismos, y con esos dos datos más el costo de la implementación de un biodigestor necesario para el tratamiento (tamaño), se podrá brindar la proyección de los beneficios, a continuación, se muestra un cuadro con los datos y costos.

Según (COLLADO, 2012), la producción de metano del ganado vacuno adulto es de 0.04 m³/Kg de excreta, para el abono se considera el 80% de la carga total y la diferencia será el biol, teniendo esto datos los expresare en la proyección diaria y mensual.

Cantidad de cabeza de ganado a 100Kg	cantidad de carga orgánica diaria Kg	producción		
		Biogás m ³ /Kg	Biol L/día	Abono Kg/día
1	15	0.6	3	12
450	6750	4.05	1350	5400

TablaN°17: La producción en 26 días de retención en de un biodigestor tubular solo de carga orgánica.

Mezcla en 1:3 L	Volumen de reactor m ³	carga diaria L (26 días)	Producción		
			Biogás m ³ /Kg	Biol L/día	Abono Kg/día
25750	34	990	9	5150	792
6438	9	248	2	1288	198

TablaN°18: La producción en 26 días de retención en de un biodigestor tubular de mezcla.

Al expresar la tablaN°12 se entiende que manteniendo la proporción de 1:3 la cantidad de mezcla total (Carga orgánica y agua) será de 25750 litros, lo que por formula nos permitirá calcular la cantidad de metraje de manga que se necesita para el reactor en este caso sería de 34 metros cúbicos, siendo esta tan implica que se pueden utilizar 4 biodigestores de 9 metros cúbicos, tiendo un costo aproximado de un biodigestor de 10 metros cúbicos de 1500 soles con una duración de 3 a 5 años. Así mismo se indica las cantidades de carga diaria manteniendo un total de 26 días de tiempo de retención el cual sería de 248 litros para cada uno generando así por cada uno un aproximado de 2 metros cúbicos de biogás, 1288 litros de biol y 198 kilos de abono.

Por otro lado, un balón de gas cuesta 34 soles, dura 30 días y solo trae 10 litro de combustible (OSINERG), en dos meses se tendrá 9 litros de metano, teniendo en cuenta que al segundo mes la producción será diaria llegan a tener mensual 100 m³ de Gas.

En el precio del biol y abono sucede lo mismo, el litro de biol se vende a 4.5 dependiendo la calidad, y el abono el kilo a 5 soles.

En 3 años que es la estimación de vida de un biodigestor que tuvo un coso de instalación de 1500 soles, ha brindado la oportunidad de cuidar el ambiente y tener un marguen de ganancias en por lo menos un 320%.

El biogás cubre casi el 60% de las necesidades de combustible en una familia, ahorra aproximadamente 2.6 toneladas de CO₂ por año, lo que equivale a una disminución de 48% de emisiones de CO₂ con respecto al consumo de leña. Por otro lado, el biol mejora los rendimientos sobre el 25%, con respecto al no uso de fertilizantes; en cultivos de pastos para alimentación de ganado, se aprecia un importante aumento de proteína (entre 16 y 50%).

Dentro de los resultados cabe mencionar que las fórmulas utilizadas fueron expuestas por Herrero, 2008.

El impacto generado por la descomposición de los residuos orgánicos si ningún tratamiento genera un gran impacto al ambiente ya que estos liberan gases de efecto invernadero tales como el amoníaco que es el que le brinda su característico olor a huevo podrido, al ser tratado anaeróbicamente no se oxida y mantiene sus propiedades como nitrógeno (se encuentra en el Biól y Abono), el metano es un gas de efecto invernadero 23 veces más contaminante que el dióxido de carbono (tn^3), el óxido nítrico otro gas de efecto invernadero 300 veces más contaminante que el dióxido de carbono (tn^3). Después de haber realizado el tratamiento de los residuos orgánicos y por los análisis estadísticos realizados se afirma que el impacto ambiental se mitiga significativamente.

IMPLEMENTACION BIODIGESTOR TUBULAR	Tratamiento De Residuos Orgánicos (10 Kilos)				
	Amoniaco(L)	Metano(L)	Óxido nítrico(L)	Dióxido de Carbono CO_2 (L)	TOTAL(L)
Antes	8	1,5	0,5	650	660
Después	0	6,5	0	3,5	10
TOTAL	8	8	0,5	653,5	670

TablaN°19: Datos empleados en prueba CHI Cuadrado de Pearson.

PRUEBA CHI CUADRADO DE PEARSON PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS SEGÚN LA IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTOR TUBULAR.

1. Hipótesis:

H0: El tratamiento de residuos orgánicos generados por el ganado vacuno del fundo de la junta de ganaderos de Lambayeque no depende de la implementación de biodigestor tubular.

H1 El tratamiento de residuos orgánicos generados por el ganado vacuno del fundo de la junta de ganaderos de Lambayeque depende de la implementación de biodigestor tubular.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0,05$$

$$g.l = (4-1) (2-1) = 3$$

2. Valor tabular:

$$X^2_{(0,05; 3)} = 7,815$$

3. Estadístico:

Chi cuadrado de Pearson

$$X^2_p = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

4. Valor del estadístico:

$$X^2_p = 350,33$$

5. Decisión:

$$X^2_p > X^2_{(0,05;3)} \Rightarrow \text{Se rechaza } H_0$$

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Existe evidencia estadística significativa para la rechazar H_0 , por lo tanto concluimos que el tratamiento de residuos orgánicos generados por ganado vacuno del fundo de la asociación de ganaderos de Lambayeque depende de la implementación de biodigestor tubular.

IV. DISCUSIONES

Al igual que investigaciones como las realizadas por CARVAJAL (2014) y RIOS, (2010), quienes han obtenidos buenos resultados con la instalación de un biodigestor, se concuerda en que este tipo de tecnología es factible para el tratamiento de los residuos orgánicos, teniendo bajos costos en cuanto a su instalación, consumo energético nulo, operación y mantenimiento accesibles y de rápido accionar. Asimismo, se debe mencionar que es muy importante tener en consideración las condiciones del lugar, especialmente el suelo o base donde es dispuesto el excremento del ganado.

ANCALLA (2012) manifiesta que en su investigación tuvo mucho éxito utilizando estiércol de ganado porcino logrando tener un biogás de muy buena calidad; mientras que en la presente investigación se empleó estiércol de ganado vacuno, lo cual no hace gran diferencia en los resultados que tuvo Ancalla, pues el biogás obtenido tiene características que lo hacen de buena calidad. Además, se debe mencionar que los procesos en ambos trabajos de investigación fueron eficientes en el tratamiento de residuos orgánicos de una manera segura, fiable y económica.

Como todo proceso biológico, la digestión anaerobia debe ser controlada, pues existen diversos factores que influyen considerablemente el éxito o no de la misma. Un desbalance en alguno de estos factores puede provocar la ruptura del equilibrio entre las comunidades microbianas y por consiguiente el no funcionamiento del sistema, la no producción de biogás Flotats (1997)

USHÑAHUA (2011), estudió la calidad de biogás y biol generados a partir de residuos orgánicos domésticos pre-tratados con la técnica del BOKASHI, indica que sus resultados demuestran que los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM al ser combinados con estiércol de vaca son beneficiosos para la producción de biogás, y de biol rico en nutrientes. En ese sentido, el tratamiento aplicado por este autor ofreció mejores resultados que el tratamiento empleando solo estiércol de vaca.

El uso del biodigestor tubular en la presente investigación, confirma lo realizado por HERRERO (2008) y SÁNCHEZ (2012), afirmándose que este diseño de reactor facilita su mantenimiento, generando así un uso y mantenimiento adecuado reflejándose en el incremento de los beneficios tanto económicos, de producción y ecológicos.

Es muy importante tener cuenta que durante el proceso de investigación, la proporción utilizada por el investigador es de 1:3, generando así un resultado final de 70% biol y un 30% abono, sin embargo, COLLADO (2012) en su investigación utiliza una proporción de 1:4 lo que genera que sus resultados

disciernan con respecto a los mostrados, ya que él consigue 80% biol y 20% abono.

USHÑAHUA (2011) y COFRE (2001) en sus respectivas investigaciones presenta en sus anexos cuadros donde toman que la materia orgánica que genera una res (ganado vacuno) al día es de 15 Kg y asimismo, esto produce 0.6 m³/kg de abono; en este caso según BUHIGAS (2010), HERRERO (2008) y MIGLIAVACCA (2011), determinan que para un nivel de tratamiento no es necesario tomar en cuenta los factores de producción, ya que solo se busca determinar la cantidad de metano producido, llegando así a la fórmula : $Vg=VTm/3$, motivo por el cual en esta investigación se adopta el mismo concepto y solo se realiza con la finalidad de brindar una solución a la problemática planteada.

La investigación realizada sobre producción de biogás promueve la importancia y atención que se le debe dar para contribuir con el desarrollo del país, en otros países los estudios y aplicaciones sobre las biotransformaciones de material orgánico para obtener biogás están bastantes desarrolladas.

V. CONCLUSIONES

La investigación realizada ha permitido comprobar que no existía un sistema de gestión ambiental, lo cual presenta necesidades incitantes para el desarrollo de la actividad de crianza de ganado vacuno en la zona. Sin embargo, los granjeros realizan la venta de residuos reaprovecharles y reciclables, lo que constituye un aspecto relevante y de revalorización de los residuos.

Tratar los residuos orgánicos con un biodigestor es una buena opción frente a otros métodos utilizados habitualmente, ya que desde el punto de vista ambiental y económico muestran ventajas interesantes, destacando que son sistemas sencillos de construir y así mismo no demanda grandes consumos energéticos o maquinaria especializada en su funcionamiento y mantenimiento, en valor monetario la instalación de un sistema anaerobio de 10 m³ es de 1500 soles aproximadamente.

La efectividad que muestra el tratamiento mediante un biodigestor tubular es satisfactoria en el manejo de los residuos orgánicos, a pesar que su implementación fue a nivel de laboratorio, por lo tanto a gran escala la significancia en el tratamiento será mayor, eso es expresado en la proyección realizada, donde se muestra que el tratamiento realizado generaría en el primer periodo de digestión o tiempo de retención 9m³ de metano 5150 litros de biol y 792 kilos de abono orgánico.

El estimar las medidas necesarias de metano se puede realizar con cálculo matemático y ser corroborado con el proceso de digestión al cumplir el tiempo de retención necesario, en este caso para la medición del metano se utilizó el principio de Arquímedes aunque no es un método exacto pero ayudara a cubrir la necesidad de información .

Con respecto a los beneficios económicos y ecológicos, podemos contemplar la gran efectividad que sugiere la instalación de un biodigestor, es por ello que es uno de los tratamientos más completos con los que se puede trabajar.

La eficiencia energética que presenta el biogás no fue factible evaluar, ya que no fue capaz de generar una combustión continua, por lo que se plantea como inquietud para una próxima experiencia la evaluación de esta mediante el análisis de la composición del gas resultante del proceso.

VI. RECOMENDACIONES

En la implementación del biodigestor tubular, se debe tener cuidado en consideración algunos ítems en su diseño e implementación como la hermeticidad, aislamiento térmico, rompimiento de natas, pH, temperatura, relación C / N, ya que de eso depende el aprovechamiento de su máximo potencial.

Cuando se construye un biodigestor se debe tener en cuenta si está cumpliendo con los objetivos y si asegura la integridad biológica, esta inspección permite identificar problemas de manera temprana y así poder evitarlos o solucionarlos de manera inmediata.

Se debe implementar pisos de cemento para mejorar el recojo o transporte de los residuos orgánicos a la entrada del reactor, esto permitirá una limpieza de los corrales y evitara proliferación de vectores de enfermedades y olores desagradables para los operarios.

En la en el proceso de tratar los residuos se debe tener en cuenta que la temperatura externa no influye en el proceso de digestión, pero si afecta al tiempo de retención.

Se debe tener en cuenta que la manguera por la cual el metano generado sale del reactor, debe mantenerse en un ángulo no menor de 45 grados, ya que si tiene alguna dobladura, el gas de condensara y no se podrá recuperar.

No se debe utilizar carga orgánica que provenga de animales enfermos o con medicamentos, ya que eso puede generar un desequilibrio en el proceso de digestión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANCALLA, Betty. *Obtención De Biogás De Estiércol Porcino Y Restos Vegetales, Por Fermentación Semicontinua*. Tacna : Facultad de Ciencias, 2012. Pág. 94.

ANGELIDAKI, I. *Anaerobic Digestion in Denmark past, present and future. Aprovechamiento Energético de Residuos Orgánicos*. Berlin : Berlin, 1997. 47ágs.. 214-215.

ANÓNIMO. Definicionabc.com. *definicionabc.com*. [En línea] 01 de 01 de 2007. [Citado el: 11 de 07 de 2015.] <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/energia-renovable.php>.

BUHIGAS, Alejandro Bautista. *Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos*. Madrid : Carlos III, 2010. 47ágs.. 61-62.

CARVAJAL Darwin *Diseño De Un Biodigestor Anaerobio Para La Producción De Biogás A Partir De Las Excretas De Ganado Vacuno, En La Finca Los Laureles En La Comunidad Flor Del Manduro*. Riobamba : Escuela de Ciencias Químicas, 2014. 47ágs.. 105-106.

CASTAÑEDA, Sagrario Veina. *“Efecto del control de pH, temperatura y adición de 47ágs.47aci sobre la digestión anaeróbica de residuos hortícolas”*. Mexico : Mexico, 2007. 47ágs.. 17-52.

CASTAÑEDA, Sagrario. *Efecto del contro de pH,temperatura y adición de 47ágs.47aci sobre la digestión anaeróbica de residuos 47ágs.47ació”*. 1. Mexico : Mexican, 2007. 47ágs.. 17-52.

COFRE, C. *Guía Para ka Construcción y Operación de una Planta de Biogás, alimentada con lodos Residuales de la Industria Carnea*. Chile : Universal Austral de Chile, 2001. 47ágs.. 86-99.

Colombia, Academia Nacional de Medicina. *Diccionario Academico de la Medicina. Idiomamedico.org*. [En línea] 10 de 01 de 2012. [Citado el: 11 de 07 de 2015.] <http://www.idiomamedico.org/>.

FLOTATS, Bonmati X. *El proceso de secado de purines en el marco de Gestión Integral de Residuos Ganaderos, Tratamiento de residuos ganaderos*. Madrid : Española, 2000. 47ágs.. 12-15.

FRIONI, Lillian. *Procesos Microbianos*. Argentina : Editorial de la Fundacion Universidad Nacional de Rio Cuarto Argentina, 1999. 47ágs.. 1-332.

GALVÁN, Francisco Javier. *Diccionario ambiental y asignaturas afines*. 1°. México : MUNDI-PRENSA, 2007. Pág. 225.

GALVAN, Rafael. *Un Diccionario Para la Educación Ambiental*. Uruguay : Glosario Ecologico, 2013. 47ágs.. 1-265.

HERNANDEZ, Sampieri. *Metodología de la Investigación*. - : -, 2006. Pág. 656.

HERRERO, Jaime Martí. *Guía de diseño manual de 47ágs.47ación de biodigestores*. *Herrero, Jaime Martí*. Bolivia : CZT PROAGRO, 2008, pág. 74.

JIMÉNEZ, Diego de la Merced. *Evaluación De Los Parámetros De Un Biodigestor Anaerobio Tipo Continuo*. Veracruz : Faculta de Ingeniería Mecánica Electrica, 2012. Pág. 52.

MEZA, Víctor. *Evaluación De La Calidad De Biogás Y Biol A Partir De Dos Mezclas De Estiércol De Vaca En Biodigestores Tubulares De Pvc*. Lima : UNALM, 2010. 48ágs.. 13-14.

RÍOS, Albina. *Mejora de las condiciones de vida de las familiar porcicultoras del Parque Porcino de Ventanilla, mediante un sistema de biodigestión y manejo integral de residuos sólidos y líquidos, Lima, Perú*. Lima : Departamento de Ingeniería Química, 2010. 48ágs.. 182-185.

SÁNCHEZ, Abel *Diseño e Implementación De Un Biodigestor Para La Producción De Biogás Y Fertilizantes a Partir Del Estiércol De Ganado*. Lambayeque: UNPRG, 2012. 48ágs.. 52-53.

Toro, Merlin Rivera. *Producción De Abono Orgánico Y Biogás Mediante Biodigestión Anaeróbica De Lodos Activos*. Chile: UDS, 2010. Pág. 77.

UNED. <http://www.uned.es>. <http://www.uned.es>. [En línea] 30 de diciembre de 2006. [Citado el: 07 de junio de 2015.] <http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina4.htm>.

USHÑAHUA, Lawrence Quipuzco. *Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pre-tratados con la técnica del bocashi*. Lima : UNALA, 2011. pág. 8.

ANEXOS

ANEXO I. Guía de observación

ANEXO II. Tablas

ANEXO III. Figuras

ANEXO IV. Validación de Instrumento

ANEXO I. Guía de observación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

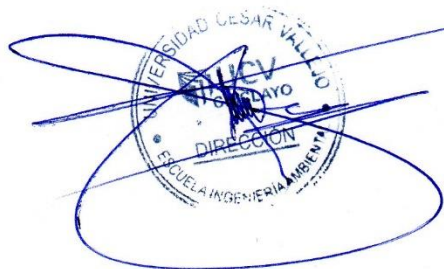
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por Ganado
Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015.**

Autor: Víctor Martín Sánchez Sánchez

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Nº	PREGUNTAS	SI	NO
01	Se considera la hermeticidad del sistema de digestión	/	
02	El diseño del biodigestor se cuenta térmicamente aislado	/	
03	El diseño del biodigestor cuenta con válvula de seguridad	/	
04	Considera el acceso para el mantenimiento	/	
05	Cuenta con medio para romper las natas que se formaran	/	



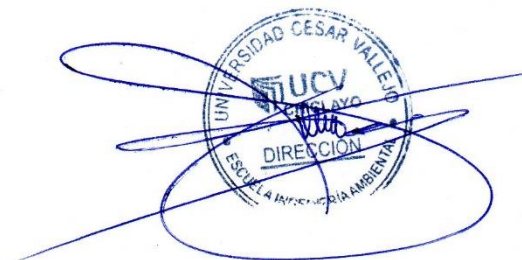


**Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por Ganado
Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015.**

Autor: Víctor Martín Sánchez Sánchez

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Nº	PREGUNTAS	SI	NO
01	Capacidad de tiempo de retención: 0-32 días	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Existe generación de Producción de biogás	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Existe generación de Producción de biol	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Existe generación de Producción de abono	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



ANEXO II. TABLAS

COMPONENTE	FORMULA QUÍMICA	% VOLUMEN
Metano	CH ₄	60-70
Gas carbónico	CO ₂	30-40
Hidrogeno	H ₂	1
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxigeno	O ₂	0.1
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0.1

TABLA N° 01: Principales componentes del Biogás.

Fuente: SILVA-Tecnología del Biogás, 2012.

Fase acidogénica	Fase metanogénica
*bacterias facultativas (pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno)	*bacterias anaeróbicas estrictas(no pueden vivir en presencia de oxígeno)
*reproducción muy rápida (alta tasa reproductiva)	*reproducción lenta(baja tasa reproductiva)
*poco sensible a los cambios de acidez y temperatura	*muy sensibles a los cambios de acidez y temperatura)
*principales metabolitos, ácidos orgánicos	*principales productos finales, metano y CO ₂

TABLA N° 02: diferencia entre fases acidogénica y fase metanogénica

Fuente: FLOATS- tipos de bacterias, 1997

ESPECIE	kg ESTIERCOL/ 100 kg. DE PESO VIVO	Peso Animal (Kg.)	Estiércol diario (Kg.)	%CH₄
Vacunos	8	400	32	60
Cerdos	4	70	2.8	65 - 70
Cabras	4	60	2.4	63
Caballos	7	350	24.5	65

TABLA N° 03: Estiércol producido por las distintas especies animales y rendimiento en gas.

Fuente: TRINIDAD- Utilización de estiércol, 2010

Fermentación	Mínima	Optima	Máxima
Sicrofílica	4 - 10	15 - 20	25 - 45
Mesofílica	15 - 18	25 - 33	50 - 60
Termofílico	25 - 30	37 - 65	75 - 80

TABLA N°04. Rangos de temperatura para la fermentación anaeróbica RANGOS (°C).

Fuente: MEZA- evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de pvc, 2010

Temperatura °C	Días
10	55
20	25
25	20
30	10

TABLA N° 05. Tiempos De Retención (TR)

Fuente: PALACIOS- Evaluación de un sistema discontinuo de un Biodigestión Anaerobia para el Tratamiento de desechos avícolas, 2005

INHIBIDORES	CONCENTRACIÓN INHIBIDORA
SO ₄	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato (según contenido de Nitrógeno)	0.05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN (después que se han domesticado las bacterias metanogénicas a 2-10 mg/ml)	25 mg/l
ABS (detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3.500-5.500 mg/l
K	2.500-4.500 mg/l
Ca	2.500-4.500 mg/l
Mg	1.000-1.500 mg/l

TABLA N° 06: valores de las concentraciones de inhibidores comunes.

Fuente: CARBAJAL- Diseño de un biodigestor anaerobio para la producción de biogás a partir de las excretas de ganado vacuno, en la finca los laureles en la comunidad flor del Manduro, 2014

Gas	Formula	Porcentaje (%)	Densidad (Kg/m ³)
Metano	CH ₄	50-70	0.717
CO ₂	CO ₂	30-40	1.917
Nitrógeno	N ₂	1-2	1.250
Hidrógeno	H ₂	5-10	0.090
Sulfuro de Hidrógeno	H ₂ S	Trazas	1.539

TABLA N° 07: composición típica del biogás producido en la digestión anaeróbica

Fuente: MEZA- evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de pvc, 2010

Composición	55-70 % metano
	30-45 % Dióxido de carbono
	Trazas de otros elementos
Energía contenida	6.0-6.5 Kwh/m ³
Equivalente en combustible	0.6-0.65 L _{petroleo} /m ³ biogas
Límite de explosión	6-12 % biogás en el aire
Temperatura de ignición	650-750°C (según metano contenido indicado)
Presión crítica	75 89 bares
Temperatura crítica	-82.5 C
Densidad normal	1.2 Kg/m ³
Olor	Huevos en mal estado
Masa molar	16.043 Kg/Kmol

TABLA N° 08: propiedades de una composición estándar de biogás

Fuente: MEZA- evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de pvc, 2010

MATERIA PRIMA	ST(%)	SV (%ST)	Biogas m ³ /Kg SV	Digestado (Kg/Kg SV)
Aguas residuales			0.43	0.57
Residuos sólidos urbanos	10	80	0.61	0.39
Lodos de industria láctea			0.98	0.02
Gallinaza	10-30	70-80	0.45	0.60
Estiércol vacuno	5-12	75-85	0.40	0.60
Estiércol porcino	3-8	70-80	0.26	0.74
Restos de frutas	15-20	75	0.4	0.50
Restos de maíz	80	90	0.49	0.51




TABLA N° 09: biogás a partir de diferentes substratos

Fuente: MEZA- evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de pvc, 2010

COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO INFERIOR	PODER CALORÍFICO SUPERIOR
Petróleo	10000 Kcal/Kg	10500 Kcal/Kg
	8850 Kcal / Lts	9293 Kcal / Lts
Gas natural	8300 Kcal/m ³	9300 Kcal/m ³
Gas licuado	10950 Kcal/Kg	11951 Kcal/Kg
Leña seca	4600 Kcal / Kg	5200 Kcal / Kg
Biogás	5500 Kcal / M ³	6000 Kcal / M ³

Tabla N°10: combustibles típicos y su poder calorífico. Producción de biogás por tipo de material

Fuente: COFRE- Guía para la construcción y operación de una planta de biogás, alimentada con lodos residuales de la industria carnea, 2001

REACTOR	
	Reducción PVC 4" a 2"
	2 Codo PVC 2"
	Tanque de Agua 60 Litros

	<p>Tubo de 2"25 cm (salida de biol)</p>
	<p>Codo de 135° PVC 2"</p>
	<p>Reducción PVC 2" a 1"</p>
	<p>Reducción PVC 1" a 1/2"</p>
	<p>Llave de paso de 1/2"</p>
	<p>Tubo de 2"cm</p>
	<p>Manguera gas 1mt, 1/2"</p>

Tabla N°12: materiales para construcción del reactor

Fuente: investigación propia.




VÁLVULA	
	T PVC ½
	Botella PET 600 ml
	Reservorio

Tabla N°13: materiales para construcción de la válvula de seguridad

Fuente: investigación propia.





FILTRO	
	2Niple PVC ½ 30cm
	2 Reducción PVC ¾ a ½
	Niple ¾ 5"
	Viruta de Fierro

Tabla N°14: materiales para construcción del filtro

Fuente: investigación propia.

QUEMADOR	
	Llave de paso PVC ½
	Niple PVC ½ 30cm
	Unión de hierro ½
	Codo fe hierro ½

Tabla N°15: materiales para construcción del quemador

Fuente: investigación propia.

PEGADO	
	Cinta teflon
	Cinta aislante
	Silicona de vidrio
	Cemento para PCV

Tabla N°16: materiales para el pegado y hermeticidad en la implementación del biodigestor

Fuente: investigación propia.

ANEXO III: FIGURAS

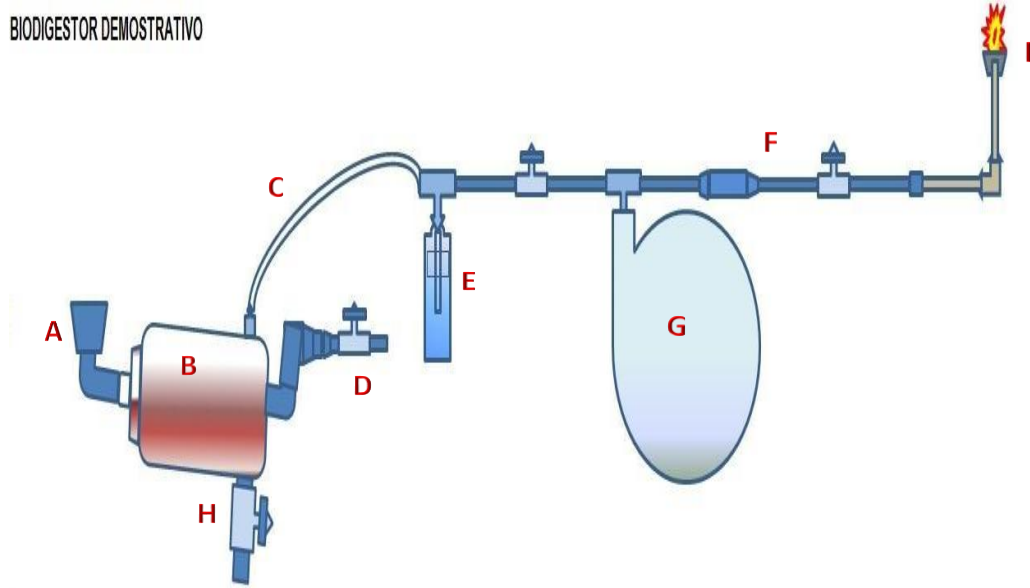
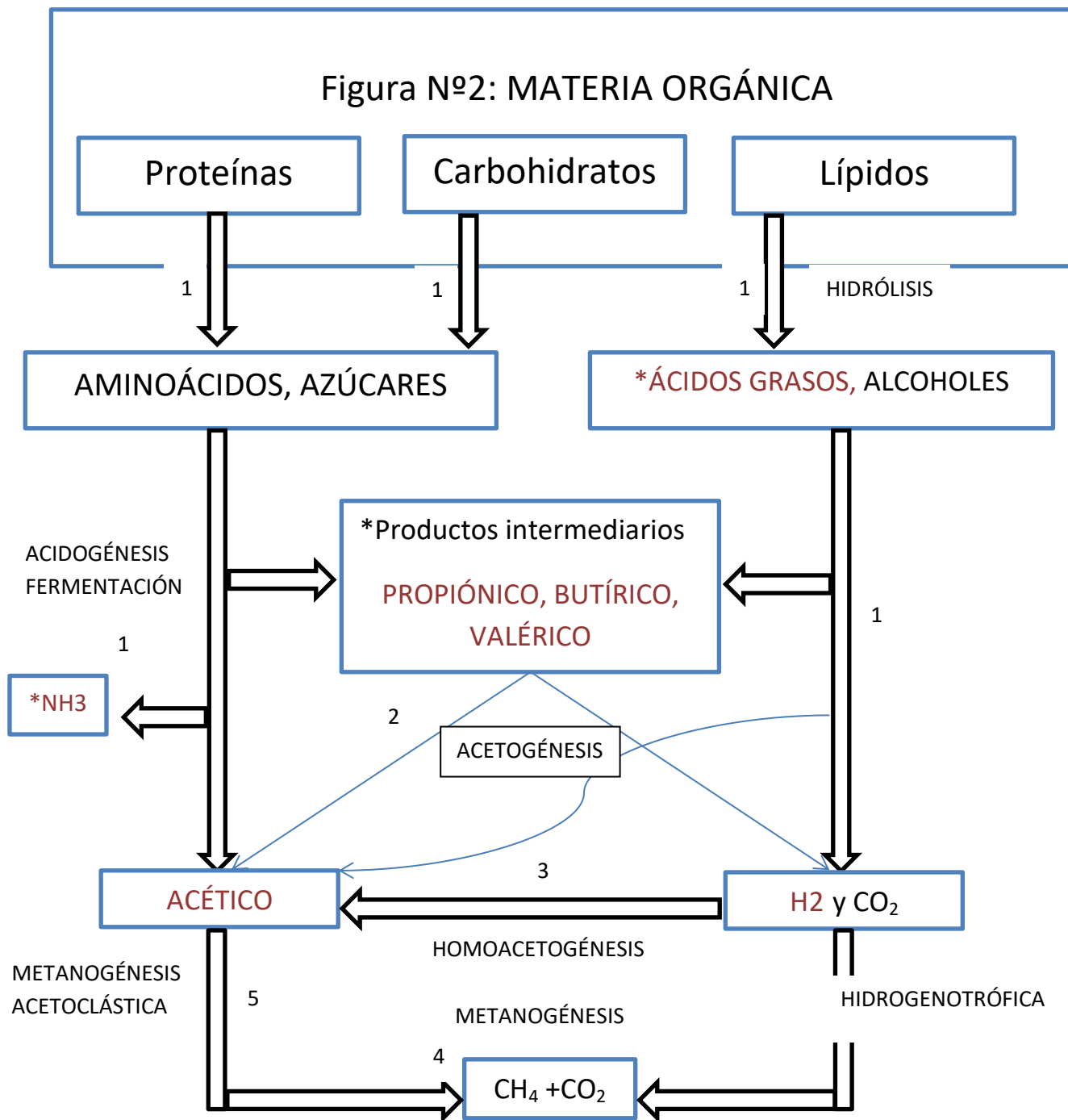


Figura N°1: El diseño del biodigestor a utilizar en el tratamiento de los residuos orgánicos generados por el ganado vacuno en el fundo de la asociación de ganaderos de Lambayeque, fue realizado teniendo en cuenta como referencia el modelo a gran escala del Ing. Jaime Martí Herrero. Podemos entender por el esquema que:

- A: tubería de entrada del biodigestor
- B: reactor donde se digiere la mezcla de agua y estiércol
- C: salida del gas metano
- D: salida del biol
- E: válvula de seguridad
- F: filtro
- G: recipiente de almacenamiento o reservorio
- H: tubería de drenaje
- I: quemador

Figura N°2: MATERIA ORGÁNICA



*Inhibidores conforme aumenta su concentración (AG, AGV, NH₃, H₂)

- 1 Bacterias hidrolíticas-acidogénicas.
- 2 Bacterias acetogénicas
- 3 Bacterias homoacetogénicas.
- 4 Bacterias metanogénicas- hidrogenófilas.
- 5 Bacterias metanogénicas- acetoclásticas.



Figura N°3y 4: se puede apreciar el ganado vacuno dispuesto en granjas las mismas y muestran gran cantidad de residuos orgánicos en la superficie del suelo, así como su disposición en sacos para su posterior venta.



Figura N°5: se aprecia los residuos orgánicos en un saco, quedaron dispuestos así ya que no se pudo vender como abono se almacena por grandes periodos.



Figura N°6 El modelo implementado quedó de la siguiente manera



Figura 7: Mezcla total de Residuos orgánicos y agua, total de 45 litros.



Figura N°8 Tratar los residuos sólidos orgánicos mediante el uso del biodigestor



Figura N°9: se puede observar el Metano, la cantidad fue de 0.15 m³/Kg



Figura N°10: se puede observar el Biol o abono líquido, la cantidad fue de 36 litros.



Figura N°11: se puede observar el compost, la cantidad fue de 9 Kg.

ANEXO IV. Validación de Instrumento



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: GUIA DE OBSERVACION

**Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por Ganado
Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015.**

Experto: (Mg) José Modesto Vasquez Vasquez
 Centro de Trabajo: Universidad César Vallejo - Chiclayo
 Dirección: Kilometro 3-5 carretera Pimental
 e-mail: jvasquezva@ucv.edu.pe Teléfono: 958917682

Nº	PREGUNTAS	SI	NO
01	¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?	✓	
02	¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?	✓	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	✓	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	✓	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	✓	
06	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	✓	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?	✓	
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?	✓	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?	✓	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?	✓	

Opinión de Aplicabilidad:

.....

Puntaje	<u>20</u>
---------	-----------

Nombre y firma del Experto Validador
 DNI N° 05393326
 Fecha: 04.12.2015