



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE
BIOGÁS COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA
EN LA UTILIZACIÓN DOMÉSTICA**

Autor:

Berroteran M., Claudia P.

C.I.:26.491.417

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS COMO
ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA EN LA UTILIZACIÓN DOMÉSTICA**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor:

Claudia Patricia Berroteran Motamayor

Tutora:

Ing. Yndira Rodríguez Aguirre

San Diego, octubre de 2022



ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de un Sistema para la Obtención de Biogás como alternativa Agroecológica en la utilización doméstica

Realizado por el (la) Br. Claudia Besotesan

C.I. N° 26.491.417 cursante de la carrera de Ing. Mecánica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral,

considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Andrés Rodríguez
C.I.: 11547002

[Signature]
Jurado
Nombre: Jiky E. Muzica
C.I.: 12.033.474

[Signature]
Jurado
Nombre: pluvia Páez
C.I.: 11598880

Fecha: 10/10/22

[Signature]



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Yndira Rodríguez Aguirre, portador de la cédula de identidad N°11.547.002, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Claudia Patricia Berroteran Motamayor, portador de la cédula de identidad N°26.491.417, titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA EN LA UTILIZACIÓN DOMÉSTICA”**., presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 14 días del mes de septiembre del año dos mil veintidós.

Ing. Yndira Rodríguez Aguirre
C.I.: 11.547.002



FI N 003 2022-2CR TG

Valencia, 08 de junio de 2022

Ciudadana:
BERROTERAN MOTAMAYOR, CLAUDIA PATRICIA
26.491.417

Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 6-2022 de fecha 12/05/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

Diseño de un sistema para la obtención de biogás como alternativa agroecológica en la utilización doméstica.

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Yndira Deyanira Rodríguez Aguirre, titular de la cédula de identidad V-11.547.002



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE CUADROS.....	x
RESUMEN INFORMATIVO.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Objetivos de la Investigación.....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
1.4 Justificación.....	9
1.5 Alcance y Limitaciones.....	10
II MARCO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes.....	11
2.2 Bases Teóricas.....	14
2.2.1. Teoría cinética de los gases	14
2.2.2. Teoría del fusil de clatratos	14
2.2.3. Teoría ambientalista	15
2.3 Bases Legales.....	30
2.4 Definición de Términos.....	32
III MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Tipo de Investigación.....	33
3.2 Diseño de la Investigación.....	33

3.3 Nivel de la investigación.....	34
3.4. Población y muestra.....	34
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5.1.1 Observación directa.	35
3.5.1.2 Revisión documental.	35
3.5.1.3 Entrevista no estructurada.	35
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos.	35
3.5.2.1 Registro fotográfico.	35
3.5.2.2 Cuaderno de notas.	36
3.5.3 Técnica de análisis de datos.	36
3.7. Fases metodológicas.....	36
IV RESULTADOS	38
4.1 Diagnosticar la situación actual sobre la escasez de gas en Venezuela.....	38
4.2 Seleccionar la alternativa de las distintas formas de descomposición de desechos orgánicos que se ajusten al tipo de biogás.....	42
4.3 Diseñar un dispositivo para recopilar y hacer uso de los gases generados por la descomposición de desechos orgánicos.....	46
4.4 Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y financiera del equipo diseñado.....	65
CONCLUSIÓN	71
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS	74
ANEXOS	78
A Fotografías de cuaderno de notas	78
B Valores y características de algunos materiales orgánicos	79

FIGURA**pp.**

1	Camión de distribución de gas.....	3
1	Ciudadanos venezolanos esperando gas.....	4
3	Explosión de refinería de gas.....	5
4	Proceso de extracción del gas.....	5
5	Agua contaminada con gas.....	6
6	Alternativa de uso de gas.....	6
7	Proceso de gas alternativo.....	7
8	Moléculas moviéndose en espacio cerrado.....	15
9	Fondo de océanos con liberación de gas.....	16
10	Esquema valor energético de un biogás estándar respecto a otras fuentes.....	17
11	Obtención del biogás mediante fermentación anaeróbica.....	18
12	Esquema básico de la producción de biogás.....	19
13	Esquema básico de un biodigestor.....	19
14	Partes de un biodigestor.....	20
15	Etapas de un biodigestor.....	21
16	Producción de gas a diferentes temperaturas.....	24
17	Relación entre la producción diaria de estiércol y el peso vivo de los animales.....	24
18	Biodigestor chino.....	26
19	Biodigestor hindú.....	27
20	Biodigestor horizontal.....	27
21	Procedimiento para resolver problemas.....	28
22	Selección de la mejor solución.....	29
23	Distribución de camión de gas.....	40
24	Proceso de cocina por leña y al	41

25	Cocina alterna.....	41
26	Producción de gas a diferentes temperaturas	47
27	Recolección de desecho	52
28	Desecho orgánico de bovino.....	52
29	Vacas.....	53
30	Envase base.....	54
31	Apertura de agujeros prototipo.....	54
32	Prototipo.....	55
33	Presión interna ejercida.....	55
34	Descomposición de fuerzas ejercidas por una presión interna en un recipiente.....	57
35	Determinación analítica de la fuerza F de presión.....	57
36	Accionamiento del prototipo.....	58
37	Valores de módulo elástico de polietileno	59
38	Planos del diseño.....	60
39	Vistas del diseño.....	60
40	Accesorios y conexiones.....	61
41	Sistema de instalación tuberías/biodigestor	62
42	Conexión a la cocina.....	62
43	Relación entre la temperatura y el tiempo en una prueba de hervido de agua.....	63

LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Restricciones y propuestas.....	43
2	Ponderación de criterios (1-3).....	44
3	Ponderación de elecciones.....	45
4	Presupuesto material.....	69
5	Presupuesto mano de obra.....	69
6	Presupuesto técnico.....	69
7	Sumatoria de los presupuestos (presupuesto total).....	70

CUADRO**pp.**

1	Kilogramos de estiércol producido por distintos tipos de animales	21
2	Valores indicativos que pueden existir dependiendo de las materias primas.....	22
3	Valores indicativos que pueden existir dependiendo de las materias primas con respecto al tiempo de retención.....	24
4	Valores de la cantidad de agua que se debe adicionar al estiércol	24
5	Observación directa	38
6	Viabilidad técnica.....	66
7	Viabilidad operativa.....	67
8	Viabilidad ambiental.....	68



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA EN LA UTILIZACIÓN DOMÉSTICA

Autor: Claudia Patricia Berroteran

Tutora: Ing. Yndira Rodríguez

Fecha: Mayo 2022

RESUMEN INFORMATIVO

A través de este trabajo de investigación se propone el diseño de un sistema para la obtención de Biogás como alternativa agroecológica en la utilización doméstica. El cual está enmarcado dentro del tipo de investigación de proyecto factible, con un diseño de campo-documental y de nivel descriptivo, bajo la Línea de Investigación: Gestión ambiental, hábitat y vivienda. El objetivo general permitió alcanzar esta propuesta, la cual se podrá implementar en aquellos hogares donde se cuente con un espacio acorde y materia prima indicada para la obtención del biogás. De allí que la idea aparece, ya que desde hace varios años se tiene la preocupación de lo que pasará cuando se acaben las reservas de gas natural en el planeta, y cuáles serán las fuentes para sustituirlo. En la investigación se realizó un diagnóstico referido a la situación crítica que se vive en Venezuela, por la escasez que rodea a los ciudadanos por falta de gas natural doméstico, el cual se realizó a través de la observación directa, y revisión documental. Así mismo se analizaron las distintas maneras que se pueden tener para la descomposición de desechos orgánicos, evaluando al mismo tiempo la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica para utilizar biogás que provenga de la descomposición de desechos orgánicos y que se pueda diseñar y construir un dispositivo capaz de recolectar estos desechos orgánicos para luego hacer uso de los gases que se generen de su descomposición. Con los objetivos específicos se examinaron las posibilidades de evitar escasez del producto natural en el ámbito doméstico por medio de recursos naturales. Se recolectaron datos en el espacio donde ocurren los hechos y, se busca profundizar el grado del fenómeno que se produce mediante justificaciones y análisis de lo obtenido, dando propuestas a estos hechos planteados y buscando la mejora de ellos. Se debe incluir la cantidad de biogás a obtener de acuerdo al diseño propuesto y su contraste con el gas propano de los cilindros que suministra PDVSA.

Descriptor: Biogás, desechos orgánicos, descomposición natural, escasez, gas natural, materia prima,

INTRODUCCIÓN

La realización de ésta investigación nace para dar un aporte a una realidad comunitaria y que en la actualidad sufre el país por la escasez de gas doméstico en distintos hogares, teniendo que buscar otras opciones viables para sustituir esta necesidad básica. Realidad que tanto en Venezuela y en muchos otros países del mundo están sufriendo escasez o fallas de suministro de este producto.

De allí que esta investigación se vinculó con el concepto de Biogás, cuyo término se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaeróbicas, y que se producen en un recipiente cerrado o tanque denominado Biodigestor; estructura en la cual se fermentan excretas de animales, entre otras y a partir de ello se obtiene gas que puede utilizar para cocinar, calentar agua, incluso generar electricidad.

Con el aporte de este Trabajo Especial de Grado, se intenta dar respuesta y beneficiar en varios aspectos a la sociedad, ya que se hace la vinculación de nuestras capacidades científico tecnológicas con las necesidades de las comunidades, transformando la praxis científica a través de la interacción entre las diversas formas de conocimiento, abriendo espacios tradicionales de producción para la generación de saberes colectivos, impulsando la formación para la ciencia, así como también para la tecnología e innovación.

De igual forma en esta investigación los conceptos de conservación y gestión del medio ambiente están estrechamente ligados, ya que ambos se han convertido en objetivos prioritarios en materia de biodigestores, los cuales constituyen una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias, porque aparte de que permiten disminuir la carga contaminante, mejora la capacidad fertilizante de la materia prima, elimina los malos olores y genera un gas combustible, que se conoce como biogás y tiene diversos usos.

Es por ello, que este trabajo especial de grado está destinado a proponer el diseño de un sistema para la obtención de Biogás como alternativa agroecológica en la utilización doméstica de las comunidades. Por lo que se elabora en cuatro (4) capítulos, y se conforman de la siguiente manera:

El **Capítulo I**, el cual se denomina **El Problema**, sirve para hacer referencia a la problemática existente y al área donde se desarrolla la investigación, y la formulación del problema; también se plantean el objetivo general y los específicos, su justificación y alcance

Mientras que el **Capítulo II**, se denomina **Marco Teórico**, y está conformado por los antecedentes de la investigación, así como también las bases teóricas necesarias para la

documentación; del mismo modo un glosario de términos y las bases legales requeridas para la investigación.

El **Capítulo III**, el cual se titula **Marco Metodológico**, en él se contemplan el tipo y diseño de la investigación realizada, así como también el nivel de la investigación, la población y muestra sobre la cual tiene impactó el trabajo realizado, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las fases metodológicas y la confiabilidad de la investigación.

Finalmente, el **Capítulo IV**, el cual se denomina **Resultados**, donde se consigue los recursos que se utilizaron, los resultados obtenidos de cada fase, las conclusiones y recomendaciones para la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Desde el principio de la humanidad, los seres humanos han tenido la necesidad de utilizar el fuego como método práctico para cocinar distintos alimentos, sobre todo fue muy necesario hace aproximadamente 700 millones de años cuando la tierra se congeló, de allí que con la evolución, la investigación y las distintas tecnologías se aprendió a crear fuentes de energía para cumplir con estas necesidades, y entre ellas la obtención del gas natural, ha sido muy útil para encender distintos dispositivos que pueden ser indispensables para el día a día de cualquier ser humano.

Conociendo lo anterior, Venezuela y otros países del mundo están sufriendo escasez o fallas de suministro de gas natural, de allí que la organización Exchange Data International que se encarga en el mundo financiero de invertir en las comunidades, las provisiones para su mejor manejo y sus usos, comentó que “el gas natural puede llegar a consumirse por completo en todo el mundo para el 2060, dato que nos hace pensar en un uso con conciencia y otras maneras con las que se puede sustituir este producto”.

Como se observa en la figura 1 y 2 , los camiones de distribución de gas llegan en búsqueda de las bombonas vacías para hacer su llenado, los ciudadanos hacen colas esperando su turno que, en ocasiones no llega por falta de la materia para poder satisfacer a todos los presentes.



Figura 1: Camión de distribución de gas.

Fuente: El tubazo digital 2020.



Figura 2: Ciudadanos venezolanos esperando gas

Fuente: El nacional (2021).

De allí también es importante indicar, que los distintos gobiernos de todos los países deben asegurar un plan de acción a tomar contra este problema, que involucra de mejor manera el fin de los distintos materiales fósiles, asegurando el confort y la seguridad de los servicios básicos de todos los ciudadanos de cada país, (ver figura 3).

Por otro lado, Venezuela desde hace varios años ha estado presentando problemas para la distribución del gas natural, dejando múltiples hogares sin este servicio básico.

Y a raíz de ello, los ciudadanos habitantes del país han buscado distintas soluciones para esta disyuntiva, a pesar de que en Venezuela se encuentre la octava reserva probada de gas natural, una riqueza de casi 200 billones de pies cúbicos. De acuerdo a lo indicado por el economista y experto en la materia petrolera Rafael Quiroz(2021), con estos datos de las reserva de gas, se estima que “al menos el 90% del gas está asociado al petróleo, lo que implica que solo se pueda extraer este recurso cuando la empresa de Petróleos de Venezuela bombea el crudo, dando como resultado una alta escasez de este mineral ya que la producción petrolera se desplomó en los últimos años y pasó de tres millones de barriles por día a poco más de 540.000, cifra promedio de febrero del 2021”.



Figura 3: a) Explosión de refinería de gas b) Ciudadanos esperando gas.

Fuente: Voz de América, revista digital,(2020)

Tomando en cuenta estos datos, es importante también decir que uno de los métodos de obtención de gas natural más práctico en los últimos tiempos, es a través de una técnica de perforación por rotación directa, y para ello es necesario penetrar la corteza superior de la tierra hasta llegar a una profundidad de 1.6 a 3.2 kilómetros o más, abriendo un hueco que puede encontrarse con capas de agua dulce, luego de esto empieza a curvarse 90 grados y se extiende aproximadamente 1.6 kilómetros horizontalmente. Sin embargo, a través de este método se aduce que impacta de manera negativa en la salud de las personas o el medio ambiente, un impacto negativo que afecta la disponibilidad de agua en la zona de la actividad, haciendo que disminuya la cantidad de agua(ver figura 4), donde se representa el proceso de extracción de gas en donde se debe hacer un agujerón en la corteza superior de la tierra.

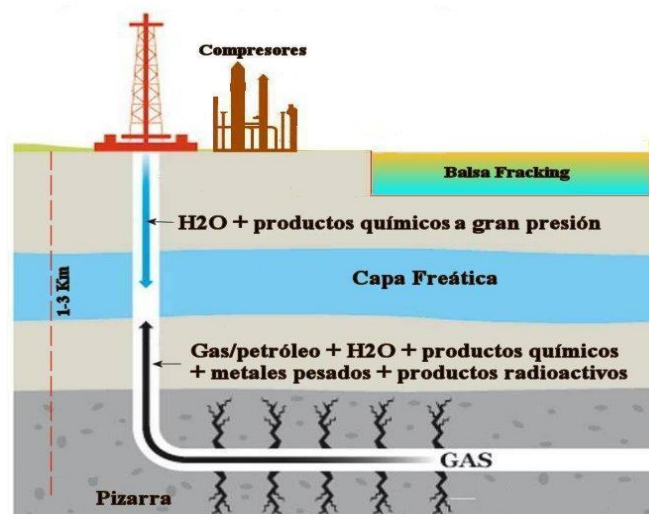


Figura 4: Proceso de extracción del gas

Fuente: Crudo transparente(2017).

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA por sus siglas, dice que “apartando algunas excepciones, este método usa relativamente pequeños porcentajes de agua y que es posible que sí afecte la cantidad y calidad de agua dulce, abriendo una posibilidad a limitar la cantidad de agua dulce y afectar a la población, esto ocurriría sólo en áreas donde

exista mucho consumo de agua y poca reserva de agua”. En la figura 5 se aprecia cómo es posible que estos parámetros puedan afectar el agua.



Figura 5: a) Agua contaminada con gas b) Contaminación en hábitats naturales.

Fuente: Características revistas digital,(2019).

Sin embargo, además de los problemas antes mencionados, en Venezuela se requiere de depósitos que aumenten progresivamente el crecimiento demográfico e industrial y que ayuden a su vez con la contribución de la soberanía alimentaria para el uso del gas natural y así aumentar la producción, ya que además de afectar hogares con la falta de este servicio básico, afecta a grandes plantas en detención en su producción, del mismo modo se debe sumar la construcción de plantas de gas, para luego ubicarlas de manera uniforme en cada estado atendiendo a la demanda del área de acción y así, poder atender las necesidades colectivas, con respecto al uso de este producto.(ver figura 6)



Figura 6: Alternativa de uso de gas.

Fuente: Bid periodico,(2019).

Por otro lado, en estos últimos tiempos, el país presenta mala gestión en la producción de servicios básicos, dejando en múltiples ocasiones sin este servicio a gran parte de los habitantes del país, dejándolos sin otras opciones, más que fabricar cocinas artesanales donde se involucra la tala de árboles para la cocción de alimentos. Parte de toda esta problemática, le corresponde vivirla a una familia promedio en Venezuela, teniendo que ir en búsqueda de otras soluciones

viables, como cocinas eléctricas o fogones de carbón, limitando algunas comodidades.(ver figura 7).

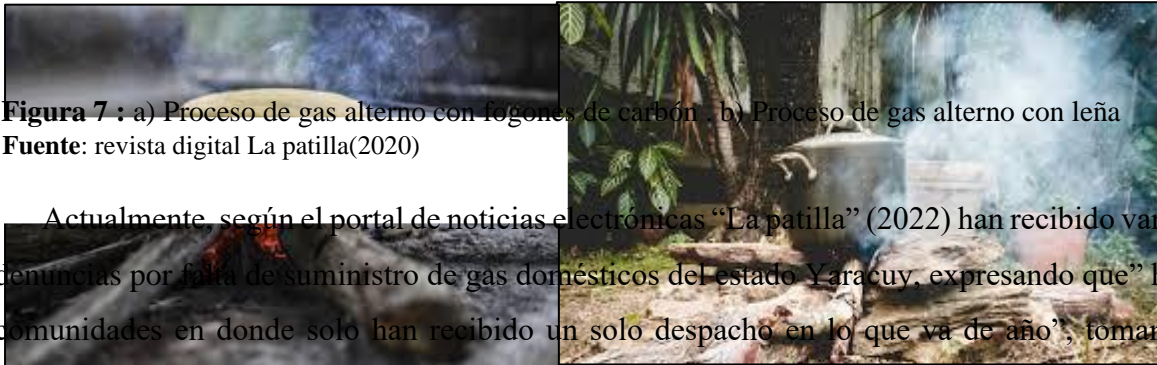


Figura 7 : a) Proceso de gas alterno con fogones de carbón . b) Proceso de gas alterno con leña
Fuente: revista digital La patilla(2020)

Actualmente, según el portal de noticias electrónicas “La patilla” (2022) han recibido varias denuncias por falta de suministro de gas domésticos del estado Yaracuy, expresando que “hay comunidades en donde solo han recibido un solo despacho en lo que va de año”, tomando testimonio de algunos afectando que manifiestan que “en su casa están cocinando con hornilla eléctrica y cuando se va la energía pasan dificultad para poder preparar los alimentos, algo que es una necesidad vital”. Vecinos de los alrededores del estado, indicaron al portal que “la única vez que han recibido gas fue el 5 de abril y desde entonces están a la espera del despacho pese a que ya les cobraron”. La principal razón por la cual estas comunidades no han podido abastecerse se desconocen ya que hay poca comunicación a la hora de la respuesta hacia estos ciudadanos, pero en sus posibles razones puede estar el deterioro de los camiones, la falta de combustible para estos o falta de producción de gas.

Según Genesis Torres, habitante de la comunidad La Vidriaca en Nirgua, Yaracuy, manifestó a mediados del año actual, al portal de noticias Termómetro nacional (2022) que “tiene cuatro meses esperando la jornada de gas doméstico que, hasta la fecha no se ha dado” y aseguró que “ella como la mayoría de los vecinos del sector se han visto en la obligación de cocinar a leñar, lo que a su vez ha provocado que niños y adultos padezcan de enfermedades respiratorias”.

Del mismo modo y tomando en cuenta el crecimiento de la población mundial y la propia industria petrolera, desde hace más de cinco años, se han estado haciendo estudios en las reservas de gas natural alrededor del mundo, en Venezuela específicamente, alrededor del año 2010 se hicieron estudios probando que se tendría gas natural, de su mayoría extraído del subsuelo asociado al petróleo, para aproximadamente 58 años más, y más de 110 años si se toman en consideraciones las reservas totales. Estos datos han venido variando en los últimos

años debido al alto consumo y que existe mayor demanda que producción, así como también la reinversión de otra manera de conseguir gas natural y que su uso debe plantearse para futuras generaciones.

En relación a esto, y de acuerdo a lo planteado por el director del Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, la UNAM por sus siglas, Claudio Estrada Gasca(2021), afirmó en el año 2021 que “faltan 42 años para que se agoten las reservas de crudo existentes en el planeta y 65 años para que se agoten las reservas existente del gas natural”, mencionando de igual manera que “el crecimiento de la población mundial y con una mayor expectativa de vida provocan avances científicos que se acercan a estos datos, y a medida de que pasan los años, con el consumo y el incremento en el número de población humana por año, el número exacto de cuando el planeta se quedará sin este combustible fósil menor varia”.

De allí que con las mejoras ambientales que se han presentado en los últimos tiempos, se espera que dure más años, aumentando 8 años más, sin embargo el consumo de gas crece un 5% anualmente, lo que hace que esa cifra, siga cambiando. Solamente en China se lleva un tercio de este crecimiento, lo cual indica que entre la construcción y la industria son responsables de casi un 80% de la demanda mundial y seguirán aumentando estos números con el paso del tiempo y el aumento de la población.

Es por esto que, con el incremento e idealismo de nuevas formas de conseguir alternativas para suplantar el alto consumo de gas natural, buscar ideas renovables debe ser uno de los principales planes de los gobierno de distintos países, no solamente por cuestiones de tipo ambiental y de seguridad en el suministro, sino porque además representan un desarrollo industrial impresionante, el gas natural fortalece su crecimiento y es un producto energético con mayor potencial de consumo.

1.2. Formulación del Problema

Del planteamiento anterior se desprende una serie de interrogantes que puede ser resumida en lo siguiente: ¿De qué manera se puede obtener una fuente de biogás en un hogar comunitario a través de residuos orgánicos?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer el diseño de un sistema para la obtención de biogás como alternativa agroecológica en la utilización doméstica.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual sobre la escasez de gas natural en Venezuela.
- Seleccionar la alternativa de las distintas formas de descomposición de desechos orgánicos que se ajusten al tipo de biogás.
- Diseñar un dispositivo para recopilar y hacer uso de los gases generados por la descomposición de desechos orgánicos.
- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y financiera del equipo diseñado.

1.4. Justificación de la investigación.

El uso de las máquinas y plantas que se encargan de sacar, perforar y extraer el petróleo de la tierra, es un sistema que a pesar de las previsiones que se tomen, dañan la superficie terrestre y contribuye a la contaminación del medio ambiente, muy a pesar de los distintos métodos que se apliquen para la extracción del gas natural, siempre se expone a fugas de gases que pueden llegar a afectar a los seres humanos ya que es un gas natural muy tóxico y por ser muy inflamable puede ocasionar explosiones, provocando gases de efecto invernadero, sobre todo dióxido de carbono, y fracturas hidráulicas terrestres en la superficie de la tierra que han provocado terremotos.

De allí que para mitigar o minimizar un poco estos procesos, se han venido creando otras formas de gestionar gas o energía de una manera más amigable con el medio ambiente y obteniendo un resultado con la misma función que con los antiguos métodos, lo que conlleva a una buena forma de pensar en el futuro. Es por esto que al introducir el concepto de Biodigestor se podrá solventar algunos problemas de las comunidades en Venezuela, de una manera sencilla, cuidando y reduciendo la contaminación hacia el medio ambiente, como uno de los principales puntos que se buscan con esta investigación.

De acuerdo a lo tecnológico esta investigación se justifica en el tema ya que a través de un biodigestor se puede llegar a producir de 200 a 400 m³ de biogás por tonelada de materia fresca, dándole otro uso a los desechos orgánicos que suelen dejarse en el suelo. Todo esto debido a que actualmente el sector ganadero y agrícola tiene un desarrollo tecnológico, el cual permitirá aprovechar los residuos generados orgánicamente como fuentes de energía para las zonas rurales con difícil acceso, ya sea por falta de combustible u otros problemas.

En cuanto al tema ambiental, la investigación se justifica ya que se busca diseñar a través de distintos objetos reusables que sean posible utilizar como contenedor de los desechos

orgánicos de manera que sea de fácil acceso, con materiales que están al alcance para todos y sean económicos, buscando crear otro uso para estos materiales desechables no orgánicos y contribuir con la mejora del medio ambiente, todo, en una sola acción. Así mismo la introducción de un biodigestor en una familia significa que no se requiera la quema de leñas, carbón, o depender de los combustibles fósiles para cocinar, ni cortar más árboles.

En cuanto a lo académico, este trabajo se justifica metodológicamente, ya que se puede realizar futuras investigaciones usando técnicas compatibles en la obtención de datos, de tal forma que se posibilite el análisis en conjunto, comparaciones entre periodos temporales concretos y evaluaciones de los ensayos que se obtendrán con las distintas materias primas llevada a cabo, dando opciones fáciles y rentables tanto a la zona urbana como la agrícola.

También, como alternativa se busca aminorar las consecuencias del impacto ambiental creadas por el hombre, solventando las consecuencias de escasez, y producciones no convencionales de gas para cocinar o calentar agua, utilizar no solo de desechos orgánicos agrícolas, como la bosta de ganado, también se podrá hacer uso de elementos orgánicos biodegradables tales como conchas de cebollas, tomate, cambur, entre otros alimentos orgánicos que cumplan con el sistema ecológico propuesto y buscar una solución tanto para las zonas urbanas que presentan fallas de escasez en sus hogares como para las zonas agrícolas con otro uso principal para los desechos orgánicos del ganado porcino y vacuno

1.5. Alcance y Limitaciones

Esta investigación se realiza bajo estas premisas:

1.5.1. Alcance

El alcance que se presenta en este trabajo de grado está relacionado con los objetivos específicos y generales planteados, buscando encontrar los beneficios que pueden ser brindados a través de la solución y la alternativa planteada ante la problemática antes descrita y saciar las necesidades básicas de los ciudadanos afectados por esta escasez o falta de suministro.

1.5.2. Limitaciones

- Tiempo para la realización de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Para fundamentar esta investigación se realizó la revisión de estudios relacionados con esta área de conocimiento, de allí que las investigaciones con fines relacionados a este trabajo especial de grado, permitieron dar a conocer la visión y aporte realizados por otros autores.

2.1.1 Antecedentes nacionales

Solano P., J.A. (2019), realizó un trabajo de grado para la obtención de Doctorado en Desarrollo Sostenible en la Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, con el título “**Pre-**

factibilidad de generación de energía en zonas ganaderas mediante la Biodigestión de residuos agropecuarios como apoyo a la transición energética en Venezuela". En este estudio habla de los asuntos importantes para distintos países en la toma de decisiones a corto plazo respecto a las acciones de mitigación y adaptación de los impactos asociados al cambio climático, teniendo como causa principal, la quema de combustible fósil.

A través de su estudio, se plantea la biodigestión de residuos agropecuarios, específicamente de ganadería mediante diferentes softwares especializados asociados a una solución para la seguridad energética local, no solo como una alternativa de tecnología de generación de energía renovable a partir de biogás, si no como una buena forma de reducir, a su vez, las emisiones directa de metano provenientes de la degradación natural de estiércol de ganado y los beneficios que conlleva la creación y utilización de plantas de biogás a la contribución del medio ambiente.

Este estudio aporta a la investigación ya que se tiene como referencia las bases teóricas para la producción de biogás utilizando a través de estiércol de ganado en un biodigestor y analiza la pre-factibilidad económica de la construcción de plantas de biogás a nivel agroindustrial en zonas ganaderas del país. Estos aportes dados por la investigación facilitan la posibilidad económica de la actual investigación para la contribución de reducir las dificultades en las distintas zonas del país.

Por otro lado, en el año 2021, en la Universidad Simón Bolívar, Durán, Martín y Rodríguez, Davna, hicieron un estudio sobre el **"Control del biogás de vertedero en Venezuela y el resto del mundo. Entre los acuerdos de Kyoto y París"**. En este trabajo se discute la utilización de herramientas vinculadas como mecanismo de desarrollo sostenible para continuar marcando el camino para el uso de tecnologías que promuevan el desarrollo sostenible de materia biogás, tanto como para su control como para un aprovechamiento posterior con mecanismo de desarrollo limpio.

En el trabajo se habla del acuerdo de París donde se establece a través de un tratado internacional un acuerdo sobre el cambio climático jurídicamente vinculante para llevar a cabo un desarrollo y la transferencia para mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, el Protocolo de Kyoto, que relata un objeto para ayudar a países a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Utilizando esto en su contra, formaron tecnología para promover el desarrollo sostenible del biogás basando en formar leyes y políticas que permitan disminuir y controlar estas emisiones provenientes del sector de desechos.

Este trabajo sirve como referencia porque se estipulan herramientas apropiadas para convertir los sitios de disposición final no controladas en Venezuela en lugares donde se pueda controlar la emisión de biogás para disminuir los gases de efecto invernadero y lograr darle una segunda vida apoyándose en leyes y tratados previamente establecidos.

Así mismo, Herrera, J., Álvarez J. y Benítez L. (2018), estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Central de Venezuela, tres jóvenes venezolanos, que actualmente forman parte de Civil Green Venezuela, una compañía que apuntó al uso de recursos renovables y a la no dependencia de hidrocarburos y mediante la cual ha creado biodigestores para generar energía, fertilizantes y tratar aguas residuales. Su idea nació en el 2014 y se formalizó en el 2018, el día de hoy ya han instalado cuatro biodigestores rurales en distintas zonas del territorio nacional.

Con esta iniciativa, hasta los momentos han generado únicamente sistemas de biodigestores rurales, en Civil Green Venezuela tienen el objetivo de desarrollar, en el país y en la región, biodigestores pensados para hogares, industrias y también en escuelas. Además de los biodigestores, estos jóvenes ofrecen bombas de agua de ariete, las cuales no requieren de electricidad ni combustibles fósiles y, hasta la fecha han instalado dos en Caiza, en el municipio Sucre, a esta lista le siguen agregando servicios como energía solar, el diseño arquitectónico ecológico y muros de contención de materiales reciclables.

Su proyecto industrial y amplio, consta de biodigestores envasados en bolsas capaces de soportar fuertes presiones, estas van en huecos rectos hechos de manera vertical en la tierra para poder abarcar los biodigestores, están conectados a un tubo de conexión que los conecta con las bolsas a través de mangueras, de esta misma manera, los tubos tienen una toma para conectar directamente los distintos dispositivos a donde se quiera transferir el gas.

Esta investigación aporta al trabajo especial de grado ya que da a conocer el capital humano utilizado en la organización y la manera de obtener el servicio básico, de cómo se hizo para hundir y ocultar los biodigestores bajo tierra, brindando aportes para que la obtención de gas metano se genera en menos tiempo.

2.1.2. Antecedentes internacionales

A nivel internacional abarca muchos antecedentes que se pueden mencionar relacionados con la utilización de la biomasa para generar biogás a partir de las distintas materias orgánicas. A modo de referencia se pueden indicar algunos enlaces, que incluyen buena información sobre plantas de biogás.

En la Universidad Nacional de Jaén, Cabrerías, W., Collasos, D. y Vargas, L.(2019) presentaron un trabajo de grado para el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico con el nombre **“Diseño de un Sistema de Biodigestores para el aprovechamiento energético de los**

residuos orgánicos del camal municipal de Jaén- Perú” donde se desempeñaron en diseñar un sistema para aprovechar los desechos orgánicos de los animales vacunos y porcinos para lograr su aprovechamiento y evitar generar contaminación en vez de sacrificar a estos.

En este estudio se determinó la cantidad específica de materia orgánica que se genera en el camal municipal diaria y se hicieron cálculos para estimar la cantidad de materia orgánica necesaria para cubrir las necesidades de la zona. Con un estimado de 646.5 kg de materia orgánica diaria, se dispusieron tres reactores tubulares, determinando sus dimensiones y los accesorios básicos para su funcionamiento.

Este estudio sirve de manera práctica para la investigación actual ya que nos da un estimado de producción diaria de cantidad de biogás que se puede generar teniendo una fuente de producción diaria de materia orgánica. Con los 646.5kg se generó, aproximadamente, 18.91 m³ de biogás, también aporta la evaluación económica que mostraron, donde se probó que este tipo de proyectos es viable para la sustitución de poblaciones.

En el año 2020, en Ecuador, Torres, Ana G. realizó para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, un trabajo de grado para la obtención del título de Ingeniería Ambiental con el título de **“Diseño de un biodigestor anaeróbico para la obtención de metano a partir de residuos lignocelulósicos de la industria maderera y asesorías”** en donde se diseñó un biodigestor anaeróbico, utilizando los residuos de aserrerías que se venían considerando un problema para el ambiente, como materia prima.

En el estudio se tuvo que cuantificar cuál era la producción de los residuos de aserrín de madera y, posteriormente definir a través de ensayos experimentales un proceso de desintegración mediante el uso de sosa cáustica necesario para su posterior uso. A partir de los ensayos se relevó que se podía mezclar el aserrín con estiércoles de vaca, ganado vacuno y agua respectivamente.

A través de estudio se pueden tomar como referencia los resultados obtenidos para la eficiencia del uso de distintos tipos de biomas para la actual investigación, dando como referencia que, si se tiene una mezcla de biomasa y agua, los porcentajes de metano pueden estar, aproximadamente, entre 50% y 70%, y un dióxido de carbono de alrededor 30%, entrando estos valores en el rango debido para una producción eficiente de biogás.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Teorías de la Investigación

En relación a la teoría cinética de los gases, el gas ideal bidimensional debe estar encerrado en un recipiente que disponga de un émbolo móvil, para poder aumentar o disminuir el área

del gas. Con estas condiciones las moléculas se colocan inicialmente en posiciones aleatorias, las direcciones de sus velocidades también son aleatorias y sus magnitudes son iguales y proporcionales a la raíz cuadrada de la temperatura, ver figura 8, teniendo un sistema de partículas en equilibrio a la temperatura, chocan elásticamente entre sí y con las paredes del recipiente hasta el momento de su apertura, donde viajarán desde la manguera hasta el sitio de conexión.

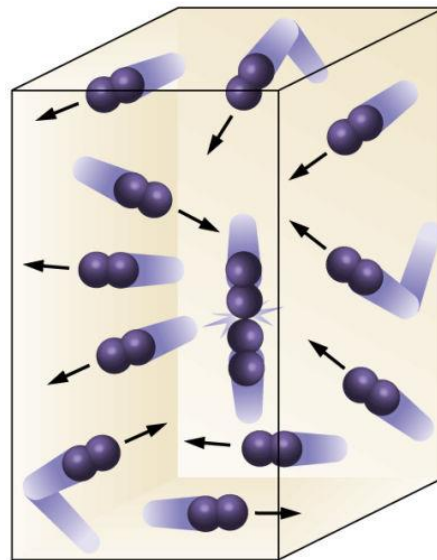


Figura 8: Moléculas moviéndose en espacio cerrado

Fuente: cultura científica,(2017).

Con la hipótesis del fusil de clatratos se establece el aumento de la temperatura del mar con relación a la liberación repentina de gas metano desde los compuestos de clatrato situados en los fondos oceánicos, pudiendo provocar una alteración en el medio ambiente de los océanos y la atmósfera de la tierra. En la figura 9 se puede observar una ilustración de cómo se efectúa la hipótesis.

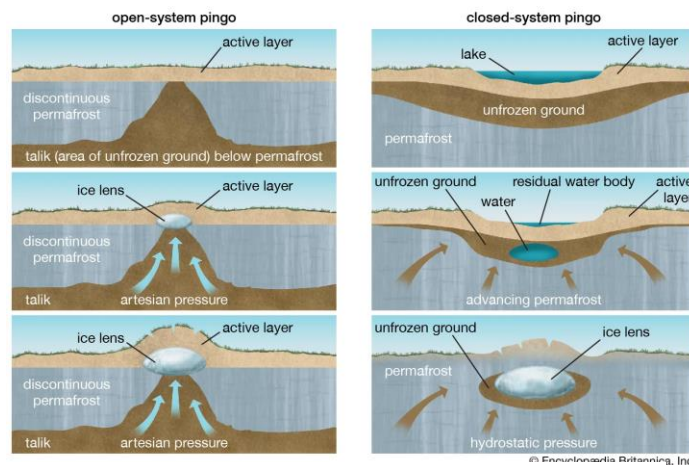


Figura 9: Fondo de océanos con liberación de gas.

Fuente: Britannica ,(2018).

Esta liberación de gas es un hipotético efecto invernadero descontrolado, es necesario controlar estos gases, para no solo evitar el aumento de temperatura global, si no también poder usarlos en ambientes donde sus propiedades sean utilizadas para promover distintas actividades diarias sin la necesidad de quemar combustibles fósiles.

La teoría ambientalista respalda varias acciones que se toman en cuenta en la actualidad, como la higiene previene la morbilidad y que con un ambiente limpio el número de casos de infección disminuye, esta teoría expresa que es importante convivir dentro de espacios y ambientes limpios y no contaminados para así, aumentar la calidad de vida de los seres humanos y disminuir las catástrofes naturales e infecciones. Sin un uso controlado de los gases que se desprende hacia el medio ambiente, se corre el riesgo de aumentar la infección en lugar de su disminución, alterando al ecosistema y el sistema nervioso de los seres que habitan el planeta.

2.2.2. Biogás

En la actualidad se conoce que los combustibles fósiles han alcanzado un precio muy alto, siendo los países desarrollados los máximos consumidores y también los máximos contaminadores debido a su consumo en gran escala a nivel global. Por tal motivo, el tema de obtención de fuentes renovables de energía es muy llamativo para las sociedades desarrolladas y muy necesarias para las subdesarrolladas; en éste sentido algunos expertos afirman que “a escala global se prevé un agotamiento de los combustibles fósiles para los venideros años y un incremento de la carga contaminante de los mismos, si no se toman las medidas pertinentes a tales efectos”. (Hernández, Kanswohl, & Schlegel, 2008, 74).

Dentro de las fuentes renovables de energía, el biogás constituye una importante fuente, ya que puede producir energía por medio de diversas fermentaciones. Autores como Gutierrez Vera, 2001, realiza una separación de los elementos del biogás para mostrar las proporciones en las que indica que éste se compone aproximadamente de una mezcla constituida por metano CH₄ en una proporción que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Se genera a partir de reacciones de biodegradación de la materia orgánica de forma natural o artificial en dispositivos específicos. En la figura 10 se representa un esquema donde se muestran los valores energéticos que aportan el biogás dependiendo de la materia prima.



Figura 10: Esquema valor energético de un biogás estándar respecto a otras fuentes

Fuente: El blog verde,(2019).

En acuerdo con lo indicado anteriormente, otros autores afirman que “Los productos residuales de la fermentación tienen aplicaciones en forma de fertilizantes, los sedimentos resultantes de la digestión anaerobia conservan los nutrientes (Sales Minerales y Nitrógeno) y se ha comprobado que su valor fertilizante es superior al de la materia orgánica original”. Jiménez, 1989, para observar de forma gráfica la obtención del biogás, se desprende la figura 10, donde se muestra el proceso de obtención del biogás mediante la fermentación anaeróbica, mencionando por área los componentes que lo integran y que actúan en él.

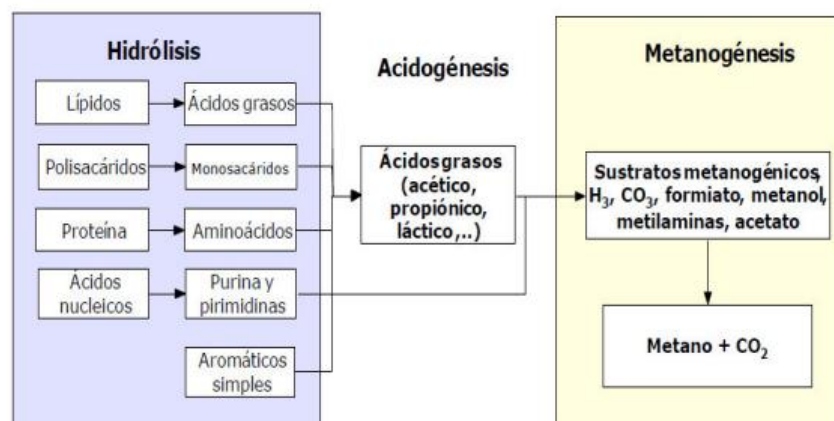


Figura 11: Obtención del biogás mediante fermentación anaeróbica

Fuente: Scielo,(2018).

Como se puede observar, en la figura 11, el proceso comienza colocando las sustancias para posteriormente agregarles sustratos metanogénicos y posteriormente terminar con la obtención del CH_4 y CO_2

Al igual que el gas natural, el biogás tiene una amplia variedad de usos, pero al ser un derivado de la biomasa, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás. La presión económica sobre los productos agrícolas convencionales se encuentra en continuo aumento. Muchos agricultores se ven obligados a renunciar a su producción, principalmente debido a que sus tierras no presentan rendimientos rentables. Sin embargo, en muchos países la producción de biogás se encuentra subvencionada o presenta incentivos económicos, proporcionando a los agricultores un ingreso adicional.

Por lo tanto, en el sector agrícola, la implementación de tecnologías de digestión anaeróbica puede permitir obtener importantes beneficios económicos, ambientales y energéticos, (ver figura 12). Por otra parte, permite una gestión mejorada de nutrientes, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la captura y uso de biogás. Cuando los residuos orgánicos se someten a una degradación aeróbica, se generan compuestos de bajo poder energético como CO_2 y H_2O , perdiendo gran parte de la energía, pues éstos se liberan a la atmósfera. Se estima que la pérdida de energía de un proceso aeróbico es aproximadamente veinte veces superior al de un proceso anaeróbico.

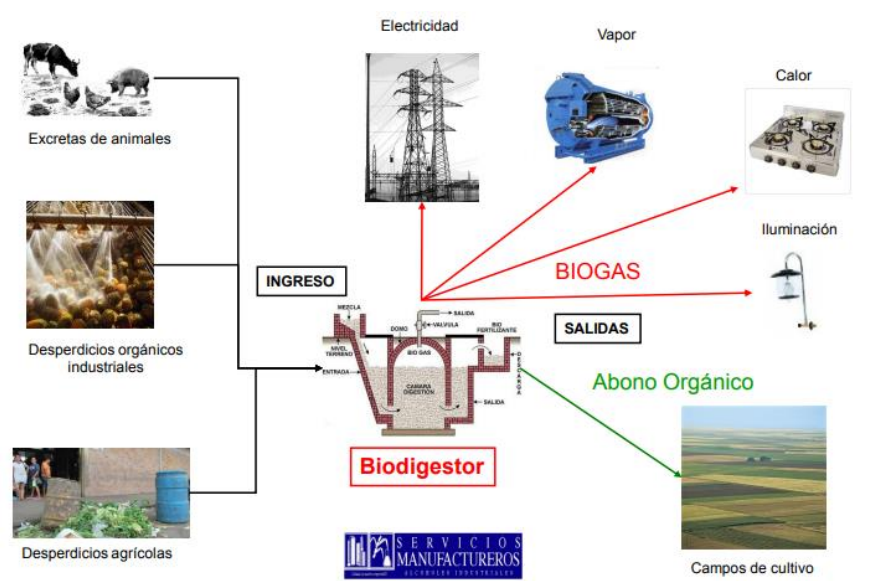


Figura 12: Esquema básico de la producción de biogás

Fuente: Brainly,(2020).

2.2.3 Biodigestor

Un biodigestor es un contenedor cerrado, hermético e impermeable, dentro del cual se coloca el material orgánico, en relaciones de estiércol-agua, y tiempos de retenciones para la degradación anaerobia, generando gas metano y fertilizantes, disminuyendo el potencial contaminante de los excrementos. Puede ser construido con diversos materiales como ladrillo, cemento, metal, plásticos, entre otros.

La creación y diseño de los biodigestores se hace acorde a su finalidad, dependiendo del tipo de ganado y temperatura a la que se va a trabajar. Puede ser diseñado para la eliminación del estiércol producido en granjas o como herramientas de saneamiento básico en colegios. (ver figura 13).

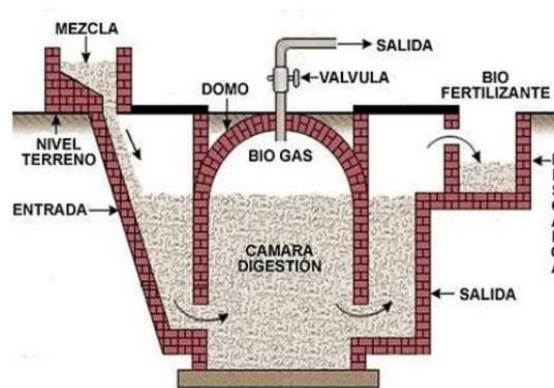


Figura 13: Esquema básico de un biodigestor

Fuente: Electricidad harinero,(2019).

Los materiales que se utilicen para la construcción tienen gran importancia ya que deben cumplir con la resistencia a los esfuerzos de origen tanto mecánico como térmico, resistencia al ataque químico, posibilidad de ser moldeado y/o construido localmente, disponibilidad local y compatibilidad ambiental. Ya que los aspectos físicos son fáciles de calcular se tiene un mayor enfoque en los aspectos de disponibilidad y posibilidad de operación, es por eso que se hace un análisis detallado antes de tomar una decisión.

De lo anterior se puede decir que los biodigestores están compuestos por cámaras de carga en donde se almacena los desechos orgánicos y se debe llenar antes, tienen conductos, canales y bombas, con ellos se puede diferenciar los fluidos existentes dentro del proceso, antes, durante y después de la digestión, como son los fluidos gaseoso, el biogás, y el fluido semi-líquido, el sustrato, en la figura 14, se representan las partes que conforman al biodigestor.

2.2.3.1. Partes fundamentales del biodigestor.

1. **Entrada de mezcla desperdicios/agua.** Es un depósito cuadrado o cilíndrico donde se recibe el material orgánico, en el cual se realiza la mezcla con agua, para obtener un sustrato óptimo para la fermentación.
2. **Cámara de fermentación.** Es el lugar donde se produce la degradación del material orgánico en ausencia de oxígeno en tiempos prolongados de fermentación, generando biogás.
3. **Depósito de salida:** Es aquel depósito donde se recoge el fertilizante producido de manera momentánea.

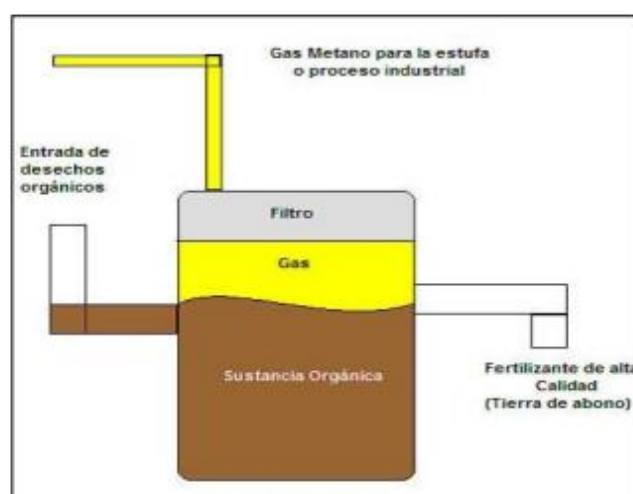


Figura 14: Partes de un biodigestor

Fuente:Zootecnia y veter,(2019).

Como resultado de esta transformación del material orgánico, se generan productos con un alto grado de concentración de nutrientes que pueden ser empleados de forma inmediata, ya que el tratamiento anaerobio elimina los malos olores y la proliferación de vectores. Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la DQO y la DBO hasta en un 90%.

El biodigestor puede ser empleado por familias campesinas, ya que se puede utilizar materiales de bajos precios, es fácil de construir, además se aprovecha el estiércol como materia prima, minimizando la contaminación ambiental y ayudando a resolver problemas energéticos de las familias campesinas de las zonas rurales

Es importante indicar que para el manejo de sustrato se involucra la recolección y el transporte de la materia orgánica a digerir, la alimentación del sistema que se está fermentando

y el vaciado del digestor. El diagrama de flujo del sustrato mostrado en la figura 15, se muestran las distintas etapas.

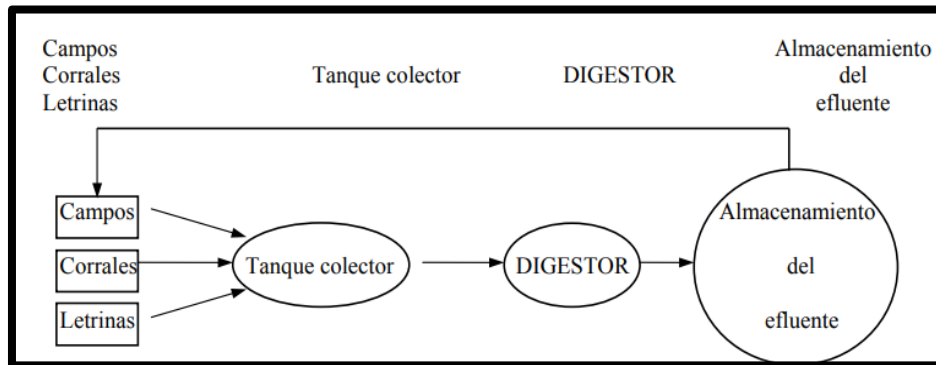


Figura 15: Etapas de un Biodigestor.

Fuente: Manual para la producción de biogás, Instituto de Ingeniería Rural

De la figura anterior se puede indicar que las etapas mostradas pueden variar dependiendo del tipo de sistema que se esté aplicando, también se pueden hacer de manera continua o intermitente, manuales o automatizadas. De igual forma pasa con el manejo y transporte del sustrato, estos varían con respecto a la naturaleza del mismo y la clase del proceso utilizado.

Por otro lado, el biogás mezclado con aire puede ser quemado en un amplio espectro de artefactos descomponiéndose, principalmente en CO_2 y H_2O . Se requiere un mínimo de presencia de aire del 21%, pero se debe aumentar para lograr una buena combustión. El gas debe de tener una relación aire-gas, esta puede ser ajustada mediante la presión del aire por una válvula dosificadora de gas, para el biogás, es necesario que se tenga una apertura de 2 a 3 veces mayor a la que es utilizada, ya que se tiene la presencia de metano puro y se modifica la geometría del paso del aire desde el exterior.

Las materias primas fermentables que pueden ser utilizadas para la obtención de gas metano dentro de los digestores están dentro de un amplio espectro de excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias (producción de alcohol, procesado de frutas, verduras, lácteos, carnes), restos de cosechas y basuras de distintos tipos, como los efluentes de determinadas industrias químicas. Para lograr el proceso microbiológico no solo es necesario de fuentes de carbono y nitrógeno, también deben estar presentes un equilibrio de sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros).

Es importante indicar que usualmente las sustancias orgánicas como estiércoles y lodos cloacales están en presencia de estos elementos en adecuadas proporciones, pero, la digestión de ciertos desechos industriales puede presentarse como un caso donde es necesario añadir compuestos enumerados o bien un post tratamiento aeróbico. En el cuadro 1 cuadro se muestra

las cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales, el rendimiento que es capaz de producir en gas de los mismos, tomando como una referencia la cantidad en kilogramos de los sólidos volátiles y el peso del animal.

Cuadro 1. Kilogramo de estiércol producido por distintos tipos de animales.

Especie	Peso vivo	Estiércol kg/día	%CH ₄
Aves	1.5	0.006	60
Caprinos	40	1.5	–
Cerdos	50	4.5-6	65-70
Equinos	450	12-16	65
Ovinos	45	2.5	63
Vacunos	400	25-40	65

Fuente: Manual para la producción de biogás, Instituto de Ingeniería Rural

Conforme esta información de acuerdo a los distintos animales, se tiene algo llamado tiempo de retención, que igualmente, varía dependiendo el estiércol utilizado. El tiempo de retención se define como el valor de los días del cociente entre el volumen del digestor y el volumen de carga diaria. Se puede tener valores aproximados de la composición principal en los principales macronutrientes que consumen los animales, sin embargo se debe tener en cuenta que estos valores son sólo indicativos, ya que varía dependiendo el tipo de alimentación, raza, manejo, entre otros, que tengan los animales y el tratamiento que sufran los estiércoles antes y después de su digestión, pueden variar los valores de manera significativa. (ver cuadro 2)

Cuadro 2. Valores indicativos que pueden existir dependiendo de las materias primas

Estiércol	Composición en %				Relación nutritiva	
	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
Aviar	0.46	0.2	0.5	2.3	1	2.5
Porcino	0.72	0.4	0.3	1.8	1	0.6
Vacuno	3.60	4.6	2.5	0.8	1	0.6

Fuente: Manual para la producción de biogás, Instituto de Ingeniería Rural

Los digestores pueden trabajar con régimen estacionario o discontinuo, un sistema de carga diaria, va a tener un tiempo de retención determinado por el volumen diario que se carga y va a ser necesario para alimentar al digestor, teniendo la siguiente relación:

$$\text{Volumen de carga diaria} = \frac{\text{volumen del digestor}(m^3)}{\text{Tiempo de retención}(días)} \left(\frac{m^3}{días} \right)$$

Sin embargo pueden existir variables diferentes entre los tiempos de retención de los líquidos y sólidos dependiendo del diseño del reactor, el mezclador y la forma en que se extraen los elementos, es por eso que se determinan ambos valores. En cuanto al tiempo, está relacionado con el tipo de sustrato y la temperatura del mismo, es porque la temperatura para que inicie el proceso debe estar, como mínimo, de 4° a 5° C y no debe sobrepasar una máxima de 70 °C. Tanto la actividad biológica como la de producción de gas aumentan con la temperatura, de no generarse calor en el proceso la temperatura deberá ser lograda y mantenida con energía exterior. En la figura 16, se observa la producción de gas a diferentes temperaturas.

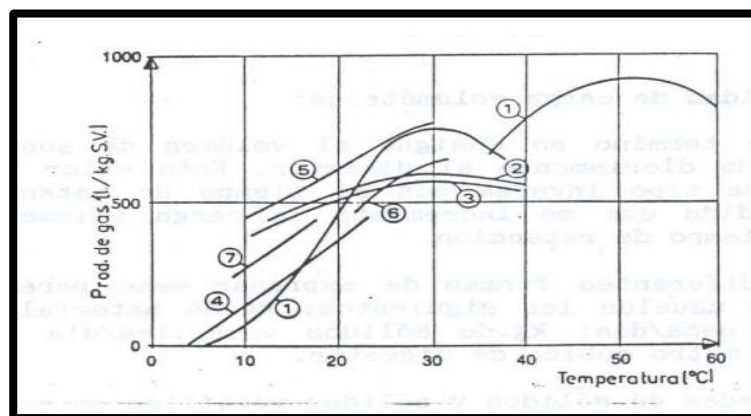


Figura 16 : Producción de gas a diferentes temperaturas

Fuente: Manual para la producción de biogás, Instituto de Ingeniería Rural

De igual forma se puede relacionar la producción diaria de estiércol con el peso vivo para los animales, estos parámetros están dados en el cuadro 3. La mezcla entre los diversos materiales disponibles es factible y algunas veces recomendable. Los desechos animales se mezclan bien con el agua, pero igual no sucede con la mayoría de los restos vegetales. Existen múltiples propiedades como granulometría del material sólido pH, contenido de sólidos volátiles y sólidos totales que pueden ser necesarios ocasionalmente, en su uso en general para

materiales orgánicos de origen vegetal, incluso estiércoles, el contenido de sólidos volátiles que representa la fracción sólida transformable en gas, es de 80% o más en sólidos totales, estos corresponden a la fracción excedente del material cuando es sustraído con su contenido de agua.

Figura 17: Relación entre la producción diaria de estiércol y el peso vivo de los animales.
Animal **Estiércol producido** **Contenido de sólidos**
relación al peso vivo (%) **del estiércol (%)**
Fuente: Horta Nogueira, Luiz Ausguto, (2018).

De manera más explicativa se muestra en el cuadro 3, los valores indicativos que pueden existir dependiendo de las materias primas más comúnmente utilizadas en la digestión de estiércoles a la temperatura adecuada a la que los organismos tienen un crecimiento óptimo (entre 20° y 45°C), en relación con los tiempos de retención, y en la figura 17 se aprecia la relación que existe entre la producción que tiene un tipo de estiércol diario con el peso que tenga el animal del que proviene la materia prima.

Cuadro 3 Valores indicativos que pueden existir dependiendo de las materias primas con respecto al tiempo de retención

Materia Prima	Tiempo de retención
Estiércol vacuno líquido	20- 30 días
Estiércol porcino líquido	15-25 días
Estiércol aviar líquido	20-40 días

Fuente: Manual para la producción de biogás, Instituto de Ingeniería Rural

Al momento de definir el volumen establecido para el biodigestor se debe determinar el tiempo de residencia o retención y la cantidad diaria de biomasa, el volumen del biodigestor está dado por la relación entre estos dos valores. Es necesario diluir los estiércoles animales para, de esta manera, tener una mejor fluidez, la solución de estos puede ocurrir en agua. En el cuadro 4 se expresan las cantidades de agua que se debe agregar dependiendo del tipo de estiércol.

Cuadro 4 : Valores de la cantidad de agua que se debe adicionar al estiércol

Estiércol	Litros de agua adicionada por 100 Kg de estiércol	Relación en peso agua/estiércol
bovino	100	1:1
porcino	130	1,3:1
avícola	200	2:1

Fuente: Manual para la producción de biogás, Instituto de Ingeniería Rural

2.2.3.2. Tipos de biodigestores

Los biodigestores se pueden clasificar de diversas formas, pero la importancia radica en la frecuencia de cargado, ya que esta determina la cantidad de sustrato o biomasa que entrará en el proceso de digestión anaerobia. Es así que tenemos la siguiente clasificación.

- **Biodigestores discontinuos** Son aquellos biodigestores que una vez realizado carga del sustrato, ya no se puede meter o sacar el material hasta que finalice el proceso de biodigestión, es decir hasta cuando ya no se genere más biogás, el cual se vaciará y volverá a cargar nuevamente con el sustrato para iniciar con el proceso. Este tipo de digestores anaerobios permiten mayor carga de materiales poco diluidos, por lo que no usan mayor cantidad de agua que los sistemas continuos. Teniendo como ventaja que no afecta significativamente la presencia de material pesado como tierra o arena.
- **Biodigestores Semi-continuos.** Son aquellos en el cual se cargan diariamente una porción pequeña de sustrato en relación a la contenido total, en estos biodigestores se mantiene el volumen constante de sustrato en el interior. Una limitante importante es la disponibilidad para el contenido de agua, debido a que el sustrato que ingresará al proceso de biodigestión debe componerse de una relación 1:4, es decir una parte del material orgánico y cuatro partes de agua
- **Biodigestores de mezcla completa** Es conocido también como biodigestores continuos, se compone una con una entrada continua del sustrato y una salida continua del producto, este tipo de biodigestores no se completa al 100% el proceso, por lo que no garantizar la eliminación total de agentes causantes patógenos, por lo que es necesaria la recirculación del efluente.
- **Modelo Chino.** Originario de China, es una estructura cerrada que posee una cámara de carga y una cámara de descarga, puede ser construida de cemento, concreto o ladrillo.(ver figura 18)Tienen larga durabilidad, y es bien resistente al ambiente. Unas de las desventajas de estos biodigestores, es el alto costo de construcción.

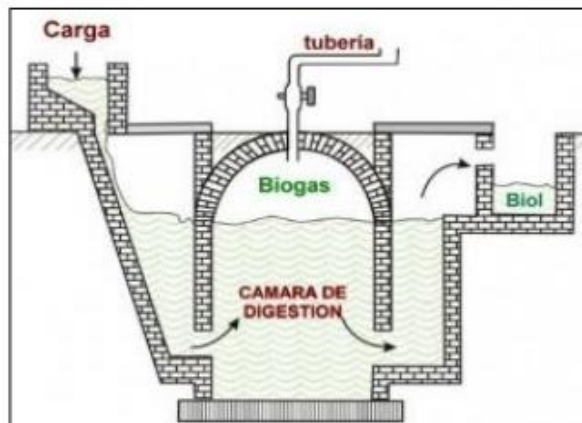


Figura 18: Biodigestor chino

Fuente: Pontón, (2019).

La parte superior es hemisférica al igual que el fondo, la parte interior está sellada con cemento para hacerlo firme, el digestor almacena sólo un pequeño volumen del gas generado en el interior, por lo que se necesita de un sistema de almacenamiento de gas exterior

- **Modelo Hindú.** Originario de la India, es llamado también biodigestor de domo flotante o de campana, el cual se caracteriza por flotar en encima del sustrato debido al contenido de biogás en su interior. Esta campana tiene la habilidad de subir y bajar dependiendo a la cantidad de biogás que se genera en el interior de la estructura, la campana o el domo puede ser de un material resistente a la corrosión y requiere de una guía central o rieles laterales que eviten el contacto con las paredes interiores. En la figura 19, se puede ver cómo están relacionados las partes que componen a este tipo de biodigestor.

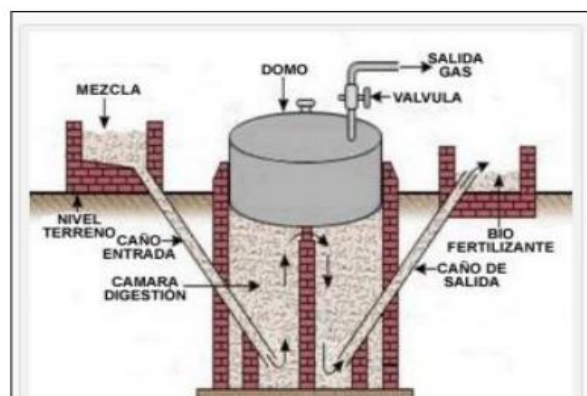


Figura 19: Biodigestor hindú

Fuente: Potón,(2019).

Este tipo de biodigestores no necesita un recipiente externo para almacenar el gas generado, además mantiene una presión relativamente constante al interior de la campana lo que es muy ventajoso.

- **Modelo Horizontal:** se caracterizan por tener la cámara de digestión alargada, donde el material orgánico recorre a lo largo del biodigestor produciendo la degradación anaerobia, en cuyos extremos se sitúan la cámara de carga y la cámara de descarga del sistema, ver figura 20. El modelo horizontal antes descrito, ayuda a que la carga inicial no se mezcle con el efluente, haciéndolo útil en el aprovechamiento de residuos que requieran un tratamiento prolongado.



Figura 20: Biodigestor horizontal
Fuente: Potón,(2019).

Estos modelos horizontales son conocidos como biodigestores familiares de bajo costo, donde las familias campesinas que no tienen suficientes recursos optan por la construcción de este modelo, son fáciles de implementar utilizando plásticos tubulares de polietileno.

2.2.4. Diseño conceptual

Método Vilchez.

El método de Vilchez es un concepto utilizado para seleccionar la mejor solución entre tantas opciones disponibles, es un procedimiento para resolver problemas, esta técnica está conformada por una serie de pasos previos a aplicar, estos pasos pueden usarse de manera gráfica y explícita como pueden ser utilizados sin hacer alarde de que fueron usados. Este método fue elaborado por el profesor e ingeniero Nelson Vilchez de la Universidad de Carabobo, en la figura 21 se muestran distintos métodos que se pueden utilizar para llevar a cabo el procedimiento.

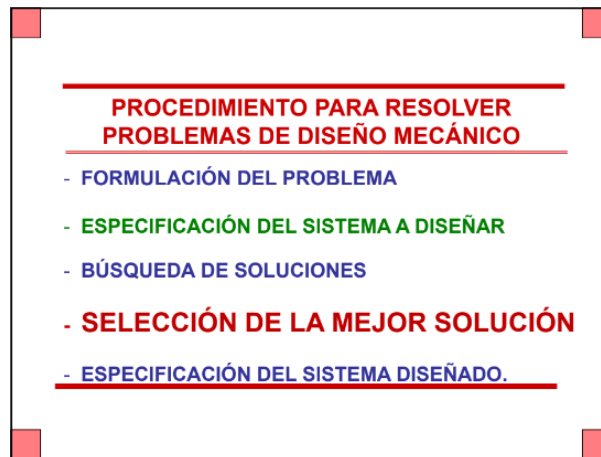


Figura 21: Procedimiento para resolver problemas
Fuente: Guía de proyectos de Nelson Vilchez,(2016)

A través del método se busca simplificar la toma de decisiones al momento de tener varias posibles soluciones, se evalúan las posibles soluciones en base a unos criterios considerados y, ponderando cada una de ellas, luego de revisar todas las probables soluciones, determinando las ventajas y desventajas de cada opción, aspectos sobresaliente de algunas, comparar y combinar opciones para generar nuevas propuestas de solución, mientras más soluciones se tenga, mejor será la toma de decisión final. La figura 22 muestra los pasos dados para cumplir con la selección de la mejor solución comparando con una cantidad de puntos, ponderados, evaluados por criterios.



Figura 22: Selección de la mejor solución.

Fuente: Guía de proyectos de Nelson Vilchez, (2016).

2.2.5 Fórmulas

Para realizar cálculos del tamaño del biodigestor y conocer los valores y parámetros que se obtienen a medida de los datos que pueden cambiar dependiendo de la cantidad de animales utilizados y la cantidad de volumen de biodigestor se tienen las siguientes fórmulas:

- Total del peso vivo: $TPV = NA \times PV$ (1)
- La carga de estiércol por cada tipo de animal en kg/día: $CE = TPV \times PEV \times \frac{TE}{24}$ (2)
- Total de la carga de estiércol: $TCE = \Sigma CE$ (3)
- Cantidad de sólidos totales animales en kg/ día: $TSA = \Sigma CSTA$ (5)
- Cantidad de mezcla de agua en kg agua/día: $MA = \frac{TSA \times 100}{8} - TCE$ (6)
- Biomasa diaria kg/día: $BD = TCE + MA$ (7)
- Volumen de biomasa diariam³/ día: $VBD = \frac{BD}{1000}$ (8)
- Volumen a calcular para el biodigestor: $VB(m^3) = VBD (m^3/día) \times TR (días)$ (9)

Además de estas fórmulas, se necesita conocer la presión interna que está distribuida en el interior, tanto del dispositivo como el prototipo, también saber el esfuerzo y la fuerza que está ejerciendo los gases a las paredes internas del dispositivo.

- Presión: $P = \rho * g * L$ (10)
- Tensión: $\sigma = \frac{p d}{2t}$ (11)
- Fuerza: $F=pDL$ (12)

También se cuenta con fórmulas que ayudan a conocer la cantidad de biogás que puede ser utilizado y, a su vez, llegar a conocer la eficiencia que esta cantidad de biogás puede llegar a tener bajo una prueba de hervido de agua.

- $Cantidad\ de\ biogás = \frac{Peso\ biogás}{Peso\ agua\ a\ calentar(material\ a\ calentar)} (13)$

- $Empleo\ específico\ biogás = \frac{Empleo\ de\ biogás}{89.7 - Temperatura\ inicial\ del\ agua} (14)$

- $Eficiencia\ térmica = \frac{Peso\ de\ agua * CP\ agua * (89.7 - temperatura\ inicial\ agua)}{Calor\ de\ cocción\ de\ biogás.} (15)$

2.3. Bases Legales

Se seleccionará como bases legales que sustentan la investigación lo siguiente: la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), la Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos (2001) y la Ley orgánica de hidrocarburos gaseosos.

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), en su Capítulo VI De los Derechos Culturales y Educativos, define a la educación como un derecho humano y como un deber social fundamental, es democrática, gratuita y obligatoria, lo cual se plantea en los siguientes artículos:

Artículo 102: El Estado la asumirá como función indeclinable y de máximo interés en todos sus niveles y modalidades, y como instrumento del conocimiento científico, humanístico y tecnológico al servicio de la sociedad. La educación es un servicio público y está fundamentada en el respeto a todas las corrientes del pensamiento, con la finalidad de desarrollar el potencial creativo de cada ser humano y el pleno ejercicio de su personalidad, en una sociedad democrática basada en la valoración ética del trabajo y en la participación activa, consciente y solidaria en los procesos de transformación social consustanciados con los valores de la identidad nacional, y con una visión latinoamericana y universal.

Lo anterior guarda concordancia debido a que en ella se establece la educación como un derecho humano que tiene como finalidad desarrollar el potencial creativo de cada ser humano y el pleno ejercicio de su personalidad, entendiéndose el desarrollo tanto de la persona como el del espíritu.

Por su parte la ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos (2001) establece en su artículo 9 lo siguiente:

Artículo 9. A los efectos de esta Ley, se entiende por:

1. Aprovechamiento de materiales peligrosos recuperables: las operaciones o procesos destinados a extraer y utilizar materias primas o energía de materiales recuperables.
2. Desecho: material, sustancia, solución, mezcla u objeto para los cuales no se prevé un destino inmediato y deba ser eliminado o dispuesto en forma permanente.
3. Desechos patológicos: desecho biológico o derivado biológico que posea la potencialidad de causar enfermedades en todo ser vivo.
4. Disposición final de desechos peligrosos: operación de depósito permanente que permite mantener minimizadas las posibilidades de migración de los componentes de un desecho peligroso al ambiente, de conformidad con la reglamentación técnica que rige la materia.
5. Recuperación de materiales peligrosos: operaciones o procesos que comprenden la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o transformación de materiales peligrosos para reúso, reciclaje o aprovechamiento.
6. Reúso de materiales peligrosos: la utilización en el mismo proceso del material peligroso recuperado en el ciclo de producción.

Por otro lado en su artículo 10, se indica lo siguiente:

Artículo 10. A los efectos de esta Ley, las sustancias, materiales y desechos peligrosos se clasifican de acuerdo con los Sistemas de la Organización de Naciones Unidas. Esta clasificación podrá ser actualizada cuando se requiera, tomando en consideración los avances tecnológicos y las caracterización de estas sustancias, materiales y desechos por las organizaciones especializadas, tanto nacionales como internacionales.

En cuanto al uso y manejo de las sustancias y materiales peligrosos, se indica lo siguiente en el artículo 27:

Artículo 27: El uso y manejo de las sustancias o materiales peligrosos deberá llevarse a cabo en las condiciones sanitarias y de seguridad establecidas en la reglamentación técnica, de forma tal que garanticen la prevención y atención a los riesgos que puedan causar a la salud y al ambiente.

En cuanto a la Ley orgánica de hidrocarburos gaseosos (1999) establece en el artículo 8 y en el artículo 15, lo siguiente:

Artículo 8: los almacenadores, los transportistas y los distribuidores de hidrocarburos gaseosos a los cuales se refiere esta ley, tendrán la obligación de prestar el servicio de forma continua y de conformidad con las normas legales, reglamentarias y técnicas de eficiencia, calidad y seguridad.

Artículo 15: las actividades a que se refiere esta ley, deberán realizarse conforme a las normas de seguridad, higiene y protección ambiental que les fueren aplicables, así como a las mejores prácticas científicas y técnicas disponibles para el mejor aprovechamiento y uso racional del recurso.

Lo anterior guarda relación con el principio de responsabilidad, manteniendo una actitud permanente de atención en la ejecución de los compromisos que se han adquirido y responder ante las consecuencias de las actuaciones, omisiones, decisiones y demás maneras de desempeño humano

2.4. Definición de Términos

Anaerobio: que es capaz de vivir o desarrollarse en un medio sin oxígeno

Biodigestor: recipiente o tanque cerrado herméticamente que se carga con residuos orgánicos y, en su interior se produce la descomposición de la materia orgánica para generar biogás.

Biogás: gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, entre otras) y otros factores en ausencia de oxígeno.

Biomasa: materia orgánica utilizada como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza. **Celulósicos:** perteneciente a las células, en su gran mayoría su materia prima es celulosa, polisacárido estructural de las plantas.

Digestor: contenedor hermético donde se depositan residuos orgánicos de origen animal o vegetal, y propiciar las condiciones adecuadas para que tenga lugar el proceso de digestión anaerobia que genera el biogás y los fertilizantes orgánicos (digestatos).

Hojas de bora: se conoce como borra de café al residuo que queda en el filtro o en la manga de tela que se utiliza para colar el café.

Ignición: acción de desencadenar la combustión de un cuerpo.

Inóculo: término colectivo para referirse a los microorganismos o sus partes.

Intercambiadores de calor: es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos fluidos o entre un fluido y un sólido que está en contacto con dos fluidos.

Metanogénicos: formación de metano por parte de los seres vivos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Marco Metodológico

A continuación se presenta el marco metodológico, con la finalidad de señalar los factores, como son los procedimientos y las técnicas que se relacionan con la metodología utilizada para la elaboración de la investigación. Según Arias, F. (2006) “Es un conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.118).

El marco metodológico orienta la investigación realizada en términos de establecer organizadamente y sistemáticamente los métodos a utilizar, igualmente constituye el diseño y el tipo de investigación usada y determina la población de estudio, su validez y confiabilidad. De esta forma, la etapa constituye a la estructura del marco metodológico conduce toda la investigación presente.

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación se basa en la modalidad de Proyecto Especial que, según el manual de la UPEL (2011) “son trabajos que llevan a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizados como soluciones a problemas demostrados, o que responden a necesidades e intereses de tipo cultural”. Además, Arias, F. (2006) plantea que “se caracteriza de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de conocer su estructura o comportamiento”. (p.24)

3.2 Diseño de la investigación

Esta investigación se diseña bajo un diseño de campo que, según Arias, F (2006). “es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (p.31).

En esta investigación se estudia directamente el objeto de estudio, entrando directamente en contacto con el ambiente natural o las personas sobre las cuales se ha hecho el estudio. A través de este método, se recopilan datos e información necesaria para luego analizar y encontrar respuestas, conclusiones o incluso planificar estudios nuevos, donde se busque mejor el entendimiento del tema.

Del mismo modo Arias, F. (2006) habla de las investigaciones documentales como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (p.27)”. Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, esta investigación se basa en un estudio de campo y documental, ya que se realizará una amplia recolección de datos en el entorno donde se llevó a cabo el estudio.

3.3 Nivel de la investigación

El nivel que se relaciona con esta investigación se debe justificar mediante objetivos ya planteados y la posibilidad que posee la investigadora de obtener la información necesaria, en el tiempo que es exigido para el desarrollo y la presentación. Conforme el autor Arias, F. (2006) habla que el nivel de la investigación puede expresarse de esta manera “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno” (p.47). Dicho esto, esta investigación tiene un nivel descriptivo por los análisis y descripciones que se plantean del problema, dando una propuesta a los hechos planteados para la mejora de ellos.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población.

En población se habla de un conjunto de individuos de la misma clase, estos se limitan por el estudio de acuerdo lo indica Arias, F. (2006). El cual señala que la población “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetos del estudio” (p.81). De allí que para esta investigación, la población de estudio fue finita, integrada por los miembros de Venezuela, sectores rurales y urbanos que no tengan acceso fácil y/o directo a gas natural.

3.4.2 Muestra

Arias, F. (2006) expresa que la muestra es “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. A partir de esto, se define que el objeto de estudio a realizar está integrado por los sectores rurales y/o urbanos que utilizan gas natural, dadas estas características de la población grande y finita, se tomaron como unidades de estudio e indagación solo tres (3) sectores de la población.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Conforme explica Arias, F. (2006) define que las técnicas “es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p.67), estas son técnicas particulares y específicas de una disciplina, que sirven de complemento en un método científico, una vez aplicada por la investigadora la conlleva a obtener información, la cual debe ser guardada, registrada y almacenada para luego procesarlos, analizarlos e interpretarlos. En el presente trabajo de investigación se utiliza la técnica de observación directa y documental

3.5.1.1 Observación directa

Con respecto a lo expresado por Arias, F. (2006) define a la observación como “una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.78).

En la presente investigación, la técnica de observación directa se aplicó a los procesos de diseño, construcción y evaluación que se plantean para la ejecución del biodigestor, esta observación fue participante ya que la investigadora pasó a formar parte del medio en donde se desarrolla el estudio, para visualizar y evidenciar todos aquellos elementos relevantes para la ejecución de esta investigación.

3.5.1.2 Revisión documental

Como método de investigación Arias, F. (2006) lo explica como “aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos” (p.49).

Para efectos de esta investigación, la revisión documental es una técnica fundamental para poder conocer antecedentes e información relevante sobre el proceso que se describe, aportando soportes y nuevos conocimientos a la investigación que permitan exponer nuevas perspectivas para el cumplimiento de los objetivos.

3.5.1.3. Entrevista no estructurada

De acuerdo con lo dicho por Arias, F(2006) habla de la entrevista no estructurada de manera que “esta modalidad no dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos que permiten definir el tema de la entrevista, de allí que el entrevistador debe poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder la coherencia” (p.73). Con esto, esta técnica de manera fundamental en el implemento de la investigación ya que a través de ella se obtuvieron conocimientos de la materia sin la necesidad de tener un guión previamente establecido.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos.

De acuerdo al autor Arias, F. (2006) habla de los instrumentos de recolección de datos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.68). Estos instrumentos van relacionados con las herramientas mencionadas para la recolección de datos.

3.5.2.1 Registro fotográfico.

El autor Wright (2005) dice que el registro fotográfico “busca crear evidencia de un hecho mediante un canal con el sentido más realista posible, buscando que la cámara permanezca discreta permitiendo de esta manera que el espectador disfrute de lo que observa sin sentir

algún tipo de mediación”.(p.90). Con esta idea, se utiliza esta técnica para conocer las características y el proceso productivo del diseño y construcción del biodigestor a través de cámaras de vídeo, fotográficas y libretas de anotaciones.

3.5.2.2 Cuaderno de notas.

La herramienta cuaderno de notas permite registrar información de todo tipo, para luego ser analizada. Según Palella, S y Martins, F. (2012) hablan que “es un documento similar al diario. En el que se registra la información de los hechos, eventos o acontecimientos en propio terreno, ayudarían a analizar la situación al momento de la recolección de material” (p.77). Es por eso que es utilizado este instrumento para registrar los datos recopilados en la observación e investigaciones a realizar.

3.5.3.Técnica de análisis de datos.

Según el autor Arias(2006) explica que la técnica de análisis de datos es “en este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan” (p. 99).Con esto implementado, se utiliza para hacer un estudio exhaustivo de un conjunto de información cuyo objetivo es obtener conclusiones que permitan hacer una examinación e interpretación de una base de datos para tomar una decisión.

3.7 Fases metodológicas

Fase I: Diagnosticar la situación actual sobre la escasez de gas en Venezuela.

Con respecto a esta primera fase, se hizo uso de las técnicas e instrumentos de la recolección de datos, específicamente la observación directa, así como la recopilación de datos que permitieron evidenciar la situación actual que se vive con el gas en Venezuela. A parte de la actualización del problema, lo cual se realizó a través de la revisión de fuentes documentales e información obtenida de expertos en la materia, permitiendo redimensionar el problema y los objetivos de esta investigación.

Fase II: Seleccionar la alternativa de las distintas formas de descomposición de desechos orgánicos que se ajusten al tipo de biogás.

A partir de esta fase, se escogió, a través de los distintos tipos de desechos orgánicos que se tienen para usar como biomasa como pueden ser desechos orgánicos, residuos ganaderos, residuos porcinos, entre otras, una de estas formas para ser la elegida en el proceso de descomposición de ella y en las actividades utilizadas como respaldo en lugar del gas natural, creando una comparación entre los distintos tipos y la cantidad de días en la que se quiere obtener el resultado final de la descomposición.

Fase III: Diseñar y construir un dispositivo para recopilar y hacer uso de los gases generados por la descomposición de desechos orgánicos.

En esta fase se diseñó y construyó un prototipo que es capaz de almacenar los desechos orgánicos, el cual tiene como finalidad albergar estos desechos orgánicos en su interior mientras estos se descomponen para dar paso al gas metano, dando como objetivo simplificar los problemas de escasez de la población. Para lograr lo mencionado anteriormente, se cumplió con una serie de pasos importantes que, garantizaron el buen funcionamiento de la metodología y lo faciliten, entre ellos se encuentran:

1. Definir las metas claras y específicas de la investigación a realizar
2. Dividir los objetivos propuestos.
3. Establecer plazos relativamente cortos en relación al diseño, fabricación del Biodigestor y obtención del biogás
4. Acompañar constantemente los resultados obtenidos en cada ensayo realizado.

Fase IV: Evaluar la viabilidad técnica, operativa y ambiental del uso del biogás proveniente de la descomposición de desechos orgánicos.

Finalmente, en esta fase IV, se evaluó la viabilidad técnica, operativa y ambiental del uso del biogás que provenga de desechos orgánicos. Se definen los recursos técnicos o tecnológicos que se requieren para desarrollar el plan. Se evaluó la viabilidad de un proyecto haciendo énfasis en la manipulación del diseño hacia los usuarios así, se busca satisfacer necesidades humanas sin complicaciones. Se evalúan los indicadores ambientales y económicos para la evaluación del desempeño medioambiental en la utilización del dispositivo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

De acuerdo con el autor Tamayo y Tamayo, M.(2009), “los datos tienen su significado únicamente en función de las interpretaciones que les da el investigador. De nada sirve una abundante información si no se somete a un adecuado tratamiento analítico; pueden utilizarse técnicas lógicas y estadísticas”. (p.160).

A continuación se presentan los resultados obtenidos luego de utilizar las técnicas e instrumentos de recolección de información para la obtención de la misma siendo más pertinente las interrogantes planteadas en la investigación con la finalidad de cumplir con el desarrollo de los objetivos propuestos previamente.

4.1 I:Diagnosticar la situación actual sobre la escasez de gas en Venezuela.

De acuerdo a esta primera fase fue necesario hacer uso de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, en este caso de la observación directa,entrevistas no estructuradas realizadas a diferentes medios relaciones y afectados,cuaderno de notas y registro fotográfico, de manera que, con estos recursos se permitan evidenciar la situación actual de la escasez de gas en Venezuela, así como la información obtenida por expertos en la materia, abriendo el paso de evaluar y redimensionar el problema planteado junto con los objetivos de la investigación. A continuación se presentan los resultados obtenidos en la aplicación de recolección de información en forma de un cuadro comparativo con las situaciones observadas en las comunidades del estado Yaracuy, Carabobo y Aragua tomadas como ejemplo de la información suministrada para el proyecto actual.

Cuadro 5 :Observación directa.

SITUACIONES A	DEFICIENTE	BAJO	MEDIO	ALTO
----------------------	-------------------	-------------	--------------	-------------

OBSERVAR				
Suministro mensual de parte de las entidades predispuestas para la distribución de gas a distintas comunidades.	X			
Uso de instrumentos alternativos para la elaboración de alimentos.				X
Falta de insumo por más de un mes en distintas comunidades del país.			X	
Gastos extras mensuales aportados por busca de soluciones a falta de gas.			X	
Compra y venta de manera ilegal del producto principal				X

Fuente: Berroteran, C.(2022).

En el cuadro 5 se tuvo dos situaciones observadas con estado alto en su uso, indicando que las veces que esta acción ocurre es mayor y que pasa con frecuencia, las indicaciones para medio expresan que su actividad no pasa con mucha frecuencia, las situaciones deficientes tienen lugar con menos frecuencia que una actividad con baja denominación, pudiendo pasar más de un mes para volver a ocurrir como lo indica su situación, y, para la denominación baja representaría una acción que ocurra en menos que una acción con medio pero más que una deficiente.

Análisis de la observación directa:

Con la observación directa aplicada a zonas del país, específicamente en el estado Yaracuy, Nirgua, donde se puede evidenciar que los ciudadanos no tienen los recursos a la mano para llevar a cabo tareas diarias básicas y, buscar nuevas vías para realizar estas. Debido a esto, en ocasiones, se han visto en la necesidad de agregar gastos extras a sus presupuesto mensuales, ya sea porque la solución para la problemática sea comer afuera o porque deben

comprar leña y/o materiales para realizar fogones o fogatas, o porque se ven en la necesidad de pagar a sobre precio, fuera de los establecimientos ocupados por el gobierno, incrementando el precio de las bombonas y/o del camión para su distribución. La figura 23 muestra la interacción de un ciudadano del estado Yaracuy, en necesidad de gas para su hogar con el representante de la compañía encargada en distribuir gas, también se puede observar las botellas vacías en el camión.



Figura 23 : Distribución de camión de gas

Fuente: Radio noticias Venezuela,(2019).

Esta información obtenida para completar la información necesaria dispuesta en el cuadro 5, fue obtenida mediante las entrevistas no estructuradas hacia partes de la población que se encuentran afectadas, de igual forma, se llevó un registro fotográfico en donde se ve el uso de los diferentes medios mencionados, nuevamente, en el cuadro 5.

Registro fotográfico.

A través de esta herramienta se puede plasmar, evidenciar y guardar rasgos favorables a la problemática planteada en la población seleccionada, viendo los recursos que estos deben desarrollar para poder abastecer y buscar una solución viable para ellos y los distintos medios de su familia. A continuación se presentan las fotografías.

En la figura 24 se representa un tipo de cocina alterna que se utiliza en un hogar de Nirgua donde ajustaron una parrillera para poner la leña debajo de la rejilla y situar las ollas, sartenes y otros para poder cocinar los alimentos.





Figura 24: a) Proceso de cocinado por leña. b) cocina alterna
Fuente: Berroteran (2022)

También ,se muestra una especie de híbrido, donde se mezcla un horno pequeño eléctrico con unas hornillas eléctricas en la parte superior. Como se puede observar en las figuras, los ciudadanos buscan alternativas con materiales que tengan a la mano, ya sean nuevos, viejos o renovados. (ver figura 25)



Figura 25: Cocina alterna

Fuente: Berroteran (2022)

Cuaderno de notas.

Haciendo uso de este instrumento se pudo llevar a cabo las notas y el conteo de días pasados para así, poder llevar un registro de el pasar de los días hasta poder obtener el gas deseado a través de la descomposición orgánica y anaeróbica, también se utilizó para plasmar bocetos y pensamientos menos concretos y menos centrados que ayudaron a formar concretamente y más centralizados los planteamientos, deseos, ideas y fantasías a los que se

quería llegar antes de plasmarse y pasarlos a limpio junto con todo el contenido que ya se tenía avanzado. En el anexo 1 se presentan una serie de fotografías realizadas al instrumento utilizado como evidencia de lo antes mencionado, en donde, se observan las notas hechas para llevar el control del proceso que estuvo llevando la descomposición de la materia prima dentro del prototipo desde el día 1, estas son imágenes representativas de los diseños, tanto el prototipo como el dispositivo, los datos de las medidas que tiene el prototipo y las medidas establecidas para diseñar el dispositivo en donde se plantea almacenar la materia prima.

II: Seleccionar la alternativa de las distintas formas de descomposición de desechos orgánicos que se ajusten al tipo de biogás.

Para completar esta fase, se investigaron los diversos tipos de desechos orgánicos que pueden utilizarse como descomposición para la creación de biogás, es en donde se aprecia que, para seleccionar este desecho se debe tener en cuenta la cantidad de porcentaje de gas que se desee obtener y la cantidad de tiempo que se disponga para esperar.

La concentración urbana y las actividades del sector agrícola y ganadero generan residuos orgánicos de diversos tipos, llevando una concentración y crecimiento en los núcleos urbanos en todo el mundo, lo que convella un crecimiento exponencial de residuos generados por la acción del hombre, y la intensificación de la actividad agrícola y ganadera, provocando una gran acumulación de purines y otros residuos. Como se menciona en el capítulo 2, de los cuadros 1,2 y 3 se tiene la relación entre la variación de kilogramos de materia prima, el tiempo estimado para su descomposición y la cantidad de gas a obtener, datos obtenidos de investigaciones hechas previamente, se puede agregar a esos materiales los residuos provenientes de:

- **(PR1):** Bosta de porcino
- **(PR2):**Bosta de bovino
- **(PR3):** pozos de lodo y aguas estancadas
- **(PR4):**Residuos orgánicos: desechos y/o desperdicios orgánicos de vegetales y frutales, tales como sus conchas o restos.

Además de tener en mente la cantidad que se requiera de desechos orgánicos para la producción de gas, la cantidad de tiempo a esperar y la cantidad que se requiera, se debe agregar a esta lista el espacio que se tendrá para desarrollar el proceso, ya que a través del dispositivo emitirá ciertos olores fuertes y, se requiere de un espacio que pueda estar en contacto con tierra para que pueda ser capaz de salir el desperdicio como abono para la misma, debe ser un lugar fuera del alcance de niños y que no interrumpa pasos principales pero, al mismo tiempo, pueda

tener fácil acceso a él y pueda ser posible establecer las conexiones necesarias para distribuir el gas.

Restricciones a las posibles materias primas:

- **R1:** bajo tiempo estimado de descomposición
- **R2:** baja cantidad requerida
- **R3:** poco espacio requerido
- **R4:** baja complejidad en la búsqueda de la materia prima

Con lo dicho anteriormente de las materias de los residuos provenientes de bosta de porcino, de bovino, pozos de lodo y aguas estancadas y residuos orgánicos, en donde PR1, PR2, PR3 y PR4 hacen referencia a la propuesta 1, propuesta 2, propuesta 3 y propuesta 4, ahora se tienen cuatro restricciones posibles de las materias primas, en donde R1, R2, R3 y R4 hacen referencia a restricción 1, restricción 2, restricción 3 y restricción 4. Dicho esto, se crea la tabla 1 en donde se compara cada propuesta con cada restricción y, evaluando si cumple o no con esta, si cumple con la restricción se tendrá un “si” en su cuadro y, en caso contrario, se tendrá un “no”.

Tabla 1 : Restricciones y propuesta

	PR1	PR2	PR3	PR4
R1	SI	SI	SI	SI
R2	SI	SI	NO	SI
R3	SI	SI	NO	SI
R4	SI	SI	NO	SI

Fuente: Berroteran (2022)

Observando el contenido obtenido en la tabla 1, se tiene que la opción que cumple con la mayor cantidad de restricciones impuestas es la opción P2, residuos bovinos y la opción menos apta que tuvo mayor restricciones fue la de pozos de lodos y aguas estancadas por lo que no puede ser escogida como viable, lo cual hará que se elimine de las posibles elecciones y no entre como elección, también se puede apreciar el orden establecido en el que se tienen las opciones planteadas, quedando ordenadas de manera ascendente en su mejor uso de la siguiente manera a considerar:

- **E1:** residuos bovino
- **E2:** residuos porcinos
- **E3:** residuos orgánicos

Además de esto, se debe le debe aplicar unos ciertos criterios a la mejor alternativa de las propuestas para poder llevar a cabo la correcta selección, los criterios a aplicar son los siguientes:

- **C1:** buena magnitud del alcance de la cantidad de gas a obtener.
- **C2:** complejidad de obtener su materia prima
- **C3:** complejidad en su instalación y almacenaje

Con la tabla 1 lista, se toma en cuenta que, ahora se cuenta con tres elecciones disponibles las cuales van a ser evaluadas con los criterios escogidos en la parte superior del texto. Para representarlos de manera más práctica se establece que, para elección 1 se llamó E1, para elección 2 se llamó E2, para elección 3 se llamó E3, para criterio 1 C1, para criterio 2 C2 y para criterio 3 C3.

Ponderación de los criterios

Con la tabla 2 ,se busca conocer cuál de los criterios mencionados anteriormente tiene mayor ponderación y relevancia entre ellos para que, al momento de evaluar las elecciones con los criterios se pueda establecer un nivel de importancia entre ellos.

Tabla 2: Ponderación de criterios.(1-3)

Ponderación de criterios (PC)	C1	C2	C3
PC 1	3		
PC 2		2	
PC 3			1

Fuente: Berroteran (2022)

De la tabla 2 se tiene que el criterio más crítico y el que lleva mayor peso entre los tres criterios es el criterio 1 ya que obtuvo una ponderación de 3 puntos, el criterio que le sigue es el criterio 2 con 2 puntos y, en último lugar, el criterio 3 con 1 puntos, con esto no se dice que los criterios 2 y 3 no tiene importancia y no se deben tomar en cuenta sino que, al momento de tomar una decisión se debe plantear más con el criterio 1, luego con el 2 y luego con el 3 así, se establece la jerarquía entre ellos, esta jerarquía está establecida sin comparar los criterios unos con los otros.

Tabla 3: Ponderación de elecciones.

SOLUCIONES	C1	C2	C3
	P11	P12	P13
E1	3	3	3
	P21	P22	P23
E2	2	1	2
	P31	P32	P33
E3	1	2	1

Fuente: Berroteran(2022)

Con la tabla 3 se evalúa cada criterio con las soluciones,ponderando las soluciones con el grado de aceptación con cada criterio. Como se observó en la tabla 2, la escala que se usa para establecer los valores va del 1 al 3. Los valores obtenidos en la tabla 3 muestran que, la elección número 1 tiene una buena magnitud al momento de obtener gas con ponderación 3 y, siendo la ponderación 1 la que menor cantidad de gases obtiene. En los criterios 2 y 3 el mayor valor representa que su complejidad es menor, para el criterio 2 en la obtención de la materia prima y para el criterio 3 en su instalación y almacenaje. La nomenclatura P11,, representa la relación entre el criterio 1 con la solución 1, P12 representa la relación entre criterio 2 con la solución 1,P 13 representa la relación entre criterio 3 con la elección 1,de igual manera con P21,P22,P23,P31,P32 y P33, el primer nombre representa la elección y el segundo el criterio con el que se está evaluando.

Etapla ponderación final de soluciones, sumatoria para cada una de las elecciones.

Una vez listo la ponderación que existe entre cada elección evaluada en cada criterio se procede a hacer la sumatoria de las alternativas seleccionadas multiplicando el valor obtenido en la tabla 2 con el valor dado en la tabla 3, agrupando los datos del criterio 1 con la solución 1, criterio 2 con la solución 2 y así sucesivamente. Esto para conocer quién, de las tres alternativas, tiene mayor puntuación y así, conocer quién es la opción más viable, la mejor opción en base a los criterios y restricciones establecidas.

Para la elección 1 se tiene que:

$$(PC1 *P11) +(PC2*P12) +(PC3) = X1$$

Para la elección 2 se tiene que:

$$(PC1 *P21) +(PC2*P22) +(PC3) = X2$$

Para la elección 3 se tiene que:

$$(PC1 *P31) +(PC2*P32) +(PC3) = X3$$

Entonces:

$$X1=(3*3)+(2*3)+(1*3)= 18$$

$$X2=(3*2)+(2*1)+(1*2)= 10$$

$$X3=(3*1)+(2*2)+(1*1)= 8$$

Resultados final de la solución:

- Residuo bovino: 18
- Residuo porcino: 10
- Residuos orgánicos: 8

Con el ejercicio realizado y los criterios tomados en cuenta para su forma en concreto, se tiene como una única solución la opción relacionada a los residuos bovinos que es la capaz de satisfacer la mayor cantidad de criterios, esto gracias a tener el puntaje más alto entre las tres opciones disponibles, los resultados obtenidos basados a la operación utilizada se basan en las características y parámetros utilizados y necesarios para llevar a cabo la solución al problema planteado.

III: Diseñar un dispositivo para recopilar y hacer uso de los gases generados por la descomposición de desechos orgánicos.

En esta fase se diseña un dispositivo para recopilar y, a su vez, poder hacer uso de los gases generados a partir de la descomposición de desechos orgánicos de los residuos bovinos, además se construyó un prototipo basado en parámetros tomados de los diseños originales.

A través del instrumento cuaderno de notas, se dibujan bocetos preliminares que ayudaron en la creación del dispositivo deseado y, con una observación directa se tomaron en cuenta los mejores detalles y opciones para desarrollar el diseño para, de esta manera, poder aprovechar todos sus beneficios.

Para un mayor aprovechamiento de la materia prima es necesario que se tenga un agujero en la parte inferior del dispositivo para poder sacar desperdicio que queda de este residuo bovino y ser utilizado como fertilizante para suelos, este agujero debe estar en un rango mayor de 1,5 cm, para que su salida no sea complicada, y menor de 6 cm para evitar fugas excesivas del gas obtenida, además debe tener un tapón o una válvula para hacer fácil, rápida y segura su abertura. Tanto el tapón como la válvula pueden ser de plástico, sencillos, que se pueden conseguir en una ferretería local.

A través de la herramienta solidworks se hizo el diseño computarizado para poder comprobar que, con los materiales seleccionados, el diseño resista a las diferentes temperaturas

que vaya a presentar, el ambiente al que vaya a estar expuesto y la fuerza que pueda presentar el gas contra las paredes internas del dispositivo.

El desarrollo de los microorganismos seguido después por la producción de gas es una función relacionada con la temperatura a la cual el biodigestor esté. En base a esta temperatura hay tres grupos de bacterias metanogénicas:

- Bacterias termofílicas; para temperaturas mayores de 45°C
- Bacterias mesofílicas; para temperaturas entre 20 y 45°C
- Bacterias psicrófilas; para temperaturas menores de 20°C

En general, la tasa de producción de gas aumenta con la elevación de la temperatura, un biodigestor hecho en zonas termofílicas se hace rara vez, ya que se requiere más energía que las ventajas relacionadas a la producción de gas y, estas bacterias son más sensibles a los cambios ambientales, haciendo que el sistema para controlar que la temperatura varíe poco sea más costoso.

La tasa de producción del metano se duplica por cada aumento de 10 a 15 °C de la temperatura, como en la mayoría de los procesos biológicos. La cantidad de gas producido a partir de una cantidad fija de residuos orgánicos también aumenta, varía según lo mostrado en la figura 26. Este incremento de producción se justifica por un aumento de la proporción de acetato convertido en metano.

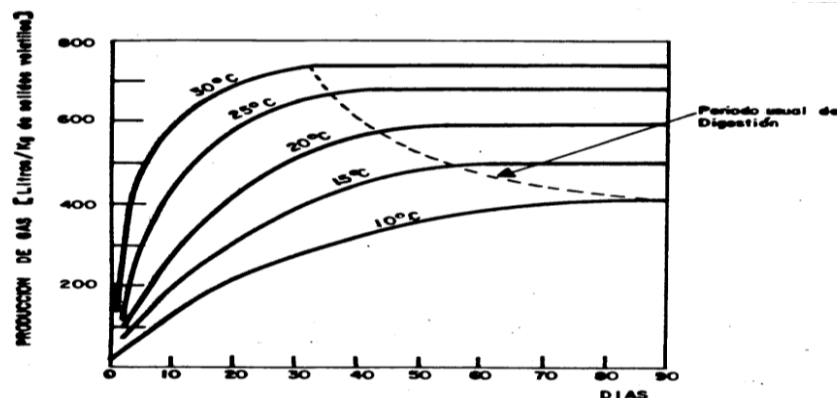


Figura 26: Producción de gas a diferentes temperaturas

Fuente: Horta Nogueira, Luiz Augusto. B. (1986).

La zona ideal de temperatura para la biodigestión está entre 30 y 35 °C, en esta zona se combinan las mejores condiciones para el crecimiento de las bacterias mesofílicas y para la producción de metano, con el mínimo tiempo de retención de la materia orgánica en él.

La ecuación aproximada que relaciona la influencia de la temperatura a la producción de gas es la siguiente:

$$\frac{t}{t_0} = \theta(T - T_0)$$

Donde:

- t= tiempo requerido para alcanzar una digestión técnicamente completa (con el 90% del material orgánico digerido a una temperatura T)
- t₀= tiempo requerido para una digestión técnicamente completo a una temperatura referencial T₀
- θ= inclinación de la recta asociada al logaritmo del tiempo relativo de digestión a la temperatura. (El valor recomendado para θ en zonas mesofílicas es de 15 a 35°C es de 0,948 , para T₀= 15 °C)

Es necesario que la temperatura de un biodigestor no varíe más de 2°C por día, ya que el metabolismo de las bacterias metanogénicas es severamente afectado por rápidas variaciones de temperatura, una variación mínima de 1°C afecta la producción en régimen normal.

Continuando con los métodos de cálculos, para el proyecto se analiza un método de cálculos para biodigestores, cálculo a partir de la posible carga orgánica ó de biomasa.

Cálculo a partir de la posible carga orgánica ó de biomasa; este método de cálculo se realiza según “Difusión de la tecnología del biogás en Colombia”, documentación del proyecto; Corporación Autónoma regional del Cauca -CVC, Cali 1987, utilizando las fórmulas ya mencionadas en el capítulo 2.

Para calcular el tamaño del biodigestor se deben conocer datos como :

- El tipo de animal (TA)
- El número de animales (NA)
- Peso vivo promedio de los animales en kg (PV)
- Tiempo de estabulación de los animales (TE)

Teniendo esos datos es posible hacer uso de las siguientes ecuaciones:

- El total del peso vivo (TPV) en kg:

$$TPV = NA \times PV \quad (1)$$

- El porcentaje de estiércol por cada peso vivo (PEV), dado en el anexo 2
- El tipo de estabulación de los animales (TE) debe ser dado en horas por día
- La carga de estiércol (CE) por cada tipo de animal en kg/día es:

$$CE = TPV \times PEV \times \frac{TE}{24} \quad (2)$$

- El total de la carga de estiércol (TCE) de todos los animales en kg/ día es:

$$TCE = \Sigma CE \quad (3)$$

- El porcentaje de material sólido total de animales (PMST), dado en el anexo 2
- La cantidad de sólidos totales de animales (CSTA) en kg de ST/día :

$$CSTA = CE \times PMST \quad (4)$$

- El total de la cantidad de sólidos totales animales (TSA) en kg de ST/día :

$$TSA = \Sigma CSTA \quad (5)$$

- La cantidad de mezcla de agua (MA) en kg de agua/día es :

$$MA = \frac{TSA \times 100}{8} - TCE \quad (6)$$

- La biomasa diaria (BD) en kg/día es:

$$BD = TCE + MA \quad (7)$$

- El volumen de la biomasa diaria (VBD) en m^3 / día :

$$VBD = \frac{BD}{1000} \quad (8)$$

- El volumen a calcular para el biodigestor:

$$VB(m^3) = VBD (m^3/día) \times TR (días) \quad (9)$$

El tiempo de retención (TR) para la materia prima a utilizar, se estableció entre 7 y 20 días, estableciendo que se utilizara 14 días como valor promedio para los cálculos. Para hacer los cálculos respectivos con las ecuaciones dadas anteriormente se tienen los siguientes datos recopilados de una búsqueda de campo hecha en Nirgua, Yaracuy.

- Tipo de animal(TA): vaca
- Número de animales (NA): tres vacas
- Peso vivo en promedio de los animales en kg(PV): 570 kg cada una
- Tiempo de estabulación de los animales (TE): 5 horas x día aproximadamente

$$TPV = NA \times PV \quad (1)$$

$$TPV = 3 * 570 = 1710 \text{ kg}$$

Utilizando la fórmula número uno es posible conseguir los valores total del peso vivo que se tiene si se utilizan 3 vacas, esto se obtiene, para luego, conocer el peso de la materia prima que se puede seleccionar.

$$CE = TPV \times PEV \times \frac{TE}{24} \quad (2)$$

$$CE = 1710 * 0.5 * \frac{5}{24} = 178.125 \text{ kg/día}$$

Con la fórmula número dos descrita anteriormente y teniendo el valor del total del peso vivo del animal se elabora el parámetro de la carga de estiércol que permiten los animales.

$$TCE = \Sigma CE \quad (3)$$

$$TCE = 178.125 * 3 = 534.375 \text{ kg/día}$$

La fórmula número tres es utilizada como la sumatoria del total de la carga de estiércol que va a estar presente por todos los animales utilizados, valores que se vienen utilizando a medida que usamos las fórmulas principales.

$$CSTA = CE \times PMST \quad (4)$$

$$CSTA = 178.125 * 0.15 = 26.71875 \text{ kg de ST/día}$$

Una vez tenido los datos de las primeras tres fórmulas, se usan los valores obtenidos desde la fórmula número tres para obtener el valor total del sólido que va a generar el animal, este valor puede ser alterado dependiendo de la cantidad de animales que se usan.

$$TSA = \Sigma CSTA \quad (5)$$

$$TSA = 26.71875 * 3 = 80.15625 \text{ kg de ST/día}$$

Con la fórmula número 5, al igual que la número tres, se hace la sumatoria total que se tendrá de la cantidad de sólidos del animal, la suma depende de la cantidad de animales que se vaya a utilizar para obtener la materia prima.

$$MA = \frac{TSA \times 100}{8} - TCE \quad (6)$$

$$MA = \frac{80.15625 * 100}{8} - 534.375 = 467.578125 \text{ kg de agua /día}$$

La fórmula número seis nos da la cantidad de agua mezclada con la materia prima que se va a proporcionar por día, es la cantidad de agua que se necesite mezclar con la materia prima.

$$BD = TCE + MA \text{ (7)}$$

$$BD = 534.375 + 467.578125 = 1001.953125 \text{ kg/día}$$

Con la fórmula número siete se establece los valores y parámetros posibles que se van a obtener, con la cantidad de materia prima utilizada y la cantidad de animales usados, de biomasa.

$$VBD = \frac{BD}{1000} \text{ (8)}$$

$$VBD = \frac{1001.953125}{1000} = 1.001953125 \text{ m}^3/\text{ día}$$

Ya con la fórmula número ocho, y los datos obtenidos en la fórmulas anteriores, teniendo un estimado de la cantidad de volumen que se va a tener, teniendo un valor de cantidad diaria de biomasa.

$$VB(m^3) = VBD (m^3/día) \times TR (días) \text{ (9)}$$

$$VB = 1.001953125 * 7$$

$$VB = 7.013671875 \text{ m}^3$$

Utilizando la última fórmula, la número nueve, se supone que la cantidad de días a esperar para que se obtenga biogás será 14 días, siendo un estándar y un promedio ya que es posible que estos días sean menos.

Es importante recordar que los datos obtenidos serán los datos que se darán tomando las cantidades completas obtenidas de las tres materias primas principales, de no tomar por completo esos valores, el resultado a obtener será mejor que el calculado actualmente. Estos datos obtenidos están basado de la recolección de materia prima hecha de una granja en Nirgua donde tiene acceso directo a 3 vacas lecheras y, cuyo desecho orgánico fue utilizado para hacer el prototipo, recolectando 10 kg de residuo bovino y mezclandolo con 10 litros de agua para tener un total de 20 kg de materia prima en el interior del prototipo, esta relación de agua-materia prima se obtuvo del cuadro 4.

Para llevar a cabo el prototipo se tuvo que recolectar materia prima para luego mezclar con agua y poder llevar a cabo el proceso de descomposición, esta materia prima fue recogida directamente por la autora del trabajo de investigación actual.(ver figura 27)



Figura 27: Recolección de desechos orgánicos.
Fuente: Berroteran (2022)

De igual manera, una vez recolectada esta materia prima, se introdujo en el cuñete utilizado como prototipo, en la figura 28 se observa la materia prima posicionada en el interior del prototipo.



Figura 28: Desecho orgánico de bovino.
Fuente: Berroteran(2022).

Dicha materia prima, como ya se evaluó anteriormente para escoger la mejor elección, se hizo a través de los desechos orgánicos de vacas y, aproximadamente tenían una fresca de menos de un día, la cual la hace mucho mejor para comenzar el proceso de descomposición.(ver figura 29)



Figura 29: Vacas

Fuente: Berroteran (2022).

Cuando se opera correctamente un biodigestor, la producción de biogás que se obtiene es prácticamente constante, mientras que su utilización varía con el tiempo y esto impone el almacenamiento. Cuando el consumo de biogás es menor que la producción, el excedente es guardado y cuando la situación cambia, el biogás que falta es reemplazado por el almacenado.

Como el sistema de almacenamiento que se está planteando, es posible hacer el diseño con características y dimensiones de un envase con el que se observa en la figura 30, de manera que, las dimensiones a utilizar para su altura y su diámetro se basan en la cantidad de personas que pueden hacer uso de él, teniendo que, mientras mayor sea el diámetro y su altura se tendrá mayor capacidad de almacenamiento de materia prima, lo que lleva a obtener más volumen de biomasa diaria.

Figura 30: Envase base



Fuente: Omcorp,(2019).

El prototipo que se construyó para comprobar la eficiencia del proyecto se hizo en un dispositivo con dimensiones inferiores a las observadas en la figura 32, con un diámetro de 31 centímetros, una altura de 36 centímetros y un grosor de pared de 0.5 centímetros, a parte de esas modificaciones se ajustó el envase a las características deseadas abriéndole un agujero para instalar la toma que va directamente conectada a la manguera dirigida a la cocina a abastecer como se observa en la figura 31. El material que se utilizó fue plástico polietileno PE de alta densidad por las características que tiene este para no desprender gases del material hacia el objeto que se encuentra en su interior.



Figura 31: a) Apertura de agujero de suministro. b) Ajuste de la boquilla alimentadora.

Fuente: Berroteran (2022).

Luego de realizar las medidas, cortes y perforaciones necesarias para poder tener los agujeros pertinentes en el prototipo, este quedaría listo para almacenar la materia prima ya recogida y empezar su proceso de descomposición. (ver figura 32)



Figura 32: Prototipo.

Fuente: Berroteran (2022)

Una vez estuvo listo el prototipo y comenzó el proceso de descomposición de la materia , se conectó un manómetro a la boquilla de salida para, así, poder medir su presión, esta presión no se pudo lograr medir ya que los valores varían constantemente, en su mayoría a valores menores de los que se pueden observar en la figura 33.



Figura 33: Presión interna ejercida.

Fuente: Berroteran (2022)

Los valores de presión obtenidos directamente del prototipo fueron muy bajos es por eso que se procedió a hacer los cálculos de presión matemática de la presión ejercida en el recipiente con los siguientes valores:

- $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$
- $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- $L = 36 \text{ cm} = 0.36 \text{ m}$

Donde “ ρ ” equivale a la densidad usada, utilizada de referencia el aire, “ g ” es la gravedad y “ L ” la longitud de el recipiente, en este caso la altura que lo conforma. Una vez se tienen los datos se continua con el procedimiento para calcular la presión hallada en el prototipo.

$$P = \rho * g * L \quad (10)$$

$$P = (1.29) * (9.8) * 0.36$$

$$P = 4.55112 \text{ Pa}$$

Este es el valor que se tendrá en el interior del prototipo, una vez estén creados e interactúan tanto entre ellos como con las paredes del recipiente, los gases formados por la descomposición de la materia prima utilizada. Esta presión es un valor considerado y amigable a tratar en espacios abiertos y en donde se va a localizar el prototipo.

Conociendo el valor matemático de la presión que está interactuando dentro del prototipo cilíndrico, también se puede conocer las fuerzas que están interactuando en su interior. El espesor de las paredes, en este caso está cercano al valor vigésimo del radio, la presurización del recipiente es muy pequeña comparado con el esfuerzo tangencial. Para conseguir este esfuerzo se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{p d}{2t} \quad (11)$$

En donde:

- P es igual a la presión interna, calculada anteriormente 4.55112 Pa
- D es el diámetro interior, sin contar las paredes, el diámetro usado en el prototipo es de 31 cm, equivalentes a 0.31m
- T es igual al espesor del cilindro, medido directamente del prototipo al igual que el diámetro, 0.5 cm equivalentes a 0.005 m

$$\sigma = \frac{p d}{2t} \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{4.55112 * 0.31}{2 * 0.005}$$

$$\sigma = 141.08472 Pa$$

Con los datos proporcionados se calculó el total esfuerzo que está siendo aplicado por la materia prima hacia el interior del prototipo, ejerciendo 141.08472 Pascal.

Además de estos cálculos, también se puede conocer el valor de la fuerza resultante de todas las fuerzas elementales en una dirección, como la mitad inferior del recipiente está ocupada por un fluido y que este transmite por igual las presiones en todas las direcciones, la distribución de presiones y fuerzas elementales mostradas en la figura 34.

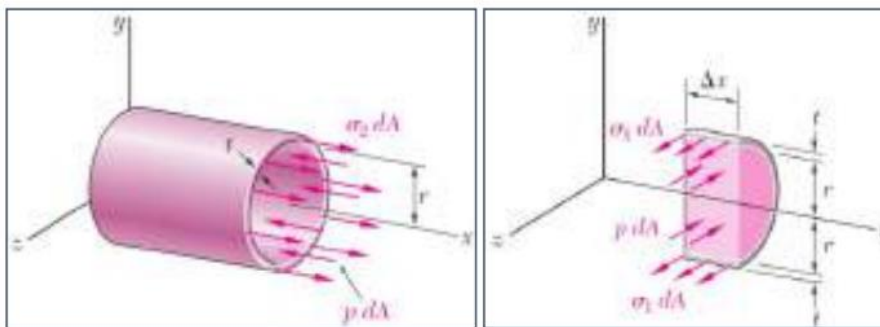


Figura 34 : Descomposición de fuerzas ejercidas por una presión interna en un recipiente

Fuente: Beer et al.,(2010)

Para poder observar el proceso de descomposición y determinar la fuerza F resultante compuesta dentro del recipiente representado cortado a la mitad, representado un diagrama de cuerpo libre correspondiente a la mitad inferior del cilindro y, ahí se evidencia que la fuerza F es igual a la presión por el área en la que actúa y, cómo esa área es la superficie libre del fluido se obtiene que $F = pDL$, donde p es la presión, d el diámetro y L la longitud.(ver figura 35)

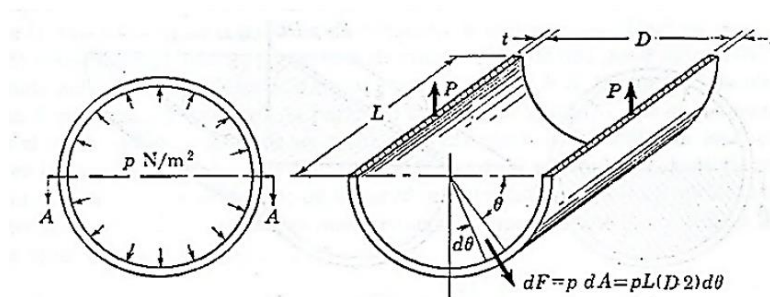


Figura 35: Determinación analítica de la Fuerza F de presión

Fuente: 3-7 cilindros Prof. Giovanni Pizzella(2020).

$$F = pDL \quad (12)$$

$$F = 4.55112 * 0.31 * 0.36$$

$$F=0.507904992 \text{ N}$$

Este valor resultante vendría siendo el total de la fuerza que está ejerciendo la presión en las paredes internas del prototipo, esta fuerza es una cantidad aceptable que el material puede soportar en relación a las medidas proporcionales del mismo.

Una vez listo el prototipo se puso en práctica su uso y examinó su predictibilidad, también se tomó una muestra de la presión que este ejercida en su interior con la ayuda de un manómetro(ver figura 35), y se ejecutó un ejemplo accionando su funcionamiento (ver figura 36)



Figura 36: Accionamiento del prototipo.

Fuente: Berroteran (2022).

Con la ayuda del software de modelado mecánico en 2D y 3D, solidwork, fue posible diseñar el instrumento que se plantea hacer, con unas medidas bases tanto de su alto como de su diámetro. Solidworks sirve para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos 2D,también ofrece un amplio abanico de soluciones para cubrir aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto, este diseño, al igual que el prototipo debe ser de plástico polietileno PE de alta densidad con una altura de 198.5 cm, diámetro de 60 cm, un ancho de pared de 1,5 cm. Esta elección se realiza considerando que el diseño, de esta manera, ofrece una mayor practicidad para la manipulación, manejo del sistema, control de las condiciones y costos de mantenimiento en zonas rurales.

Haciendo uso de las fórmulas mencionadas anteriormente, se puede conocer la presión que puede llegar a hacer en el interior del diseño una vez se tienen las dimensiones, datos y características que este va a llevar. Teniendo la fórmula número 10 se tiene que:

$$P = \rho * g * L \quad (10)$$

$$P = (1.29) * (9.8) * 1.985$$

$$P = 25.09437 \text{ Pa}$$

Con este valor de presión se puede utilizar para conocer cómo será el comportamiento de estos gases en su interior con respecto al material escogido, y sus dimensiones, así, conocer si es apto para soportar lo que se almacene sin llegar a deformarse o llegar al límite elástico del material. En la figura 37 se aprecia los valores máximos a los que puede ser sometido este material.

Polímero	Carga rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Polietileno (PE) Baja densidad	8-21 21-38	0.1-0.28 0.4-1.20
Alta densidad		
Policloruro de vinilo (PVC)	34-62	2.1-4.10
Polipropileno (PP)	28-41	1.1-1.5
Poliestireno (PS)	22-55	2.6-3.1

Figura 37: Valores de módulo elástico de polietileno.

Fuente: UPV(2017)

La selección del material se hizo a través de las características que arroja el gas a almacenar, las bacterias que están presentes en la descomposición, las bacterias metanogénicas, y la temperatura que no debe variar en el interior del dispositivo, con estos criterios en mente se escogió el plástico polietileno PE de alta densidad para ser el encargado de almacenar los gases ya que este no presenta variaciones de temperatura en su interior y no liberar gases del propio material hacia lo que tenga en su interior.

Para el diseño, se tomaron los datos, planos y visualizaciones 3D y 2D obtenidas del modelado mecánico para tener una mejor y clara visión de lo que se desea obtener con el diseño. (ver figura 38).

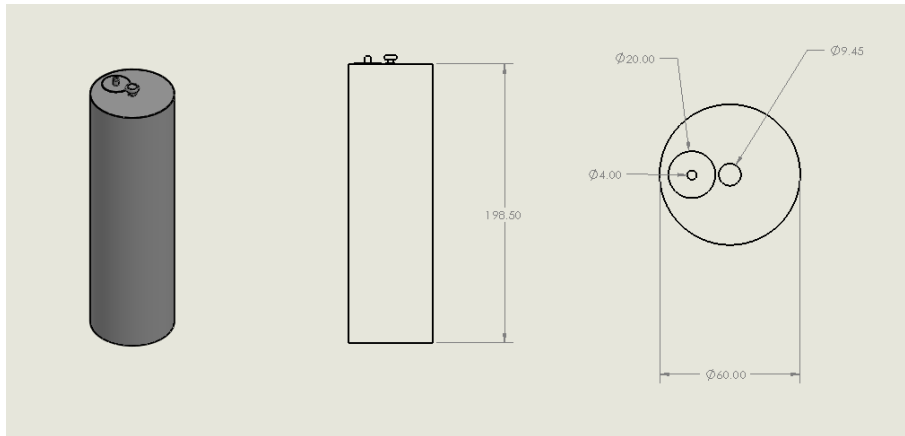


Figura 38: Planos del diseño

Fuente: Berroteran (2022)

A través de esta modelación, se aprecia el interior hueco que tendrá el diseño así como sus dimensiones para facilitar al momento de la construcción, en la parte superior se observa el hueco de alimentación y drenaje que tiene una tapa para evitar que salgan los gases almacenados una vez es dejado de usar para alimentar o extraer los elementos a usar como abono. Justo al lado de este agujero se encuentra la manilla para la conexión, la cual se puede abrir y cerrar dependiendo de la cantidad de gas o producto va a ser requerido.(ver figura 39).

El agujero de alimentación es por donde también, es posible hacer el movimiento interno de la materia prima para darle aire y distribuir los componentes para tener un mayor aprovechamiento de los recursos.

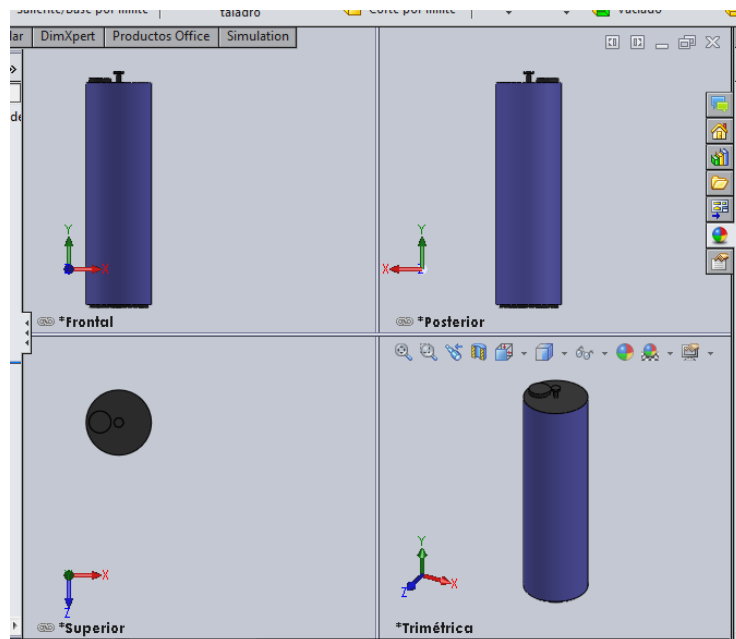


Figura 39: Vistas del diseño.

Fuente: Berroteran(2022)

Una vez obtenidos los planes del diseño del dispositivo se detallan los componentes que son necesarios para hacer la conexión desde el biodigestor hacia el electrodoméstico a alimentar, en ellos se tiene(ver figura 40) :

- Sistema y almacenamiento del gas: consiste en una tubería conectada a la parte superior del tanque biodigestor y conduce al tanque de almacenamiento del gas, aquí debe tener una válvula de seguridad, una válvula de paso conectada luego a una válvula de seguridad y, se debe introducir en la válvula de seguridad lana de acero para así, eliminar el ácido sulfhídrico, que es producido en el biodigestor y correo el metal de los artefactos que utilizan el gas.(ver figura 38).
- Tubería de entrada: el sustrato se descarga dentro del biodigestor a través del tubo de entrada.
- Tubería de salida: el material digerido se descarga al depósito o tanque de descarga por medio de la tubería de salida.
- Tubería de gas: lleva el biogás al punto de utilización, como una estufa,lámpara u otro electrodoméstico.
- Gasómetro o domo de almacenamiento: aquí el biogás se recolecta y se almacena hasta su consumo.

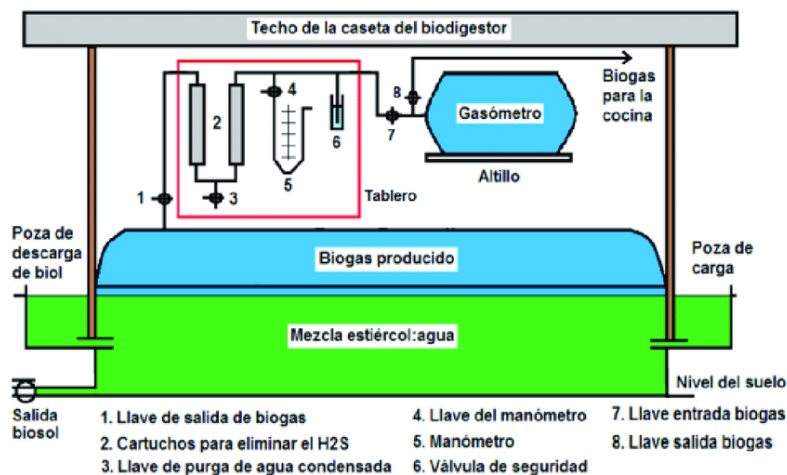


Figura 40 : Accesorios y conexiones.

Fuente: Berroteran(2022)

Las tuberías a utilizar, que son capaces de soportar el proceso al cual van a estar siendo sometidas son de PVC de 3/4 de pulgada, con válvulas de tipo bola de 3/4 de pulgada, manómetro de 5 bares y termómetro de bulbo de 9 pulgadas, estos últimos para monitorear y conocer la presión que se esté obteniendo y mantener el dispositivo a una temperatura establece, con la menor variación posible.(ver figura 41)

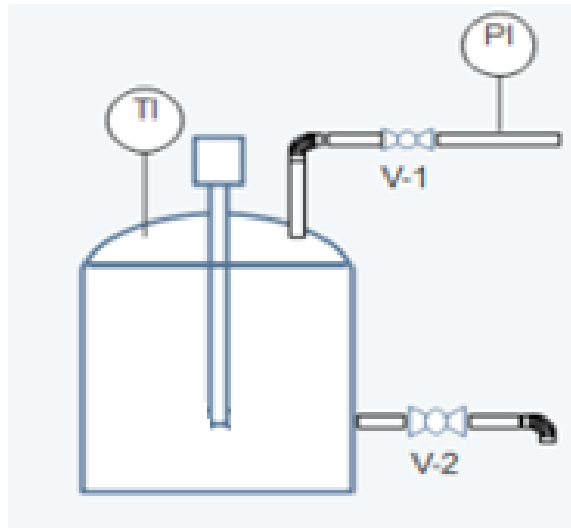


Figura 41 : Sistema de instalación tuberías/ biodigestor

Fuente: Berroteran (2022)

En cuanto a la instalación del diseño se considera, además del diseño, adaptar otro dispositivo que se encargue de almacenar los gases ya obtenidos para poder abrirle paso a la creación de nuevos gases dentro del biodigestor. Este instrumento es de un material de polietileno PE, parecido al dispositivo de almacenamiento de materia prima pero con dimensiones inferiores, de 60 cm de altura con 30 cm de diámetro y un ancho de pared de 0.5cm. Como se dijo anteriormente, se seleccionó este material por la características que tiene para almacenar los gases, pero debe ser el de alta densidad ya que es el adecuado para estar en contacto con gases sin que este emita sus propios gases de descomposición de su materia. Para la conexión del dispositivo hacia la cocina se hace mediante tuberías como se aprecia en la figura 42 .

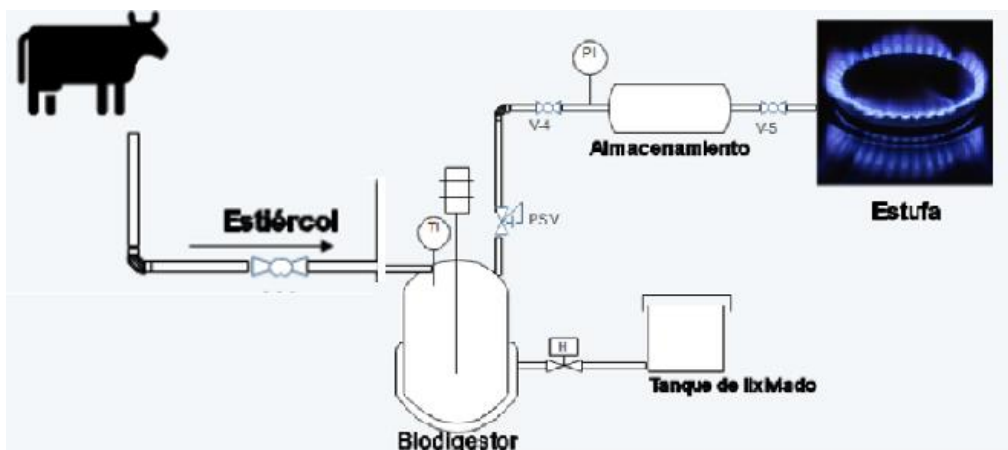


Figura 42 : Conexión a la cocina

Fuente: Berroteran(2022).

Para conocer de la cantidad de biogás que puede ser utilizado o la eficiencia que este pueda arrojar este varía dependiendo de la cantidad de biogás que se tenga con el peso en donde se

vaya a aplicar, para este tenemos las siguientes fórmulas que, variando los datos se puede conocer con mayor exactitud la cantidad necesaria que se necesita de biogás para utilizar.

$$Cantidad\ de\ biogás = \frac{Peso\ biogás}{Peso\ agua\ a\ calentar(material\ a\ calentar)} \quad (13)$$

El principal parametro de medición es la eficiencia energética que se obtiene, tomando en cuenta que la misma es la eficiencia de la cocina que puede ser interpretada como la eficiencia del quemador bajo los principios de una prueba del hervido de agua. La prueba de hervido de agua es una prueba de laboratorio estandarizada, reproducible, cuyo principal fin es el de evaluar la capacidad de hervir agua y continuar el funcionamiento de una cocina a fuego lento, y así determinar la eficiencia energética de una cocina.(ver figura 43). Para esto es necesario hacer la medición del tiempo de ebullición, uso de combustible, evaporación de agua y temperaturas alcanzadas durante todo el proceso.

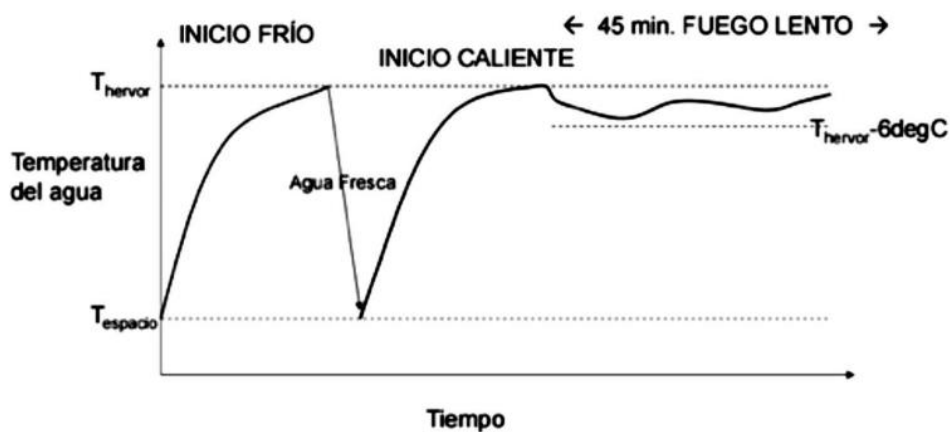


Figura 43: Relación entre la temperatura y el tiempo en una prueba de hervido de agua

Fuente: Scielo (2021)

El empleo específico del biogás, dividiendo el empleo de biogás entre la cantidad de 0°C de calentamiento del agua hasta llegar a 100°C y multiplicar por el factor 1000, es decir, X gramos biogás $^{\circ}\text{C}$ de agua.

$$Empleo\ específico\ biogás = \frac{Empleo\ de\ biogás}{89.7 - Temperatura\ inicial\ del\ agua} \quad (14)$$

Y, finalmente para conocer la eficiencia térmica, se debe multiplicar el peso del agua, en kilogramos, calentada por el calor específico del agua en kJ kgK^{-1} por el factor de 1000 y

dividendo este producto resultante por el calor de cocción disponible en MJ y multiplicar el cociente que resulte por 100, es decir, para obtener un resultado en porcentaje (%).

Eficiencia térmica

$$= \frac{\text{Peso de agua} * CP \text{ agua} * (89.7 - \text{temperatura inicial agua})}{\text{Calor de cocción de biogás.}} \quad (15)$$

Una buena estufa tendrá buenas medidas de eficiencia, emisiones y otros desempeños, tales como el tiempo del punto de ebullición. Las estufas intermedias no pueden funcionar tan bien en una de estas categorías. Los resultados pueden variar con la experiencia del evaluador, y las pruebas deben ser realizadas por técnicos capacitados. Los materiales que se deben usar para llevar a cabo la prueba de hervido de agua son una olla con capacidad de 3 litros, balanza de precisión 5 kg, cronómetro y una probeta, todo esto conectando al sistema antes ya mencionado de conducción del biogás.

Una vez que hierve el agua de la olla durante la primera fase, la misma es reemplazada por agua a temperatura ambiente para dar inicio a la segunda etapa de la prueba. La fase de alta potencia de inicio caliente, se llevó a cabo después de la primera fase. Se utiliza como combustible (biogás), desde un reservorio de 1m³ para hervir una cantidad medida de agua en una olla normal. La misma cantidad se utilizó en la etapa anterior. Se establece que, al repetir la prueba con una cocina caliente, ayuda a identificar las diferencias en el rendimiento entre una cocina cuando esta fría y cuando está caliente. Esto es particularmente importante para las cocinas con elevada masa térmica, las mismas pueden mantenerse calientes durante la práctica. Sin embargo, para el caso de la cocina que se utiliza en el área rural y que es sujeto de estudio en esta oportunidad, no se realiza la fase de alta potencia. La tercera y última fase, consiste en hervir agua a fuego lento. La cantidad de agua son los mismos cinco litros de las anteriores pruebas y el tiempo debe ser de 45 minutos. La temperatura del agua debe estar por debajo del punto de ebullición. Este paso simula el tiempo de cocción de las legumbres o leguminosas que pueden ser cocinadas en un día ordinario por la gente del área rural. Durante todo el testeo, la presión tuvo que mantenerse constante, manteniendo siempre un estricto control de la presión en el manómetro de agua .

Es importante, para realizar el análisis de la combustión bajo la prueba de hervido de agua, conocer el poder calorífico inferior (LHV), este es calculado de forma teórica a partir de una medición de concentración de metano.

IV: Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del equipo diseñado.

Para esta cuarta fase se hizo una evaluación a través de herramientas de análisis diseñadas para ayudar a comprender la situación y realidad de un proyecto dentro del mercado haciendo una identificación dentro de cuatro pilares , para este balance se hace una lista con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para, así, se facilite la toma de decisiones a futuro. A través de un estudio de viabilidad se busca garantizar el éxito de un proyecto, buscando la probabilidad de completar este proyecto. Dentro de los análisis de viabilidad se cuenta con muchas variables que se deben tener en cuenta a la hora de establecer la de un proyecto, resumiendo entre tantas de estas, para el proyecto actual se escogieron la técnica, operativa, ambiental y financiera, a continuación se inició este estudio con la técnica, se continuó con la operativa, el efecto que causa en el ambiente y, se finalizó con la parte financiera del equipo.

Como fue antes mencionado se utilizó el análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas por sus siglas) para hacer el estudio, este se basa en cuadros donde se exponen estos cuatro puntales, pudiendo así explorarse de manera de lista y con una mejor visión visual.

Cuadro 6: Viabilidad técnica

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>Son las capacidades que permiten tener una ventaja competitiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Es fácil en su construcción. ● No necesita herramientas fuera de lo cotidiano para su instalación y construcción. ● Accesibilidad a cualquier momento. 	<p>Son los factores externos al proyecto que representan un panorama positivo para que ella genera una acción que impulse el proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Los usuarios son capaces de generar sus servicios de manera autónoma. ● Una vez instalado el dispositivo, el cuidado es sencillo. ● Puede tener movilidad con una desinstalación correcta
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>Son carencias, cualidades negativas o no deseables que se manifiestan y podrían entorpecer el alcance de los logros y objetivos planteados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Falta de instrucciones. al operador para hacer su uso adecuado. ● No se desarrolla completamente la descomposición de la materia por falta de instrucciones en la instalación ● No se tenga la cantidad suficiente de biogás a la hora de hacer uso del dispositivo por errores en la instalación. ● No tener un espacio adecuado para la correcta instalación. 	<p>Son elementos externos que no se pueden controlar, el área que suele causar problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● No obtener conocimientos al momento de su instalación y uso ● Poco conocimiento en el cuidado luego de su instalación ● Desconocimiento de la materia a utilizar y la materia que se está obteniendo. ● Dificultad en la instalación. ● No tener los recursos para realizar la correcta instalación . ● Instalación inadecuada de vías de acceso y válvulas, causando accidentes.

Cuadro 7: Viabilidad operativa

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>Son las capacidades que permiten tener una ventaja competitiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ofrece un manejo fácil. ● Fácil acceso tanto a la hora de acceder al producto como cuando sea necesario alimentar el dispositivo con nueva materia prima. ● Fácil instalación. ● Es capaz de cumplir varias actividades, no solo ser usado para sustituir el gas doméstico. 	<p>Son los factores externos al proyecto que representan un panorama positivo para que ella genera una acción que impulse el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Existencia de grandes fincas agropecuarias en Venezuela que pueden satisfacer el proyecto con materia. ● Conveniencia de un nuevo mercado e ingreso a la hora de vender los desechos orgánicos agropecuarios como materia prima.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>Son carencias, cualidades negativas o no deseables que se manifiestan y podrían entorpecer el alcance de los logros y objetivos planteados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pueden haber presencia de averías que dejen el sistema sin posibilidades de suministrar gas ● No se puede apresurar el proceso. ● En caso de que el dispositivo tenga pequeñas dimensiones no será posible suministrar grandes eventualidades. ● Inadecuada manera de almacenamiento. 	<p>Son elementos externos que no se pueden controlar, el área que suele causar problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Se debe cuidar de bruscos cambios tanto internos como externos para evitar accidentes graves. ● Fuerza del gas propano como medio. ● Mercado muy específico, dificultad de abarcar grandes campos. ● Desconocimiento en el área. ● Alta presencia de aire en la mezcla siendo capaz de formar una sustancia explosiva. ● Estabilidad del sistema nacional de gas.

Cuadro 8: Viabilidad ambiental

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>Son las capacidades que permiten tener una ventaja competitiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Con su uso se es capaz de controlar las emisiones de gases por descomposición de los residuos orgánicos a la atmósfera. ● Disminuye el uso de corporaciones y empresas privadas que ayudan a la contaminación atmosférica. ● Genera una independencia de compañías eléctricas que se encargan de contaminar el medio ambiente. 	<p>Son los factores externos al proyecto que representan un panorama positivo para que ella genera una acción que impulse el proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aprovechamiento de recursos sin mucho campo de uso. ● Aprovechar residuos orgánicos que de otra manera terminan siendo derivados a un sitio de disposición final, dándole un segundo uso y evitar gases nocivos para el medio ambiente. ● Evitar el uso de medios convencionales para la producción de energía y gas. ● Producción de bioabono de alta calidad para productos agrícolas y plantas.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>Son carencias, cualidades negativas o no deseables que se manifiestan y podrían entorpecer el alcance de los logros y objetivos planteados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● No sea posicionado en los lugares recomendados y no se controle el pH, la presión y temperatura. ● Mal aprovechamiento de su bioabono, terminando en sitios equivocados donde no tenga una buena descomposición. 	<p>Son elementos externos que no se pueden controlar, el área que suele causar problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● En caso de un mal uso e instalación puede provocar explosiones que impliquen contaminación excesiva hacia la capa de ozono y también puede irrumpir en el hábitat de otros animales a su alrededor, quitándoles hogares y alimentos básicos. ● Si no se manejan los subproductos correctamente pueden existir gases nocivos.

Financiera.

Tabla 4: Presupuesto material

Material	Cantidad	Precio (\$)
Dispositivo para almacenar	1	15
Válvula $\frac{3}{4}$	5	3.5
Tubería de cobre	1	5
Manómetro	1	5
Tubos PVC	4	3
Termómetro	1	3

Fuente: Berroteran (2022)

Tabla 5 : Presupuesto mano de obra

Mano de obra	Cantidad de personas necesarias	Precio (\$)
Instalación del dispositivo, (conectar conexiones, abrir agujeros)	2	10
Recolección de materia prima	1	5

Fuente: Berroteran (2022)

Tabla 6 : Presupuesto técnico

Instrumento/herramientas	Cantidad	Precio (\$)
Llave inglesa	1	3
Llaves fijas o alicata	1	4
Metro	1	1.5
Taladro	1	35

Fuente: Berroteran(2022)

Tabla 7 : Sumatoria de los presupuestos (presupuesto total)

Descripción del presupuesto	Cantidad	Precio total(\$)
Presupuesto material	5	34.5
Mano de obra	3	15
Presupuesto técnico	4	43.5
	Total	93

Fuente: Berroteran(2022)

CONCLUSIÓN

Actualmente el país presenta zonas donde la distribución de gas es muy poca o, en algunos casos no ocurre por largos periodos, dejando a varios ciudadanos y hogares sin gas, esta falta de distribución en varias ocasiones se debe, no solo por falta de la materia prima, también ocurre por falta de camiones y su combustible, estos factores, a pesar de no estar relacionados del todo a la materia prima influyen para su distribución, también las presentes fallas de producción de petróleo impiden que se pueda extraer con más frecuencia gas natural para poder abarcar la alta demanda que se tiene.

Con el uso del método Vilchez fue posible escoger la materia prima más apta para el sitio y localidad donde se está empleando la actual investigación, llevando a la opción más cercana, más viable y a la mano que tienen los ciudadanos de estudio del estado Yaracuy, también, este método sirvió para descartar y analizar las diferentes propuestas que se iban tomando y revisando, siempre evaluando la muestra estudiada.

El diseño más oportuno para la propuesta dada se ve reflejada también por los gases a almacenar, ya que deben poder tener un amplio espacio para que estos puedan crecer y desarrollarse sin tener que escapar y pelear entre ellos, además de que las propiedades escogidas para el material hace que el gas almacenado sea aún más puro por las características que tiene este, donde no desprende gases y se amigable para tratar con otros materiales. También, el añadir un dispositivo que permita almacenar los gases ya descompuestos en su interior liberandolos del diseño principal para que así, en el interior de este, se puedan desarrollar más y nuevos gases sin la necesidad de perder los anteriores, quedando a la espera de ser usados, facilita la obtención de nuevos gases y en la cantidad.

La biodigestión anaeróbica de los residuos orgánicos es un proceso bioquímica que, utiliza la acción de las bacterias para fraccionar compuestos complejos y producir un gas combustible, denominado biogás ya que es derivado de elementos orgánicos, compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, para que estas reacciones de descomposición sean posibles deben darse en un lugar cerrado y con poca o, mejor aún, con escasa presencia de oxígeno, ese lugar es conocido como digestor o biodigestor.

Este proceso entra en el amplio campo de energías no convencionales, energías renovables, la utilización de biodigestores para la producción de biogás se revela como los de más inmediata y segura en su aplicación, ya que no utiliza combustibles fósiles agotables, reduce el poder contaminante de las aguas residuales de lavado ó contaminadas con estiércoles, elimina el olor desagradable de los desechos, no produce desequilibrios en el ecosistema y además de

estos beneficios que trae, aporta como subproducto, un efluente llamado bioabono o biofertilizante, el cual no tiene mal olor, no contamina, no atrae moscas, no contiene bacterias patógenas y, este puede ser aplicado directamente a las plantas en forma líquida o bien deshidratada, haciendo de este último un trabajo a parte, pudiéndose usar en el mejoramiento de suelos arenosos y arcillosos, para fertilizar estanques de peces ó, para el cultivo de plantas acuáticas.

Es importante tener en cuenta en todo momento que, para la producción de el biogás está presente un proceso por organismos vivos y, para su producción se deben hacer una serie de reacciones bioquímicas que, están acompañadas de factores importante que pueden influir como lo son la temperatura a la que se expone el dispositivo, el pH, la concentración de sólidos, el tiempo de retención dependiendo de la materia prima a utilizar y los nutrientes que esta pueda ofrecer.

El biogás es una alternativa de solución a los problemas de suministro de gas en zonas rurales, esto se ven en la necesidad de buscar distintas maneras para lograr los objetivos básicos del gas como lo es encender las hornillas de la cocina para cocinar alimentos, sustituyéndolo con leña, cocinas eléctricas provisionales, fogones y otras soluciones medianamente prácticas que varios usuarios se han tenido que plantear a raíz de estas fallas, esta solución también contribuye a evitar la destrucción de los bosques, acabando con la riqueza forestal y la disminución en el caudal de las aguas.

Para que se tenga un funcionamiento estable y completamente eficiente en la obtención de los gases de la descomposición de materia prima, es necesario una alimentación equilibrada y regular, con condiciones ambientales constantes y dentro de los parámetros ya establecidos, es decir, se debe hacer un ingreso de materia prima de manera regular y hacerle un movimiento interno, de tal manera que se pueda utilizar la vieja materia prima como abono y poder introducir nueva materia prima, mezclandola con un poco de materia vieja.

También, para poder difundir y aplicar correctamente esta tecnología, llegando a más lugares, es bueno contar con una mayor divulgación centros de capacitación tanto agrícolas como tecnológicos, para que de esta forma se generalice más este servicio no tan conocido y que brinda grandes beneficios para algunas comunidades específicas, como las rurales. Esta última divulgación no ha sido posible ya que no se han realizado las inversiones como tampoco se ha suministrado una tecnología lo suficientemente aceptable para el usuario.

RECOMENDACIONES

No se debe dejar sin operar el biodigestor por periodos muy prolongados, ya que esto ocasiona que el proceso de digestión y fermentación anaeróbica sea interrumpido. En caso de que se deba dejar fuera de operaciones por un tiempo prolongado, es recomendable mantener la carga diaria con material orgánico sustituto de origen animal o vegetal.

Se debe incluir un manual de operación y mantenimiento del biodigestor en el cual se indique las actividades que deben ser cumplidas por el operador, el equipo necesario y la frecuencia con la cual debe ser limpiado.

La vida útil que puede llegar a proporcionar un biodigestor es aproximadamente de 20 años, por lo que es recomendable hacer mantenimientos preventivos del mismo para su perseverancia de más tiempo útil.

Su aplicación es dirigida en su mayoría a finca y hacienda agropecuarias y/o zonas alejadas de grandes ciudades donde sea complicado la distribución de servicios básicos, por su alto rendimiento en bioabono, así como por el ahorro de energía que supone la utilización del biogás, lo que lo convierte en una fuente de energía viable, útil, renovable y no contamina, también en una alternativa para soltar la dependencia de suministros básicos partidas por las entidades diseñadas y encargadas para este trabajo, evitando así, escasez de estos servicios.

Para evitar que los vientos golpeen directamente sobre el biodigestor, se puede construir una especie de closet invernadero con estructura de madera, ya que esta no absorbe tanto las temperaturas y no varíe la del biodigestor, y un recubrimiento en polímero en lugar donde algunos árboles y plantas lo protejan de los vientos fríos de la montaña.

REFERENCIAS

A.M.Sc. Jorge A. Hilbert. **Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural.**

Arias, Fidas G. **El proyecto de investigación, edición 7.**(2006).

Betancourt Rivero, Miguel. **Breve estudio sobre la industria del gas natural en Venezuela.**(Disponible en : http://www.ulpiano.org.ve/revistas/bases/artic/texto/DERYSO/8/deryso_2009_8_19-37.pdf. Consultado el: 04/03/2022.)

Cabrera T., W.L., Collascos C., D., Vargas , P., L.E. (2019). **Diseño de un sistema para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos del camal municipal de Jaén- Perú. Tesis, Univ. Nacional de Jaén, Fac. Ing. Mecánica y Eléctrica.**

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.(1999). (Disponible en: <http://venezuela.justia.com/federales/constitucion-de-la-republica-bolivariana-de-venezuela> Consultado el: 26/03/2022)

Corona Z. I. (2007).**Biodigestores. Monografía. Univ. Autónoma del Estado de Hidalgo. Fac. Ingeniería**

Difusión de la tecnología del biogás en Colombia. Corporación Autónoma Regional del Cauca (1987).

Digestión anaeróbica.(2021).(Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Digesti%C3%B3n_anaer%C3%B3bica. Consultado el: 03/03/2022)

Durán G., M.E., y Rodríguez A., D.B. (2021). **Control del biogás de vertedero en Venezuela y el resto del mundo. Entre los acuerdos de Kyoto y París. Tesis, Univ. Simón Bolívar.**

El acuerdo de París. (Disponible en: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>. Consultado el: 11/04/2022)

El metano de los suelos oceánicos y el cambio climático.(2009). IBÁÑEZ, J.J. (Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/11/02/127958>. Consultado: 17/03/2022)

Guía de proyectos del profesor Nelson vilchez.(2016).

- Gutierrez Vera(2001).”**Energía renovable en el siglo XXI**”(Disponible en https://books.google.com/cu/books?id=m5hjAAAAMAAJ&source=gbs_navlinks_s)
(Consultado el: 26/08/2022)Hernández, Kanswohl y Schlegel(2008). **Guía de biogás.**
- Herrera, J., Álvarez, J. y Benítez, L..(2018) **Diseño de un biodigestor pequeño, compacto, de bajo costo y con la capacidad de cubrir la demanda de gas de un hogar con los pocos residuos orgánicos que dispone una familia venezolana**(Disponible en; <https://hispanopost.com/venezolanos-disenan-biodigestores-para-generar-energia-con-materia-organica/>. Consultado el:04/03/2022).
- Horta Nogueira, Luiz Augusto. <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=53911>
Jiménez, G. **Análisis de la eficiencia de la combustión de biogás en un quemador boliviano.**(2012)
- Ley orgánica de hidrocarburos gaseosos.**(1999).(Disponible en: http://www.pdvsa.com/images/pdf/marcolegal/LEY_ORGANICA_DE_HIDROCARBUROS_GASEOSOS.pdf. Consultado el: 26/03/2022)
- Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos.**(2001). (Disponible en: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6665.pdf>. Consultado el: 26/03/2022)
- Manual de proyectos especiales UPEL**(2011).Tesis de investigación. (Disponible en:<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/07/proyectos-especiales-manual-upel.html>. Consultado el: 27/03/2022).
- Manual clases del Profesor Giovanni Pizzella.** (2020)
- Paella, S y Martins, F(2012) **Guía metodológica de la investigación cualitativa**
- Pereira M., Natalia.(2020).**Contribuciones de la teoría ambiental de Florence Nightingale a la prevención de pandemia.** (Disponible en: <http://www.revenfermeria.sld.cu/index.php/enf/article/view/3702/578#:~:text=La%20teor%C3%ADa%20ambientalista%20fue%20presentada,de%20casos%20de%20infecci%C3%B3n%20disminuye.> Consultado el: 11/04/2022)
- Portal digital “**Terremoto nacional**” (2022).(Disponible en: <https://www.termometronacional.com/venezuela/yaracuy/vozdelacalle-vecinos-de->

nirgua-protestaron-por-falta-de-transporte-publico-y-escasez-de-gas-domestico/
.Consultado el : 28/06/2022)

Plataforma digital “**Aturem**” (2013).(Disponible en:

<https://aturemfracking.wordpress.com/2013/12/fracking-la-tercera-bombolla/>.

Consultado el: 10/05/2022)

Revista digital “**El luchador**”. (2020).(Disponible en:

<https://elluchador.info/web/2020/06/11/en-ciudad-bolivar-tambien-cocinan-en-lena-ante-escasez-de-gas-domestico/>. Consultado el: 10/05/2022)

Revista digital “**La patilla**”.(2020).(Disponible en:

<https://www.lapatilla.com/2020/12/29/la-pesada-carga-de-lena-para-cocinar-recae-sobre-los-hombros-de-una-venezuela-sin-gas/>. Consultado el: 10/05/2022).

Revista digital “**La patila**”(2022).(Disponible en: <https://www.lapatilla.com/2022/06/03/mas-de-20-comunidades-estan-a-la-espera-de-gas-domestico-en-nirgua/> .Consultado el :
28/06/2022)

Ron González. **Claves de la escasez de gas domésticos en Venezuela**.(2021)(Disponible

en:https://www.swissinfo.ch/spa/venezuela-gas_claves-de-la-escasez-de-gas-dom%C3%A9stico-en-venezuela/46413488. Consultado el:04/03/2022)

Santa Paella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana. **Metodología de la investigación cuantitativa** (2010)

Solano P., J.A. (2019). **Pre-factibilidad de generación de energía en zonas ganaderas mediante la biodigestión de residuos agropecuarios como apoyo a la transición energética en Venezuela**. Tesis, Univ. Simón Bolívar. Doctorado desarrollo sostenible.

Tamayo y Tamayo, M(2009)”**El proceso de la investigación**” (Disponible

en:<https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=53911>) (Consultado el:15/04/2022)

Teoría cinética de los gases. (Disponible en:

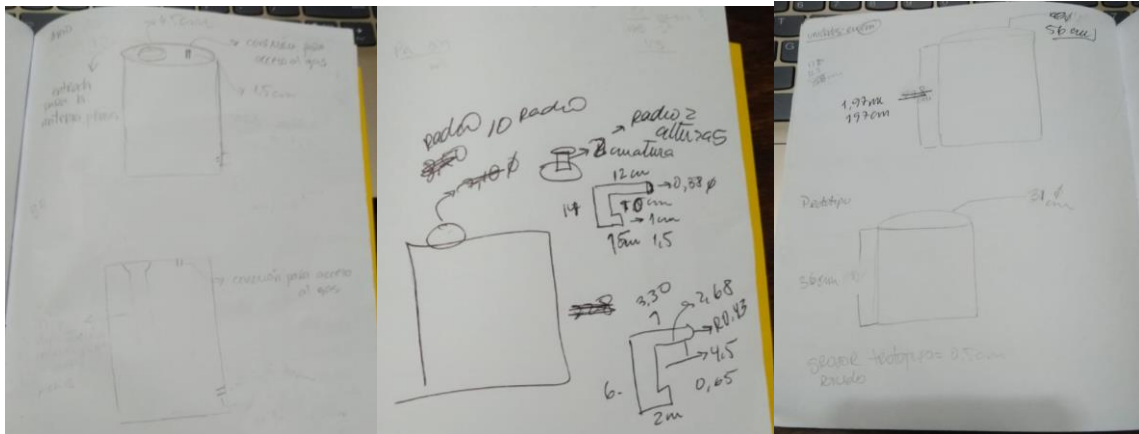
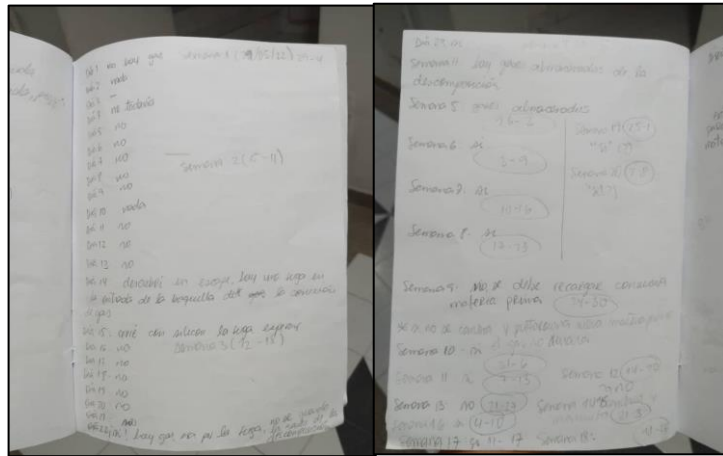
<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/07/proyectos-especiales-manual-upel.html>. Consultado el: 08/04/2022)

Torres P., A.G. (2020). **Diseño de un biodigestor anaeróbico para la obtención de metano a partir de residuos lignocelulósicos de la industria maderera y asesorías**. Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Fac. Ing. Ambiental.

Wright (2005).Capítulo II: Marco teórico. (Disponible en:
<http://virtual.urbe.edu/tesispub/0094338/cap02.pdf>. Consultado el: 17/03/2022)

ANEXOS

Anexo 1: Fotografías del cuaderno de notas.



Fuente: Berroteran (2022)

Anexo 2: Valores y características de algunos materiales orgánicos.

Clase de Animal	Cantidad Diaria de		% del material de fermentación		Relac. C/N
	Estiércol en % del peso vivo	Orina en % del peso vivo	% MST	% MSO	
Vacunos	5%	4%	15-16%	13%	20
Cerdos	2%	3%	16%	12%	13
Caprinos ovejas	3%	1.5%	30%	20%	30
Caballos	5%	4%	25%	15%	20
Avícolas Gallinas	4.5%	4.5%	25%	17%	5-8
Humanos	1%	2%	20%	15%	8

Fuente: Difusión de la tecnología del biogás en Colombia. Corporación Autónoma Regional del Cauca