



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO
DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE EXCRETAS HUMANAS Y DE ANIMALES, CON LA DISTRIBUCIÓN A LA ZONA RURAL DE BARRANCABERMEJA

AUTORES

ALEJANDRO BERRIO FLOREZ
CARLOS ANDRÉS PORTO
JAMES DAVID RODRÍGUEZ

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
BARRANCABERMEJA

Fecha de Presentación: (16/12/2017)



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO
DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE
EXCRETAS HUMANAS Y DE ANIMALES, CON LA DISTRIBUCIÓN A LA ZONA
RURAL DE BARRANCABERMEJA

AUTORES

ALEJANDRO BERRIO FLOREZ
CARLOS ANDRÉS PORTO
JAMES DAVID RODRÍGUEZ

Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

DIRECTOR

ELKIN HUMBERTO VILLALOBOS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
BARRANCABERMEJA

Fecha de Presentación: (16/12/2017)

Nota de Aceptación

Trabajo de grado titulado: Diseño de un sistema de producción de biogás a partir de excretas humanas y de animales, con la distribución a la zona rural de Barrancabermeja.

Presentado por: ALEJANDRO BERRIO FLOREZ, CARLOS ANDRÉS PORTO Y JAMES DAVID RODRÍGUEZ. Para optar el título de INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por darnos la oportunidad y fortaleza suficiente para superar cada obstáculo surgido en el desarrollo de este proceso de aprendizaje, a cada uno de mis familiares, en especial a mis padres y hermanos por el apoyo y constante motivación brindada a lo largo del proceso, y a todas aquellas personas que con sus aportes hicieron posible la culminación de esta etapa tan importante en mi vida.

ALEJANDRO BERRIO FLOREZ

Ante la culminación de este proyecto investigativo es para mí un gran honor dedicar este logro a Dios, quien fue el principal proveedor de sabiduría, paciencia y conocimientos necesarios para cumplir cada uno de los objetivos propuestos. Asimismo, agradezco a cada uno de mis familiares, primos, hermanos y demás conocidos quienes constantemente estuvieron al tanto del proceso, con la finalidad de brindar su apoyo y motivación para no desfallecer ante el surgimiento de cualquier obstáculo.

CARLOS ANDRÉS PORTO

Dedico el desarrollo de esta investigación a Dios por su inmensa sabiduría, por las bendiciones y por darme la fuerza suficiente, aun en los momentos más difíciles, a mis docentes por su paciencia, constancia y empeño en el momento en que necesite de sus conocimientos, a mis padres agradecer por la confianza, motivación y esfuerzo de salir adelante, a mis amigos, compañeros y conocidos que han estado cada momento de mi vida brindando de su apoyo y sus consejos.

JAMES DAVID RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS

Es de gran honor para nosotros, agradecer inicialmente a Dios por acompañarnos en todo momento, por darnos las fuerzas suficientes para culminar cada proceso surgido. Asimismo, por sus infinitas bendiciones y ánimos de continuar nuestro crecimiento personal y profesional.

Agradecemos a nuestras familias, en especial a nuestros padres quienes fueron la fuente principal de motivación y apoyo constante, indispensables para la culminación con éxitos el largo camino que comprende los estudios realizados para alcanzar esta meta. Con su ayuda y consejos, nos permitieron seguir adelante a pesar de los retos que se presentaron en el proceso de nuestro estudio universitario.

Finalmente, agradecemos a las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja, por brindarnos la oportunidad y herramientas necesarias para formarnos como profesionales y enfrentar las exigencias del campo laboral. Por último, al ingeniero Elkin Humberto Villalobos por sus aportes, acompañamiento constante y sabiduría para aconsejarnos en la elaboración de cada una de las actividades requeridas en el proyecto, al guiarnos en el proceso investigativo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	17
INTRODUCCIÓN	19
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	21
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2. JUSTIFICACIÓN	23
1.3. OBJETIVOS	25
1.3.1. Objetivo general	25
1.3.2. Objetivos específicos	25
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	26
2. MARCOS REFERENCIALES	31
2.1. Marco teórico	31
2.2. Marco histórico	35
2.3. Marco conceptual	38
2.3.1. Biodigestor	38
2.3.2. Biodigestión	38
2.3.3. Producción de biogás	38
2.3.4. Generalidades del biogás	39
2.3.5. Las características bioquímicas	40
2.3.6. Temperatura de los biodigestores	40
2.3.7. Saneamiento de efluentes	40
2.3.8. Tipos de Biodigestores	41
2.3.8.1 Biodigestor tipo chino	41

2.3.8.2	Parámetros a considerar en el diseño de un biodigestor	41
2.3.9.	Elementos principales que componen la instalación	42
2.3.9.1	Cámara de carga	42
2.3.9.2	Cámara de digestión.....	42
2.3.9.3	Conducto de carga	43
2.3.9.4	Conducto de descarga.....	43
2.3.9.5	Agitador	43
2.3.10.	Dimensionamiento e instalación de un biodigestor	44
2.3.10.1	Localización del biodigestor.....	44
2.3.10.2	Consideraciones para la elaboración del diseño	44
2.3.10.3	Cuantificación de los residuos	45
2.3.10.4	Determinación de producción de biogás.....	45
2.4.	Marco legal	46
2.4.1.	Norma Técnica I.S.O. 020. Especificaciones generales tanques sépticos	46
2.4.1.1	Artículo 2. Alcance.....	46
2.4.1.2	Artículo 3. Definiciones	46
2.4.1.3	Lecho de secado de lodos	46
2.4.1.4	Sedimentación	46
2.4.1.5	Tanque Dosificador.....	47
2.4.2.	Artículo 5. La Norma Técnica ISO 020.....	47
2.4.2.1	Capitulo II- Diseño de tanques sépticos	47
2.4.2.2	Artículo 9. Materiales	48
2.4.2.3	Artículo 13. Ventilación del tanque	48
2.4.2.4	Artículo 15. Operación y mantenimiento del tanque séptico	49

2.5. Marco ambiental.....	50
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	54
3.1. REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ZONA, PARA DETERMINAR LOS PRINCIPALES PROBLEMAS ENERGÉTICOS-AMBIENTALES DE LA POBLACIÓN, POR MEDIO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	54
3.1.1. Corregimiento de la Fortuna.....	54
3.1.1.1 Distribución de agua del corregimiento la Fortuna.....	57
3.1.1.2 Problemas de agua que afronta el corregimiento de la Fortuna	58
3.1.1.3 Método implementado como suministro de agua para las viviendas	59
3.1.1.4 La distribución de gas del corregimiento la Fortuna	60
3.1.1.5 Problemas de gas que afronta el corregimiento de la Fortuna	61
3.1.1.6 Problemas ambientales, eléctrico, sanitario, gasoducto, hídrico (servicios legales) en el corregimiento la Fortuna	63
3.1.1.7 Aplicación de encuestas sector la Fortuna	63
3.2. SELECCIONAR LA ALTERNATIVA MÁS APROPIADA AL ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL, PARA PERMITIR LA RECOLECCIÓN DE BIOGÁS PRODUCIDO POR LA DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA DE LA MATERIA ORGÁNICA Y EL ABASTECIMIENTO DE GAS EN EL CORREGIMIENTO DE LA FORTUNA.....	79
3.2.1. Análisis socioeconómico desarrollado en el corregimiento la Fortuna	82
3.2.2. Caracterización socioeconómica.....	83
3.2.2.1 Vínculo familiar	83
3.2.2.2 Nivel educativo	84
3.2.2.3 Empleos.....	85

3.2.2.4 Ingresos mensuales por familia	86
3.2.2.5 Ingresos y gastos mensuales	87
3.2.2.6 Uso de pipeta de gas si-con que frecuencia	89
3.2.2.7 Otra alternativa para preparacion de los alimentos	90
3.2.2.8 Apoyo a la alternartiva del Biodigestor	91
3.2.2.9 Conclusion de la encuesta	93
3.3. REALIZAR EL BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL BIOGÁS A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN SOLIDWORKS.	96
3.3.1. Factores que influyen en la construcción del sistema biodigestor	97
3.3.2. Análisis de la implementación del sistema biodigestor a una vivienda... ..	100
3.3.3. Especificaciones técnicas y diseño estructural del sistema biodigestor .	107
3.3.3.1 Ensamble final del sistema de biodigestor.....	121
3.3.4. Manual de mantenimiento del Biodigestor	127
3.3.4.1 Paso 1. Equipo de proteccion personal	127
3.3.4.2 Paso 2. Limpieza de registro de lodos	127
3.3.4.3 Paso 3. Sacar y/o retirar los lodos secos del mantenimiento anterior	127
3.3.4.4 Paso 4. Tapar el registro de los lodos	128
3.3.4.5 Paso 5. Desinfectar	128
3.3.4.6 Recomendaciones	128
3.3.4.7 Inseguridades	129
4. RESULTADOS.....	130
5. CONCLUSIONES	131

6. RECOMENDACIONES	133
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXOS	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área geográfica del Corregimiento de la fortuna	54
Figura 2. Fotografía satelital de la quebrada el Zarzal	55
Figura 3. Distancia entre el municipio de Barrancabermeja y el corregimiento de la Fortuna	56
Figura 4. Acueducto del corregimiento de La Fortuna.....	57
Figura 5. Construcción del acueducto de La Fortuna.....	58
Figura 6. Pozo tradicional en viviendas del corregimiento la Fortuna	60
Figura 7. Características de los cilindros de gas	62
Figura 8. Determinación de muestra	64
Figura 9. Encuesta a la familia Ballesteros en el barrio Buenavista	67
Figura 10. Encuesta a familia Padilla en el barrio la Cascajera.....	69
Figura 11. Encuesta a familia Gualdrón en barrio Caserío San Luis	70
Figura 12. Socialización de encuesta barrio las Mirlas.....	72
Figura 13. Encuesta a la familia Castillo en el barrio Patio Bonito	73
Figura 14. Medición de terreno en casa de Familia Castillo, Zarzal la Y	74
Figura 15. Encuesta de estudio SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL	76
Figura 16. Clasificación, descripción, precio al usuario de los cilindros de gas domiciliarios.....	80
Figura 17. Continuacion de la Clasificacion, descripcion,precio al usuario de los cilindros de gas domiciliarios.....	81
Figura 18. Personas del vinculo familiar.....	83
Figura 19. Nivel educativo	84
Figura 20. Personas empleadas del corregimiento	85
Figura 21. Registro del ingreso legal mensual por labores desarrolladas de las familias	86
Figura 22. Ingreso mensual alcanza para cubrir los gastos del hogar / si-no.....	87

Figura 23. Frecuencia del uso de los cilindros de gas domiciliario	89
Figura 24. Alternativa domestica en la coccion de los alimentos	90
Figura 25. Viabilidad de la construccion del biodigestro en el corregimiento la Fortuna	91
Figura 26. Fauna representativa en fuentes de ingreso económico.....	95
Figura 27. Tanque para biodigestor	107
Figura 28. Tanque para mezcla de estiércol más agua	109
Figura 29. Tanque recipiente para Bioabono	110
Figura 30. Tubería y codos para conexión de tanques	112
Figura 31. Válvula reguladora de Gas con trampa de agua	114
Figura 32. Tubería Flexible para transporte de Biogás	116
Figura 33. Vista de corte con el contenido para cada recipiente	118
Figura 34. Vista isométrica del diseño.....	119
Figura 35. Conexión de biodigestor con pipeta de gas	120
Figura 36. Ubicación biodigestor	121
Figura 37. Sistema biodigestor.....	122
Figura 38. Cubierta del biodigestor	124

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudio socio-económico-ambiental	66
Tabla 2. Características del biodigestor	78
Tabla 3. Encuesta socioeconómica a la población del corregimiento la Fortuna ..	82
Tabla 4. Lineamientos para el control del sistema de biodigestor	97
Tabla 5. Parámetros de control de tuberías de conducción y descargue de lodo .	98
Tabla 6. Proceso del biodigestor	100
Tabla 7. Producción de excretas	101
Tabla 8. Calculo de potencial de biogás.....	102
Tabla 9. Relación Excremento: Agua	103
Tabla 10. Calculo de mezcla litros de agua.....	104
Tabla 11. Temperatura Vs Tiempo de residencia.....	105
Tabla 12. Características Tanque Biodigestor.....	108
Tabla 13. Características Tanque para mezcla de estiércol más agua	109
Tabla 14. Características Tanque Recipiente para Bioabono	111
Tabla 15. Características del sistema de tuberías.....	113
Tabla 16. Características Válvula reguladora con trampa de agua.....	115
Tabla 17. Características Tubería de transporte de Biogás	117
Tabla 18. Catalogado de componentes de Biodigestor	125
Tabla 19. Relación de capacidad y costo	126

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Sector Buenavista	138
Anexo 2. Sector Cascajera.....	138
Anexo 3. Sector Cascajera.....	140
Anexo 4. Sector Mirlas	141
Anexo 5. Sector Buenavista	142
Anexo 6. Sector Patio bonito	143
Anexo 7. Plano con distancia nominal para ubicación de biodigestor	144
Anexo 8. Plano con medidas nominales de biodigestor	145
Anexo 9. Plano de tanque para líquidos.....	146
Anexo 10. Plano de Tanque para mezcla con medidas nominales	147
Anexo 11. Manguera flexible de 1 pulgada	148
Anexo 12. Llave de paso	149
Anexo 13. Plano de accesorios para las conexiones del biodigestor	150
Anexo 14. Plano pipeta de gas.....	151
Anexo 15. Plano con medidas nominal de válvula de seguridad.....	152
Anexo 16. Pipeta de gas para uso de biodigestor	153
Anexo 17. Sistema biodigestor	153
Anexo 18. Ensamble de biodigestor con pipeta de gas.....	154
Anexo 19. Ensamble biodigestor enterrado en su ubicación	154
Anexo 20. Límites permisibles de contaminantes	155
Anexo 21. Cubierta básica sistema biodigestor	155
Anexo 22. Cubierta total	156

RESUMEN EJECUTIVO

Con esta propuesta de diseño de un sistema de producción con distribución de biogás a partir de excretas humanas y animales para su funcionamiento y suministro de gas a las zonas rurales del corregimiento de la fortuna de la ciudad de Barrancabermeja.

El desarrollo del proyecto plantea realizar la caracterización socio-económico y ambiental de la zona, con el fin de determinar los principales problemas energéticos-ambientales que se presentan actualmente en la población, por medio de instrumentos de recolección de datos que permitan clasificar, conocer y tabular la información, para después, seleccionar la alternativa más apropiada al entorno socio-económico y ambiental, así permitir la recolección de biogás producido por la descomposición anaerobia de la materia orgánica, por medio de herramientas técnicas de comparación, así mismo efectuar el correspondiente diseño y determinar el costo-beneficio del proyecto en la población.

El proyecto contempla una metodología que se basa en la investigación descriptiva, donde se analizan las fuentes de investigación externas e internas que son suministradas como base para el desarrollo del proyecto, se aplican modelos que fueron desarrollados y han tenido un correcto funcionamiento, con el método de análisis se obtiene la información requerida con el propósito de almacenar y conocer el estado actual del área, de la comunidad y el medio ambiente respecto al biocombustible.

Se implementa un enfoque cuantitativo, que permite examinar, analizar, comprobar y tabular los datos obtenidos para determinar los cálculos y estadísticas que se requieren en la construcción del proyecto garantizando el

cumplimiento de los objetivos. Como resultado se determinan las diferentes variables que intervienen tanto en los cálculos del área, de diseño y del proceso del biodigestor y así poder establecer el diseño correcto que más se adecue a las necesidades de la tesis de grado.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años la innovación tecnológica e incremento de diversos métodos investigativos ha traído consigo la generación de nuevas alternativas que han beneficiado la subsistencia y desarrollo de nuevas actividades orientadas a reducir la generación de fuentes de biocombustible responsables de impactar directamente el medio ambiente y salud de las personas.

Con base a lo expuesto anteriormente se establece la realización de un proyecto investigativo orientado a la elaboración de un diseño de sistema biodigestor a través del software Solidworks, el cual es implementado como alternativa de solución al sector rural la fortuna, del municipio de Barrancabermeja, quien actualmente presenta una problemática que deriva de la falta de mecanismos que permitan la distribución eficiente de servicios de gas, por lo que deben emplear actividades empíricas como el uso de fogones accionados por leña que permitan la cocción de alimentos, los cuales generan un impacto ambiental por la contaminación del aire, producto de la combustión de madera, sin dejar de lado la afectación en la salud, que representa la inhalación constante de dióxido de carbono.

La ejecución del diseño, consta de la identificación detallada, funcionamiento y dimensiones nominales de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica para la extracción y distribución de gas metano a los hogares, para su respectivo uso como combustible, a partir de excretas humanas y de animales. Además, de considerar que es un factor que beneficia directamente la reducción de emisiones contaminantes, incremento de los ingresos económicos de las viviendas debido a que no deben someterse a un pago constante para la adquisición del servicio, sin

dejar de lado que el sistema empleado posee un mecanismo de descarga, que permite la extracción de lixiviados y/o material ya procesado que puede ser comercializado e implementado en la zona como bioabono.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona rural de Barrancabermeja especialmente en el corregimiento de la fortuna la cual es la población más alejada del casco urbano, no cuenta con conexión a red de gas domiciliario como una fuente de energía para uso doméstico (cocinas, hornos), por tanto, recurren a sistemas como al uso de la pipeta o cilindro de gas licuado de petróleo (GLP) y a la leña para poder cocinar.

El gas licuado de petróleo, en julio de 2015 tuvo un incremento del 15% de acuerdo al cambio de tarifa aplicado por la comisión de regulación de energía y gas (CREG), mediante la resolución 079 de 2015 (Rojas, 2015). Además, a partir del 2016 los usuarios del GLP manifiestan un elevado aumento en el precio del producto, debido a que actualmente el valor del GLP se encuentra atado al precio del gas natural, el cual ha tenido un déficit de oferta y un incremento en la demanda, presionando al alza en el precio del gas natural, situación que se ve reflejada negativamente en las nuevas alzas de precios que se ofrecen a los usuarios del GLP.

Para la adquisición del cilindro de GLP se debe tener en cuenta aspectos como, la distancia o el equivalente a la salida de la finca al punto de venta de GLP más cercano en la zona urbana, lo cual cuesta entre \$15.000 a \$20.000 pesos, por ejemplo, el precio de la pipeta de GLP de 33 libras cuesta \$60.000 o su recarga (cuando llevan el cilindro) entre \$45.000 a \$50.000 pesos; y el obrero, al cual se le paga \$15.000 pesos para ir a buscar el GLP y llevarlo a la finca; la pipeta de 33 libras para una familia rural promedio de 4 a 6 personas, tiene una duración de 15

a 20 días, generando unos costos aproximados cada 20 días entre \$75.000 a \$85.000 pesos si lleva el cilindro, de no llevarlo entre \$90.000 a \$95.000 pesos.

Por otro lado, el uso de la leña como fuente de energía para utilizar en el hogar, acarrea un impacto ambiental negativo ocasionado por la deforestación y un impacto nocivo para la salud, debido a compuestos procedentes de la combustión de la madera, partículas tóxicas pequeñas como el monóxido de carbono y el dióxido de nitrógeno, los cuales, son tóxicos para el hombre y el ambiente; con niveles hasta cien veces superiores a los límites que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Adicionalmente, en los hogares rurales el manejo de las excretas tanto animales como humanas no es el más adecuado, debido a la falta de conocimiento y capacitación sobre el tema, lo cual conlleva a que las excretas desemboquen en fuentes hídricas, siendo foco continuo de contaminación para aguas potables y potencial generador de enfermedades para los humanos, esto sumado al desperdicio del potencial energético y nutricional (bioabono) que tienen las excretas.

Al incorporar la tecnología del biogás cada hogar rural ahorra anualmente 4 toneladas de leña, 32 L de queroseno y se beneficiaran con 5 toneladas anuales de bio-abono o bio-fertilizante. Por tal motivo se llega a un interrogante ¿Cómo aprovechar los desechos o excretas animales de las familias de las zonas rurales para la producción de biogás y la implementación de una tecnológica limpia a la comunidad rural, a un bajo costo, por medio de prácticas sustentables para la obtención domestica de una fuente de energía?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación contempla el diseño de un sistema de producción con distribución de biogás a partir de excretas humanas y animales para su uso, en las zonas rurales de Barrancabermeja, lo cual permite que la comunidad cuente con un suministro estable y continuo de biogás, y disminuir el uso del GLP o leña que actualmente es el más utilizado por la comunidad.

El análisis y desarrollo del trabajo de grado establece el diseño del prototipo y conciencia en los habitantes de la zona el uso de una fuente de energía renovable como el biogás, que contribuya al mejoramiento de las condiciones del medio ambiente, disminuyendo el uso de la leña que tiene efectos nocivos en la salud ocasionados por la exposición directa al humo generado al momento de cocinar los alimentos.

El modelo utiliza como fuente de alimentación las excretas tanto animales como humanas. A través de un flujo semi-continuo se genera la descomposición de la materia, producir el biogás y generar un mejor manejo de los desechos sanitarios de la zona, además de contribuir en la salud y en el ambiente. El biodigestor produce un fertilizante rico en nutrientes que permite la recuperación de zonas que debido a la agricultura han perdido capacidad de producción y por medio de estos fertilizantes pueden nuevamente ser actas para el cultivo.

El biodigestor también tiene como ventaja la generación de energía eléctrica que ayuda a alimentar focos o bombillos en la vivienda u otro elemento eléctrico que esta posea durante un determinado tiempo. La inversión que se realiza al inicio puede recuperarse en un tiempo factible y además provee un ahorro en cuanto a los gastos de las pipetas de GLP, debido a que los habitantes cuentan con un

sistema más accesible para saciar la necesidad de gas doméstico lo cual reduce altamente los costos generados por compra y transporte de GLP.

El uso de esta tecnología en los últimos años ha cobrado gran interés debido a la actual crisis energética producto del agotamiento de los combustibles fósiles, por tal motivo las nuevas fuentes de energía renovable son de gran utilidad y beneficio para todos los sectores económicos del país y del mundo. Disminuyendo la reproducción de gérmenes y contaminación de fuentes hídricas (procedentes de las excretas), evitando problemas para la salud pública y para el ambiente.

Con el trabajo de grado se beneficia en especial a los habitantes de las zonas rurales del corregimiento de la fortuna, con la contribución hacia una mejor calidad de vida y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables. Por otra parte, los estudiantes de ingeniería electromecánica aportan con su conocimiento teórico, a que se desarrolle proyectos de investigación, reflejando así la capacidad que tiene las unidades tecnológicas de Santander de formar profesionales que contribuyen con el desarrollo tecnológico de la ciudad.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de producción de biogás a partir de excretas humanas y animales, con distribución a la zona rural de Barrancabermeja.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización socio-económica y ambiental de la zona, para determinar los principales problemas energéticos-ambientales de la población, por medio de instrumentos de recolección de datos.
- Seleccionar la alternativa más apropiada al entorno socio-económico y ambiental, para permitir la recolección de biogás producido por la descomposición anaerobia de la materia orgánica y el abastecimiento de gas en el corregimiento de la fortuna
- Realizar el biodigestor para la producción y distribución del biogás a través de una herramienta de simulación SolidWorks.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Las investigaciones que se presentan a continuación permiten observar de manera breve, las consultas y el respectivo análisis de diseños y prototipos de biodigestor que se utilizan actualmente y que otros autores han citado con el fin de dar a conocer los resultados obtenidos, las recomendaciones y la conclusión a la que han llegado con la implementación de sus modelos. Todo con el fin de reforzar y dar una mayor credibilidad al proyecto de grado y permitir la aceptación del mismo en la comunidad y la institución.

Wilson Barrientos (2010) permite en su tesis, el estudio de factibilidad técnica y financiera del uso del biogás obtenido del excremento de ganado para suplir necesidades energéticas en el sector rural, con el apoyo de la Universidad Industrial de Santander en la ciudad de Bucaramanga en el año 2010.

Este proyecto presenta una propuesta de solución al problema de falta de suministro de energía eléctrica en el sector rural. Específicamente está planteado para suplir las necesidades energéticas de cinco familias campesinas ubicadas en cercanías al corregimiento La India en el departamento de Santander (Colombia) y cuya principal actividad económica es la ganadería (Barrientos , 2010). Para ello, se diseña un sistema de generación de energía eléctrica utilizando un biodigestor de tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno y una celda de combustible tipo SOFC.

Uno de los desechos contaminantes de la ganadería es el estiércol producido por el ganado, el estiércol es un tipo de biomasa con un alto valor energético que puede ser aprovechado mediante la construcción de biodigestor (Barrientos , 2010). Es a pequeña y gran escala para la obtención de biogás. El biogás

representa una fuente de energía cuyo componente principal es el metano, el cual se genera a través de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica a través de la actividad.

Sonia Duarte (2006) Afirma en su investigación un desarrollo consiente en el estudio de factibilidad técnico-económica y ambiental para el aprovechamiento del biogás producido en el tratamiento de efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma de la zona de Puerto Wilches, con el apoyo de la Universidad Industrial de Santander en la ciudad de Bucaramanga en el año 2006.

El Biogás se inyecta mezclado con ACPM en motores Diésel para generar energía eléctrica, reemplazando hasta el 50% del combustible y reduciendo hasta el 47% los costos de producción de energía. La captura y aprovechamiento del Biogás se desarrolla de forma técnica, aprovechando el subproducto obtenido en los sistemas de tratamiento de efluentes. Manejando un punto positivo ambiental, ya que la combustión del Biogás en el generador de energía eléctrica, permite eliminar la emisión del metano contenido en el Biogás, causando una reducción considerable en la emisión de gases promotores de efecto invernadero. (Duarte S. , 2006, pág. 4)

Debido a que se disminuye el consumo de ACPM para generar energía eléctrica en cada planta, reduciendo los costos operativos del producto (Duarte S. , 2006); adicionalmente la reducción de GEI, califica esta propuesta como un proyecto de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) para captura de dióxido de carbono, de acuerdo con las alternativas planteadas en el Protocolo de Kyoto para alcanzar las metas de reducción de GEI.

Sonia Duarte (2006) determina que este trabajo de investigación que contiene un estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental de la producción de energía eléctrica, a partir del Biogás obtenido del tratamiento anaeróbico de efluentes en extractoras de aceite de palma, ubicadas en la región de Puerto Wilches.

Alejandro Rodríguez (2014) permite en el desarrollo de su tesis la viabilidad técnica para producción de biogás a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, con el apoyo de la Universidad EAN en la ciudad de Bogotá D.C, en el año 2014. Este trabajo presenta tecnologías empleadas mundialmente para la gestión de los residuos sólidos urbanos. Haciendo uso de procesos termoquímicos, biológicos, bioquímicos y físicos, para la cogeneración de energía térmica con: Incineración en Parilla, Lecho Fluidizado, Circulante, Horno Rotativo, y otro sistema como la Fermentación. Así mismo se expone como la FORSU puede ser degradada por métodos aeróbicos o anaeróbicos como el Compostaje.

Para el aprovechamiento del Biogás se presentan alternativas como los biodigestor, que son desarrollados en India, China y Taiwán, observando las ventajas y desventajas de cada sistema, estableciendo un criterio cualitativo calificado (Rodríguez, 2014). Determinando el sistema de producción de biogás que más se ajusta al contexto colombiano. Se determina el costo-beneficio argumentando el factor ambiental, social y económico.

Miguel Lozano (2007) en su proyecto investigativo, evidencia la producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato, con el apoyo de la escuela de ingeniería civil, mecánica e industrial, universidad de la Salle bajo, en México.

El Estado de Guanajuato, posee un interesante número de cabezas de ganado en el ámbito bovino y porcino, lo que ha originado el planteamiento del presente artículo (Lozano M. , 2007). En este trabajo, se presenta un estudio, empleando estadísticas locales, conducente a evaluar el potencial energético disponible a partir del uso de las excretas de ganado porcino, para producir Biogás y de ahí, establecer una valoración de la energía eléctrica anual obtenible, el ahorro en

equivalente a barriles de petróleo que se podría manejar y la cantidad de gases que se dejarían de añadir a la atmósfera.

El estudio se realiza dividiendo el estado por municipios y estableciendo los totales de cada variable de interés en el proceso. Los indicadores muestran que dada la sencillez de implementación de biodigestor es para la producción de biogás, esta debe ser una alternativa interesante e importante a desarrollar y potenciar en los próximos años en el país (Lozano M. , 2007). En el caso particular del Estado de Guanajuato, existen cerca de un millón de cerdos de diferentes edades registrados, pudiendo producir una energía potencial para alimentar a más de 60,000 viviendas estándar.

Nelson Duarte (2012) realizó un diseño y una construcción de un biodigestor con residuos orgánicos (desperdicios, excremento y desechos sólidos) utilizando un recipiente de polietileno de alta densidad y simulando las condiciones de un relleno sanitario típico. En un contenedor que se sometió a un aproximado de 50 kilogramos de desechos sólidos con el correspondiente tratamiento con capa vegetal.

De este proceso se verificó la producción con éxito de gas metano, esta se verificó mediante la producción de una combustión con "llama" característica color azul, de una presión medida en 5 atmósferas (Duarte N. , 2012). Conjuntamente se instaló un sistema de producción de electricidad utilizando una turbina diseñada especialmente para el caso que produce electricidad estática y de corriente continua de 5 amperios los cuales utilizando madera y polietileno de media densidad; se evidencian en el funcionamiento y operatividad de un motor de 4 amperios, así como el de una lámpara común.

Nelson Duarte (2012) concluye destacar que el sistema de digestión de materia orgánica para conversión de gases representa un potencial ilimitado de desarrollo para generar energía alternativa, no solo para producir electricidad, sino que también para otros fines, tales como redes de gases domésticos.

Marcela Paz (2011) realiza en su proyecto de grado un estudio de factibilidad sobre la utilización de biodigestores. Se da a conocer tipos de biodigestores ya existentes y su funcionamiento, pudiendo así adentrarse de mejor forma en la posible utilización de estos en una zona urbana. También se hará referencia a los distintos usos que se le puede dar al biogás y las modificaciones correspondientes que se deben hacer a los artefactos para su óptima utilización.

El objetivo principal de este proyecto de investigación es estudiar si es factible utilizar biodigestores en una zona urbana, específicamente en un conglomerado habitacional (Paz, 2011). Estableciendo además las características que requiere el espacio físico donde el biodigestor sea instalado, su funcionamiento propiamente tal y los posibles usos de los productos obtenidos a través de la biodigestión.

Marcela Paz (2011) determinó que el sistema más adecuado de digestión anaeróbica, para desarrollar, es el sistema Semi continuo. A demás de ser el sistema más utilizado en instalaciones pequeñas, es el que proporciona una cantidad diaria de biogás relativamente constante, si se logran mantener las condiciones de operación óptimas. Este sistema permite que el reactor sea cargado diariamente, por lo tanto, el volumen de la mezcla y los productos finales dependerán del tiempo de retención.

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEÓRICO

Jaime Herrero (2008) explica que en cuanto al diseño de un biodigestor depende directamente de varios parámetros tales como la temperatura ambiente media del lugar donde se vaya a instalar. La temperatura marcará la actividad de las bacterias que digieren el estiércol y cuanto menor temperatura, menor actividad tendrán estas, y por tanto será necesario que el estiércol este más tiempo en el interior del biodigestor. De esta forma la temperatura marca el tiempo de retención. Por otro lado, la carga diaria de estiércol determinará la cantidad de biogás producido por día. La carga de estiércol diaria, junto con el tiempo de retención (determinado por la temperatura), determinarán el volumen del biodigestor.

Una cualidad de esta tecnología que es adaptable a muchas situaciones, y su diseño puede considerar diferentes criterios (Herrero, 2008). Criterios de necesidad de combustible, criterios de necesidades medioambientales (cuando se desea tratar todo el estiércol generado, criterios de un fertilizante natural y criterios de límite de estiércol disponible según cual sea el objetivo del biodigestor; proveer de combustible, generar un buen fertilizante o depurar residuos orgánicos, unos parámetros u otros serán los que definan la metodología de cálculo del biodigestor.

Calculo del tiempo de retención

El posible tamaño del digestor (volumen del digestor) es determinado por el tiempo de retención (TR) y por la carga diaria (UPME, 2003). Se recomienda escoger el TR apropiado de acuerdo a la temperatura promedio del sitio en el cual va a operar, utilizando la relación generada que se determina con: donde TR; es el tiempo de retención en días, Ln; logaritmo natural, T^oc; Temperatura promedio en grados centígrados del sitio donde se instalara el biodigestor: $TR = \frac{Ln}{T - T^o}$

Volumen del biodigestor

Se determina a través de una serie de variables sometidas a cálculos matemáticos que confirman el desarrollo práctico del sistema de biogás donde el volumen del digestor en litros (Vd), La carga diaria para alimentar el biodigestor en litros por día (C), El tiempo de retención por días (TR), Volumen adicional para el almacenamiento del biogás (1.2), se desarrolla con la siguiente ecuación: $Vd = C * TR * 1,2$ (UPME, 2003, pág. 36).

Calculo para la producción de biogás

Donde se determina que el gas producido en litros por días (PG) (UPME, 2003), el estiércol en kilogramo por día (MPC), el porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie (SO) y la producción aproximada de m³ de gas/1kg de masa orgánica seca total que afianza la siguiente formula: $PG = PPC * SO * P$

Concentración de solido por carga

Virginia Lozano (2012) menciona que no es conveniente que la carga a degradar se encuentre muy concentrada ni diluida, recomendando una concentración de entre 3 – 6% en modelo tubular y de 3 – 10% en modelo chino. Para verificar la concentración, cuando la materia prima es compuesta se utiliza la siguiente

relación: El valor óptimo para la digestión metanogénica es de 6.5. – 7.5. Cuando el pH baja de 5 o sube de 8 puede inhibir el proceso de fermentación o incluso detenerlo

Mc: Concentración de sólidos totales en la materia prima compuesta

W1: Peso de la muestra

M1: Concentración de sólidos totales para una sola materia prima

Concentración del ambiente

El diseño de un biodigestor depende directamente de la temperatura ambiente media del lugar donde se va a instalar (Lozano V. , 2012). La temperatura marcará la actividad de las bacterias que digieren el estiércol y cuanto menor sea la temperatura, menor actividad tendrá éstas y por tanto será necesario que el estiércol esté más tiempo en el interior del biodigestor; marcando de esta manera la temperatura el tiempo de retención

Volumen total del biodigestor

“El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 80% del volumen total a la fase líquida y del 20% restante a la fase gaseosa” (Lozano M. , 2007, pág. 18).

Volumen de gas requerido en el biodigestor

Virginia Lozano (2012) determina la cantidad necesaria de biogás para satisfacer las necesidades internas de una familia rural varía entre 1 y 1,5 metros cúbicos diarios, según el contenido de metano. Las presiones de funcionamiento de un

biodigestor rural se calcula que oscilan entre 1.200 – 3.000 Pa, y el contenido del metano en el biogás varía entre 50 y 70%.

Alimentación del biodigestor

Debido a que la mezcla de materiales dentro del biodigestor sufre un desgaste por acción de las bacterias fermentativas, es necesario reemplazar el material desgastado por nuevo material orgánico (Lozano V. , 2012). La nueva alimentación deberá realizarse después del cargado inicial cuando se alcance una buena producción de metano en el tiempo de retención establecido. La alimentación deberá realizarse retirando al mismo tiempo una cantidad similar de biofertilizante. Posteriormente, el reemplazo y la remoción deberán hacerse diaria o semanalmente

Teoría de Buswell

Leonard Nemrow (1998) señala que esta teoría describe la fermentación con una cadena de reacciones que comprende la transferencia de hidrogeno. La reacción más lenta en el proceso de degradación de metano, por tanto, la velocidad que controla todo sistema. Las características fisiológicas esenciales para las bacterias de metano son; obligatoriamente son anaerobias, requieren dióxido de carbono como un receptor de hidrogeno, la fuente del hidrogeno es el amoniaco y se desarrollan a velocidad lenta debido a su baja producción de energía y se concluye que cuanto más alto sea el porcentaje en hidratos de carbono en el sustrato de los ácidos grasos, mayor es el porcentaje de metano en el gas.

2.2. MARCO HISTÓRICO

En China, Corea y Japón, durante más de 4.000 años, los excrementos y la orina humana, se consideraron productos comerciales muy valiosos, gracias a la aplicación de los residuos humanos como productos fertilizantes, puesto que en los campos agrícolas, lograron cultivar y alimentar a una población cada vez más numerosa, sin contaminar el agua potable (Decker, 2013).

En cambio, tras la caída del Imperio Romano, las ciudades de la Europa medieval, se convirtieron en alcantarillas al aire libre con sus primeras cloacas y retretes; y ya para el final del siglo XIX la distribución concentrada y no organizada de las excretas humanas en las aguas subterráneas, ríos y canales de las ciudades, trajo epidemias mortales como el cólera y la fiebre tifoidea, causados por beber agua contaminada con heces (Decker, 2013).

Kris Decker (2013) indica que el problema fue modernizado en Holanda a finales del siglo XIX, por Charles Liernur, mediante un sistema de alcantarillado de vacío. El cual consistía en un armario en el interior de cada hogar, conectado a un conducto subterráneo de infraestructura pequeña, por donde las heces y la orina salían de la casa después de la deposición. La diferencia fundamental con la tecnología actual, fue que el sistema de Liernur no usaba agua. Esto significaba que se evitaba la dilución del estiércol por la mezcla de agua, preservando así su valor como fertilizante.

Cuando se cultiva la tierra, retiramos los nutrientes esenciales del suelo como el potasio, nitrógeno y fósforo, por citar algunos de los más importantes, lo que conlleva utilizar fertilizantes artificiales, por lo que sin ellos, los suelos agrícolas perderían su fertilidad en tan sólo unos pocos años, seguido de un colapso

inevitable de la producción de alimentos y la población (Esguerra, 1989). Durante la vida humana, se recicla nutrientes a través del cuerpo y se devuelven a la tierra por medio de las excretas, entierros de cadáveres, madera y restos de alimentos.

Faundez Varnero (2004) señala que a partir del siglo XVIII el físico italiano Alessandro Volta (1800) identificó por primera vez el metano (CH₄), en las burbujas que emergían de los pantanos, no se pudo imaginar la importancia que este gas podría llegar a tener para la sociedad humana en los siglos venideros.

Explica que el metano alcanzó una importancia durante la segunda guerra mundial, debido a la escasez de combustible, pero con el fin de la guerra y la fácil disponibilidad de combustibles fósiles, la mayoría de las instalaciones fueron cesando en su funcionamiento; sin embargo, en India, a comienzos de la década de los 60, se impulsó notablemente la tecnología de producción de biogás a partir de estiércol bovino, con el doble propósito del aprovechamiento energético y la obtención de un biofertilizante; en China, desde inicios de la década de los 70, se ha fomentado la construcción de digestores, mediante programas de ámbito nacional (Varnero, 2004).

Durante la década de los 80, volvió a adquirir cierta importancia como forma de recuperación energética en explotaciones agropecuarias y agroindustriales, sin embargo, al final de la década con la disminución de los precios del petróleo, el interés por la tecnología de digestión anaeróbica volvió a decaer; pero algunos países industrializados desarrollaron programas de plantas anaeróbicas a escala industrial y doméstica (Varnero, 2004). Ahora bien, la actividad agropecuaria con el manejo adecuado de residuos rurales puede contribuir significativamente a la producción y conversión de residuos animales y vegetales (biomasa) en distintas formas de energía.

Durante la digestión anaeróbica de la biomasa, mediante una serie de reacciones bioquímicas, se genera el biogás, el cual, está constituido principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), este biogás puede ser capturado y usado como combustible y/o electricidad. De esta forma, la digestión anaeróbica, se usa como método de tratamiento de residuos, permite disminuir la cantidad de materia orgánica contaminante, estabilizándola (Bioabonos) y al mismo tiempo, produce energía gaseosa (biogás) (Varnero, 2004, pág. 45).

Los países generadores de tecnología en Biodigestión en la actualidad son: China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE.UU, Filipinas y Alemania (C.A, 2002). A nivel latinoamericano se ha desarrollado tecnología propia en Argentina y en Santiago de Chile incluyen un importante porcentaje de gas procedente de esta fuente en la red de distribución urbana de gas natural.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Biodigestor

El biodigestor consiste de un receptor de boñiga, una pila de fermentación, una cubierta y almacén para el gas, una salida del gas y un desagüe para limpieza. Por lo general la pila de fermentación se construye en el suelo y en un lugar que permita el fácil llenado y la limpieza (Chinchilla, 1998). El biodigestor debe quedar tapado o sellado completamente para aprovechar el gas producido. El gas es extraído por la parte superior del biodigestor y transportado a la casa a través de una tubería.

2.3.2. Biodigestión

Raul Botero (2000) afirma que la biodigestión es la fermentación realizada por bacterias anaeróbicas sobre la materia orgánica, componente de un 80% de las excretas y posee las siguientes ventajas: Reducir la contaminación ambiental al convertir las excretas en residuos útiles. Producir abono orgánico (bioabono), útil para los suelos, los cultivos y desarrollo de fitoplancton y zooplancton. Mediante la digestión de bacterias anaeróbicas, se destruyen microorganismos, huevos de parásitos, semillas de malezas contenidas en las excretas frescas, quedando el fertilizante residual libre de tales gérmenes y plantas indeseables y proporciona combustible (biogás) para suplir las principales necesidades energéticas rurales.

2.3.3. Producción de biogás

Para lograr una producción de biogás es conveniente contar con material de carga, en general los materiales de origen vegetal tienen una producción mayor

que los de origen animal, se estima que los pastos rinden un promedio de 0,40 m³/kg de sólidos totales (ST) y las excretas rinden un promedio de 0,25 m³/kg.ST (Guevara, 1996). La generación de gas dentro del biodigestor es un proceso que conlleva días de fermentación, tiempo durante el cual las bacterias entran en contacto con el sustrato y se desencadenan las reacciones propias del proceso. Según el material de carga o tipo de excreta utilizado, será el porcentaje o volumen total de gas generado durante el mismo tiempo, a lo cual también se le llama velocidad de generación de gas o tasa de generación de gas y se expresa en m³/Kg.ST.

2.3.4. Generalidades del biogás

Faundez Varnero ((2004)) declara que el gas producido por la descomposición de la materia orgánica el biogás o microorganismos metano génicos (productores de metano), son susceptibles a los cambios en las condiciones ambientales, por lo que la biotecnología anaeróbica requiere de un monitoreo y evaluación del desempeño del sistema en función de la tasa de producción de metano, puesto que la metano génesis se considera un paso limitante del proceso.

Se debe tener en cuenta las condiciones ambientales, la temperatura mesofílica (30°C a 40°C), la termofílica ($\geq 45^\circ\text{C}$), tipo de materias primas, nutrientes, concentración de minerales traza, PH generalmente cercano a la neutralidad, toxicidad y condiciones redox que es la reacción de tipo químico que implica la transferencia de electrones entre distintos reactivos, lo que lleva a una modificación del estado de oxidación por lo que aumenta la cantidad de oxígeno y disminuye el número de electrones de alguno de los átomos .Las materias primas utilizadas en la fermentación metano génica, pueden ser residuos orgánicos. (Varnero, 2004, pág. 361)

2.3.5. Las características bioquímicas

Permiten el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico (Mandujano, 1981). El proceso microbiológico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros elementos menores); normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales, presentan estos elementos en proporciones adecuadas, sin embargo en la digestión de ciertos desechos industriales puede presentarse el caso de ser necesaria la adición de los compuestos enumerados o bien un post tratamiento aeróbico.

2.3.6. Temperatura de los biodigestores

Establece que la temperatura de operación del biodigestor, es considerada uno de los principales parámetros de diseño, debido a la gran influencia en la velocidad de digestión anaeróbica, las variaciones bruscas de temperatura en el biodigestor pueden gatillar la desestabilización del proceso, por ello, para garantizar una temperatura homogénea, es imprescindible un sistema adecuado de agitación y un controlador de temperatura; existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaeróbicos (psicrófilos $\leq 25^{\circ}\text{C}$, mesófilos $25 - 45^{\circ}\text{C}$ y termófilos $45 - 65^{\circ}\text{C}$, siendo la velocidad máxima de crecimiento mayor conforme aumenta el rango de temperatura, dentro de cada rango. (Herrero, 2008, pág. 27)

2.3.7. Saneamiento de efluentes.

Los métodos tradicionales para el saneamiento de efluentes o tratamiento de aguas residuales, no han logrado una eficacia óptima en la disminución de los índices de contaminación de las aguas servidas, a fin que no sean agresivas a los cuerpos receptores

2.3.8. Tipos de Biodigestores

2.3.8.1 Biodigestor tipo chino

El modelo más extendido, debido a su durabilidad, fácil manejo, funcionabilidad y seguridad. Se trata de una cámara cerrada con sus respectivas cámaras de carga y descarga. La estructura puede ser construida de concreto armado, ladrillos, piedra u hormigón y las paredes internas permeabilizadas con diferentes métodos como aplicación de cemento mezclado con porcelana para evitar fugas de líquido (Ocaña, 2012).

Su larga vida útil, mayor a 15 años con un buen mantenimiento a veces no compensa su relativo alto costo (Ocaña, 2012). Esta clase de biodigestor almacena solamente un pequeño volumen del gas generado en el interior, por lo que necesita de un contenedor diferente construido para este gas producido (gasómetro).

2.3.8.2 Parámetros a considerar en el diseño de un biodigestor

Volumen de carga es representa por el volumen total del material orgánico diluido con el agua necesaria, listo para ser introducido al biodigestor (Paz, 2011). El tiempo de retención es el tiempo conveniente que debe dejarse el material orgánico dentro de un biodigestor, para que, en las condiciones ambientales del lugar, como la temperatura, viento, pueda degradarse y lograr la estabilización de la biomasa en digestión. Y el cálculo del tiempo de retención se realiza dividiendo el volumen útil del biodigestor por el volumen de la carga diaria, expresando el resultado en días.

Marcela Paz (2011) indica que el volumen del biodigestor es el espacio ocupado por la biomasa en digestión y representa el volumen efectivamente útil para realizar la biodigestión. Se expresa en metros cúbicos. Y volumen del Gasómetro indica el valor máximo de almacenamiento de biogás que puede contener este. La capacidad que tenga dependerá de las necesidades particulares de cada caso en función de la distribución de los consumos durante el día y se expresa en metros cúbicos de biogás. Generalmente los gasómetros contienen el biogás a presión atmosférica, sometidos a una leve sobrepresión, equivalente al peso entre 10 a 15 centímetros de columna de agua.

2.3.9. Elementos principales que componen la instalación

2.3.9.1 Cámara de carga

Se debe contar con una cámara que permita introducir el material orgánico disponible al biodigestor, donde se mezclará con una cantidad adecuada de agua, que puede ser caliente solo si es posible. Paz (2011) indica. “permite una mejor velocidad de degradación, ayuda a la homogenización del material y disminuye la concentración para que el material pueda fluir fácilmente hacia el interior del equipo que será utilizado” (p.45).

2.3.9.2 Cámara de digestión

Es el elemento principal del biodigestor, el cual permite que el material permanezca el tiempo necesario, en ausencia total de oxígeno; que en un función de su diseño y de la temperatura de trabajo adquirida, pueda transformarse en biogás (Paz, 2011). Conviene dotar la cámara de elementos que permitan la agitación de la masa en digestión, con el fin de lograr un mejor contacto entre el sustrato que ingresa y las bacterias que contiene el biodigestor en su interior;

como también impedir la formación de costras, debido a la acumulación de material celulósico de difícil degradación.

2.3.9.3 Conducto de carga

Este elemento comunica la cámara de carga con el biodigestor. Por él circula el material ya preparado, que generalmente ingresa por acción de la gravedad, al estar ubicada la cámara de carga por sobre el nivel de líquido en el biodigestor. Conviene que la conducción sea recta, ya que al tener curvas se puede producir un estancamiento del material en el ingreso y a la vez no permitiría una fácil limpieza. En biodigestores de gran tamaño la conducción de carga puede estar bajo presión, utilizando una bomba para introducir la suspensión de sólidos a digerir. (Paz, 2011, pág. 47)

2.3.9.4 Conducto de descarga

Marcela Paz (2011) ratifica que este conducto posibilita la extracción del material estabilizado, que ha cumplido el tiempo de residencia dentro del biodigestor. Se puede colocar el extremo del caño de descarga a una cota tal con respecto al nivel del terreno, que permita la salida del residuo por el principio de vasos comunicantes, es decir que, al ingresar una cantidad de mezcla de alimentación a digerir, se descargará automáticamente un volumen igual de mezcla de residuos digeridos.

2.3.9.5 Agitador

Puede construirse colocando un caño camisa que se instala en forma inclinada dentro de la cámara de digestión, mediante una unión que no permita pérdidas de líquido hacia el exterior. Debe sobresalir al exterior por sobre el nivel de descarga del líquido (Paz, 2011). Dentro de este se coloca un caño eje, al cual se ajusta una paleta mezcladora. El impulsor puede ser de placa plana que se acciona con un movimiento angular o con forma de hélice, el que se hace girar sobre su eje. El movimiento desde el exterior se logra mediante una manija accionada

manualmente, dado que una suave agitación es suficiente, lo que ayuda también al desprendimiento de las burbujas de biogás.

2.3.10. Dimensionamiento e instalación de un biodigestor

2.3.10.1 Localización del biodigestor

Marcela Paz (2011) declara que el movimiento o traslado de los residuos hasta la cámara de carga del biodigestor, tiene una incidencia importante dentro de las actividades que implica mantener en funcionamiento del biodigestor. La idea es que la instalación se encuentre próxima al sector de generación de los residuos, ya que el peso material que se debe mover es importante.

También es importante considerar que la ubicación del biodigestor este cercana al lugar donde se hará uso del biogás producido, para así evitar pérdidas y accidentes (Paz, 2011). Recomiendan que la instalación se ubique en un lugar protegido de los vientos fríos del invierno, con la finalidad de que la temperatura pueda mantenerse lo más estable posible. También se debe poner atención para que reciba la máxima insolación posible durante el año, evitando sombras prolongadas durante el día.

2.3.10.2 Consideraciones para la elaboración del diseño

Contabilizar la energía que se requiera resulta muy útil, para sustituir los combustibles más caros y lograr el autoabastecimiento con una fuente de energía renovable no convencional (Paz, 2011). También es necesario realizar un inventario de la cantidad de residuos a estabilizar, esta condición fijará el volumen a tratar y posteriormente el diseño que se utilizará. Con el propósito de evitar todo tipo de contaminación a través de la energía renovable generada, la que permitirá

satisfacer algunos consumos cotidianos, se adoptará una solución que permita realizar el saneamiento de los residuos orgánicos.

Se deben seleccionar los materiales a utilizar, el tipo de mano de obra, la inversión que se esté dispuesto a realizar, teniendo en cuenta las prestaciones y la duración de la instalación que se quiera lograr. “En las instalaciones de tratamiento de residuos orgánicos de origen domiciliario, dependiendo el tamaño se puede incorporar en el diseño tanques en plástico reforzado con fibra de vidrio, tanto para los biodigestores como los gasómetros” (Paz, 2011, pág. 54). Resiste los efectos de la corrosión del ambiente lo que permite una mayor duración.

2.3.10.3 Cuantificación de los residuos

Este objetivo determina la cantidad de sólidos recolectados, idealmente se debería realizar una estadística durante unos quince días, estimando de esta forma el volumen de todo lo recolectado (Paz, 2011). Esto permitirá ajustar para cada caso particular la cantidad de residuos disponibles, con lo cual se podrá dimensionar la instalación y estimar la producción de biogás, lo más adecuadamente posible.

2.3.10.4 Determinación de producción de biogás

Marcela Paz (2011) plantea que la conversión de cada materia orgánica residual en biogás se puede estimar de los diversos datos publicados o de experiencias propias realizadas a escala piloto, ajustando las condiciones de diseño y temperatura locales. Debe también estudiarse la mezcla de residuos con el fin de balancear los componentes principales que inciden sobre la digestión, como la relación entre el carbono y el nitrógeno (C/N) y la relación entre el nitrógeno y fósforo (C/P).

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1. Norma Técnica I.S.O. 020. Especificaciones generales tanques sépticos

2.4.1.1 Artículo 2. Alcance

La Norma Técnica ISO 020 (2006) a clara la implementación de un tanque séptico como la principal alternativa para el tratamiento de aguas negras de la zona rural de Barrancabermeja que en la actualidad no poseen con un sistema de captación de aguas residuales o este está muy alejado de la zona.

2.4.1.2 Artículo 3. Definiciones

“Aguas negras domesticas; Aguas negras derivadas principalmente de las casas, edificios comerciales instituciones y similares, que no están mezcladas con aguas de lluvia o aguas superficiales” (NTC-ISO-020, 2006).

2.4.1.3 Lecho de secado de lodos

Una superficie natural confinada o lechos artificiales de material poroso, en los cuales son secados los lodos digeridos de las aguas negras por escurrimiento y evaporación (NTC-ISO-020, 2006). Un lecho de secado de lodos puede quedar a la intemperie o cubierto, usualmente, con una armazón del tipo invernadero.

2.4.1.4 Sedimentación

La norma técnica ISO 020 (2006) indica que el proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas negras u otros líquidos, por gravedad. Esto se logra usualmente disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del límite necesario para el transporte del material suspendido. También se llama asentamiento.

2.4.1.5 Tanque Dosificador

“Un tanque al que se introduce aguas negras parcialmente tratadas, en cantidad determinada y del cual son descargadas después, en la proporción que sea necesaria, para el subsecuente tratamiento” (NTC-ISO-020, 2006, pág. 2).

2.4.2. Artículo 5. La Norma Técnica ISO 020

La norma técnica ISO 020 (2006) establece que las tuberías de recolección y conducción al tanque séptico o tanque de captación. Tiene como principal función es de conducir las aguas negras desde las viviendas hasta el tanque séptico, como principal recomendación en este proceso debe tener supremo cuidado en su construcción y evitar contaminación del suelo o el abastecimiento de agua y de impedir la entrada de aguas de infiltración que recargarían la capacidad del tanque.

2.4.2.1 Capítulo II- Diseño de tanques sépticos

El tanque séptico es una estructura de separación de sólidos que acondiciona las aguas residuales para su buena infiltración y estabilización en los sistemas de percolación que necesariamente se instalan a continuación (NTC-ISO-020, 2006). Los tanques sépticos solo se permitirán en las zonas rurales o urbanas en las que no existen redes de alcantarillado, o ésta se encuentre tan alejadas, como para justificar su instalación.

En las edificaciones en las que se proyectan tanques sépticos y sistemas de zanjas de percolación, pozos de absorción o similares, requerirán, como requisito primordial y básico, suficiente área para asegurar el normal funcionamiento de los tanques durante varios años, sin crear problemas de salud pública, a juicio de las

autoridades sanitarias correspondientes (NTC-ISO-020, 2006). No se permitirá la descarga directa de aguas residuales a un sistema de absorción. El afluente de los tanques sépticos deberá sustentar el dimensionamiento del sistema de absorción de sus efluentes, en base a la presentación de los resultados del test de percolación.

2.4.2.2 Artículo 9. Materiales

La Norma Técnica ISO 020 (2006) señala como principal consideración que la construcción de los tanques sépticos pequeños, tiene unos parámetros de construcción entre ellos: el fondo se construye por lo general de concreto no reforzado, lo bastante grueso para soportar la presión ascendente cuando el tanque séptico está vacío. Si las condiciones del suelo son desfavorables o si el tanque es de gran tamaño es necesario tener en cuenta otros parámetros donde puede ser necesario reforzar el fondo. Las paredes son, por lo común, de ladrillo o bloques de concreto y deben enlucirse en el interior con mortero para impermeabilizarlas.

2.4.2.3 Artículo 13. Ventilación del tanque

Este artículo establece la obligación de un sistema de ventilación Si el sistema de desagüe de la vivienda u otra edificación posee una tubería de ventilación en su extremo superior, los gases pueden salir del tanque séptico por este dispositivo. “Si el sistema no ésta dotada de ventilación, se debe prever una tubería desde el tanque séptico mismo, previniendo de cualquier manera un fuga de gases contaminantes este proceso de preservación de lleva a cabo a través de malla” (NTC-ISO-020, 2006, pág. 4).

2.4.2.4 Artículo 15. Operación y mantenimiento del tanque séptico

La Norma Técnica ISO 020 (2006) establece que, para la adecuada operación del sistema, se recomienda no mezclar las aguas de lluvia con las aguas residuales; así mismo, se evitara el uso de químicos para limpieza del tanque séptico y el vertimiento de aceites. Los tanques sépticos deben ser inspeccionados al menos una vez por año ya que ésta es la única manera de determinar cuándo se requiere una operación de mantenimiento y limpieza. Dicha inspección está limitada a medir la profundidad de los lodos y de la nata. Los lodos se extraerán cuando los sólidos llegan a la mitad o a las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo.

La limpieza se efectúa bombeando el contenido del tanque a un camión cisterna. Si no se dispone de un camión cisterna aspirador, los lodos deben sacarse manualmente con cubos. Es este un trabajo desagradable, que pone en peligro la salud de los que lo realizan. Cuando la topografía del terreno lo permita se puede colocar una tubería de drenaje de lodos, que se colocara en la parte más profunda del tanque (zona de ingreso). La tubería estará provista de una válvula. En este caso, es recomendable que la evacuación de lodos se realice hacia un lecho de secado (NTC-ISO-020, 2006, pág. 5).

Cuando se extrae los lodos de un tanque séptico, este no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de fango para asegurar que le proceso de digestión continúe con rapidez (NTC-ISO-020, 2006). Los lodos retirados de los tanques sépticos se podrán transportar hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales, en zonas donde no exista fácil acceso a las plantas de tratamiento o estas no existan en lugares cercanos, se debe disponer de lodos en trincheras y una vez secos proceder a enterrarlos o usarlos como mejorador de suelo. Las zonas de enterramiento deben estar alejadas de las viviendas (por lo menos 500 metros de la vivienda más cercana).

2.5. MARCO AMBIENTAL

Régimen Legal para el decreto 1505 de 2003, gestión integral de residuos.

Artículo 1.

El Decreto 1505 (2003) considera que el aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y económicos.

Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario orgánicos. Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte, a través de las tuberías o vertederos (Decreto 1505, 2003). Estos residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y económicos en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos.

Resolución 1074 de 1997.

Por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos. Que según lo establecido en los artículos 113 y 120 del Decreto 1594 de 1984, las personas naturales y jurídicas que recolecten, transporten y dispongan residuos líquidos orgánicos (Resolución 1074, 1997). Deberán cumplir con las normas de vertimiento y obtener el permiso correspondiente.

La resolución 1074 (1997) señala que se podrá expedir o tramitar las normas reglamentos necesarios para prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales y preservar, administrar y conservar el medio ambiente y los recursos naturales. Que a fin de asegurar el interés colectivo de un medio ambiente sano y adecuadamente protegido y de garantizar el manejo armónico y la integridad del patrimonio natural de la Nación, el ejercicio de las funciones en materia ambiental por parte de las entidades territoriales se sujetará a los principios de armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario.

Ministerio de ambiente. Decreto 1594 de 1984

Artículo 10

Entiéndase por zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento (Decreto- 1594, 1984).

Artículo 18

El decreto 1594 (1984) indica que se denomina toxicidad crónica la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados por el bioensayo acuático.

Artículo 31

Explica que se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas

acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos (Decreto- 1594, 1984). Para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

Artículo 70

Los sedimentos, lodos, y sustancias sólidos provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos. (Decreto- 1594, 1984, pág. 22)

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, decreto 3440 de 2004.

Artículo 2. El decreto 3440

El decreto 3440 (2004) aclara que los proyectos de inversión en descontaminación hídrica. Son todas aquellas inversiones cuya finalidad sea mejorar la calidad físico químico y bacteriológico de los vertimientos o del recurso hídrico. Incluyen la elaboración y ejecución de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico. Igualmente, comprende inversiones en interceptores, emisarios finales y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y, hasta un 10% del recaudo de la tasa podrá utilizarse para la cofinanciación de estudios y diseños asociados a los mismos.

Artículo 32

Reporte de actividades: Con el propósito de evaluar la efectividad de las tasas retributivas en el marco de las estrategias regionales de control de la contaminación hídrica, las autoridades ambientales competentes deberán recolectar (Decreto-2440, 2004). Se consolida y analizar la información relacionada con la aplicación del instrumento económico, de conformidad con los lineamientos establecidos en la Resolución 0081 de 2001 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o aquella que la modifique o sustituya.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ZONA, PARA DETERMINAR LOS PRINCIPALES PROBLEMAS ENERGÉTICOS-AMBIENTALES DE LA POBLACIÓN, POR MEDIO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

A continuación, se realiza una descripción del corregimiento la Fortuna, en la que se caracteriza la situación socio-económica existente en las viviendas del sector a través de la aplicación de encuestas a una determinada muestra. Asimismo, se analiza la viabilidad de emplear nuevos sistemas alternos a la compra de gas y combustión de leñas que permitan reducir el impacto que genera este en el medio ambiente y salud de las personas.

3.1.1. Corregimiento de la Fortuna

Figura 1. Área geográfica del Corregimiento de la fortuna

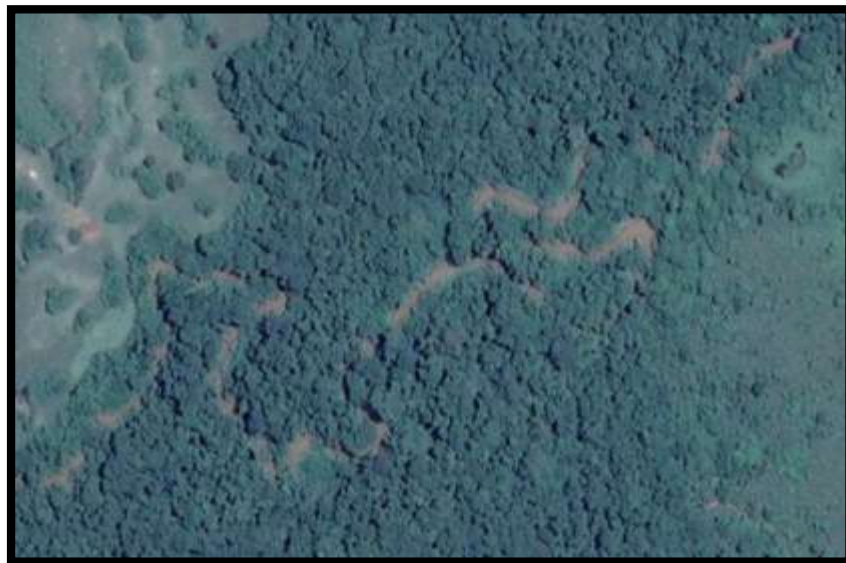


Fuente: GEO POSTAL CODES DATABASE CORREGIMIENTO LA FORTUNA. [sitio web]. Sd: MAPANET. [Consulta: 15 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.mapanet.eu>

Como lo muestra la Figura 1, el corregimiento la Fortuna cuenta con una extensión aproximada de 356.61 Km² a 100 m sobre el nivel del mar, con una latitud de 6.27278 y una Longitud de -73.4336, habitada por aproximadamente 4.090 habitantes, que lo posiciona como el corregimiento más grande del Municipio (Administración Local, 2013).

Como se ilustra en la Figura 2, el corregimiento se encuentra ubicado a una distancia de 38,2 km del municipio de Barrancabermeja, a 39 minutos por la carretera 66, encontrada aproximadamente a 700 metros de la quebrada el Zarzal.

Figura 2. Fotografía satelital de la quebrada el Zarzal

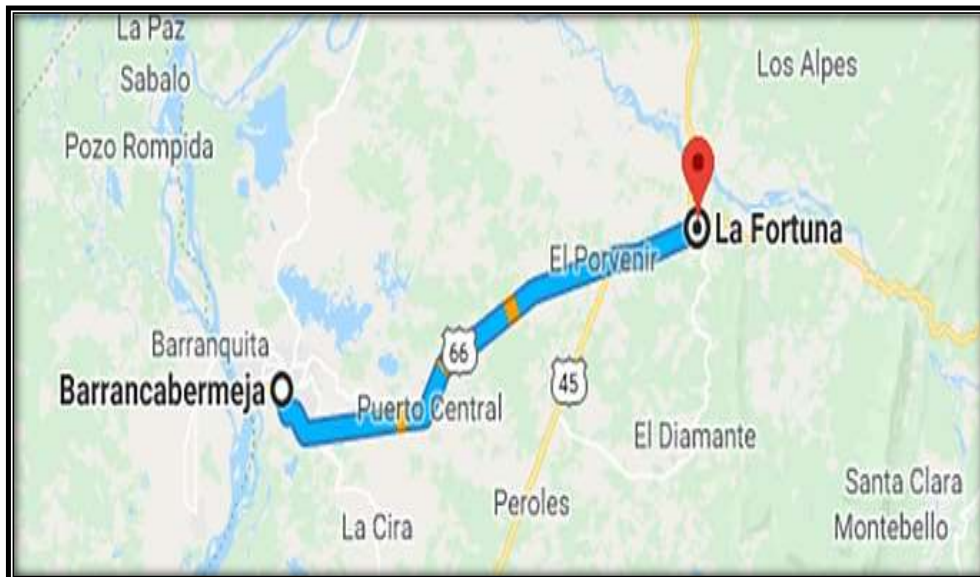


Fuente. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER. [sitio web]. San Gil: CAS. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.cas.gov.co>

Dentro de las características principales de la quebrada el Zarzal posee un área aproximada de 237.3Km² y un perímetro cercano a los 58.45Km², siendo esta la segunda más grande de la zona después de la quebrada Peroles, en la Figura 15 se observa una vista satelital de uno de los tramos del recorrido que hace la quebrada antes de desembocar en el Caño San Silvestre y luego en la ciénaga

que lleva su mismo nombre (ESAP, 2010). La quebrada se simboliza como uno de los afluentes más relevantes en el sector para la extracción de agua potable.

Figura 3. Distancia entre el municipio de Barrancabermeja y el corregimiento de la Fortuna



Fuente: GEO POSTAL CODES DATABASE CORREGIMIENTO LA FORTUNA. [sitio web]. Sd: MAPANET. [Consulta: 15 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.mapanet.eu>

El corregimiento está compuesto por seis veredas, donde se distribuyen los barrios: Buenavista, Caserío San Luis, el Cucharó, Fortuna autopista, la Cascajera, las Kolinás K9, las Mirlas, Patio Bonito, Peroles, el Poblado, Tapazón, Zarzal la Y, Zarzal el 40 y el barrio Zarzal las Lajas (Administración Local, 2013). Sin embargo, el corregimiento no cuenta con servicios de agua potable y saneamiento básico, pero, cuenta con un puesto de salud, un colegio de bachillerato y servicio de energía eléctrica.

3.1.1.1 Distribución de agua del corregimiento la Fortuna

Figura 4. Acueducto del corregimiento de La Fortuna



Fuente: COMUNIDAD DE LA FORTUNA QUIERE ADMINISTRAR SU PROPIO ACUEDUCTO. [sitio web]. Barrancabermeja: Vanguardia. [Consulta: 15 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/150075-comunidad-de-la-fortuna-quiere-administrar-su-propio-acueducto>

El corregimiento de la Fortuna cuenta con una planta de tratamiento de agua de la quebrada la Salvadera, que permite enviar el agua potable hacia los habitantes de los corregimientos de la Fortuna y a los de la Meseta de San Rafael (Suárez, Alertas sanitarias y ambientales, 2014). Actualmente, el corregimiento tiene contrato con el acueducto Aguas de Barrancabermeja, quien es el encargado de suministrar el agua potable a todos los habitantes, porque aún no se conoce el ente que se hará a cargo de la administración del nuevo acueducto que va a suplir las necesidades básicas de los pobladores del corregimiento, como se muestra en la Figura 4.

3.1.1.2 Problemas de agua que afronta el corregimiento de la Fortuna

Actualmente, en el corregimiento de La Fortuna se cuenta con la construcción de un acueducto, un proyecto elaborado por la alcaldía, que se ejecutó durante tres años; la construcción se emprendió para el año 2008 y fue entregada para el mes de diciembre del 2011 (Almario, 2011). Esta nueva infraestructura, como se detalla en la Figura 4, beneficiara a las comunidades que hacen parte de la Meseta de San Rafael y la vereda Buenavista que tendrán suministro las 24 horas del día de agua potable.

Figura 5. Construcción del acueducto de La Fortuna



Fuente: LA FORTUNA, CONSTRUCCION DE ACUEDUCTO. [sitio web]. Barrancabermeja: Vanguardia. [Consulta: 24 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/santander/>

Sin embargo, el acueducto tiene un gran problema, pues, suministra en servicio de forma gratuita y sin control alguno, porque según el presidente de la junta de acción comunal, apenas se están haciendo pruebas de la calidad del servicio

pues, aun no existe un sistema que permita la facturación ni un operador definido para desarrollar de manera eficiente la administración del acueducto (Almario, 2011).

Estos aspectos, no fueron contemplados en la ejecución del proyecto, por lo que los costos de mantenimiento del acueducto serán económicos debido a las condiciones del terreno y la calidad de agua que llega a los usuarios, Figura 5. Lo mencionado anteriormente, genera problemas en las comunidades que residen en el municipio, debido a que el suministro de agua no es equitativo, pues, solo las familias que logren establecer sus sistemas de tuberías para el acueducto, pueden gozar de las prestaciones de este servicio (Almario, 2011).

Por otro lado, como no existe un control en el servicio, concurre a que haya una mayor probabilidad que se desperdicie de una manera ineficiente el agua potable y se genere perdida das irreparables en los recursos hídricos naturales, disminuyendo la calidad del servicio prestado, que podrían ser causadas por las faltas de recursos en el mantenimiento del sistema (Almario, 2011).

Seguidamente, al no contar con un servicio de alcantarillado eficiente, mucho de los habitantes se han visto en la tediosa tarea de buscar nuevas alternativas de solución ante la falta de mecanismos que permitan la realización de sus necesidades físicas.

3.1.1.3 Método implementado como suministro de agua para las viviendas

Actualmente, el agua de consumo de algunas viviendas en el corregimiento, el agua para el consumo y otros usos domésticos, Figura 5. Es extraída de quebradas limpias, recolección de agua lluvia en tanques, pozos artesanos, suministro por parte de carro tanques con agua, canales o acudir a otros sectores

para la recolección de agua con canecas, debido a que el líquido adquirido no está en óptimas condiciones de consumo por lo que el surgimiento de enfermedades incrementa con el pasar del tiempo, (Suárez, El agua ya escasea en zona rural del puerto, 2014).

Figura 6. Pozo tradicional en viviendas del corregimiento la Fortuna



Fuente: LA FORTUNA, LISTA PARA ADMINISTRAR SU PROPIO ACUEDUCTO. [sitio web]. Barrancabermeja: Vanguardia. [Consulta: 24 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/>

3.1.1.4 La distribución de gas del corregimiento la Fortuna

Aproximadamente 400 familias del corregimiento de La Fortuna, solían suplir sus necesidades básicas con los suministros ilegales de gas que eran aprovechados por las tuberías de la empresa Ecopetrol S.A que pasan por el territorio, ya que el municipio no cuenta con gasificadora (Suárez, Alertas sanitarias y ambientales, 2014). Debido a los peligros que presentaban estas prácticas, fueron suspendidos las tuberías de gas, porque este servicio público no debe estar a cargo de esta empresa sino de la Alcaldía Municipal.

Esta situación le implica a la población adquirir el servicio de gas doméstico mediante pampinas o cilindros de gas, mientras se pone en marcha el proyecto para instalar un servicio de gas domiciliario a la comunidad del corregimiento, que serán apoyados por la empresa Ecopetrol S.A para beneficiar a los habitantes del corregimiento de La Fortuna y sectores aledaños (Suárez, Alertas sanitarias y ambientales, 2014).

3.1.1.5 Problemas de gas que afronta el corregimiento de la Fortuna

La falta de una gasificadora en el corregimiento La Fortuna, ha implicado en la comunidad realice conexiones ilícitas que puedan generar peligros en su vida por manejar químicos muy volátiles, provocando incluso hasta la muerte, adicionalmente, estas conductas son un delito denominado apoderamiento de hidrocarburos y por tanto, en cumplimiento de la ley (Suárez, 2016).

Es por eso que la empresa Ecopetrol debe realizar los controles y las acciones orientadas a su eliminación, más aún cuando Ecopetrol no es una empresa prestadora de servicios públicos ni está autorizada por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) para el suministro de este gas que no cumple con las especificaciones para uso doméstico.

Figura 7. Características de los cilindros de gas



Fuente: ECOPETROL CERRÓ TUBERÍA QUE PROVEÍA DE GAS A ZONA DE SANTANDER. [sitio web]. Barrancabermeja: Vanguardia. [Consulta: 22 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja>

Al percatarse de esta situación, inmediatamente la empresa dueña de las tuberías de gas, decidió suspender la línea, pues esta práctica atenta contra la integridad de las personas, pues, no existe un control por parte de una entidad, que asegure y certifique la calidad de los servicios públicos, afectando el desarrollo social y económico de las personas que habitan el corregimiento de La Fortuna (Sùarez, 2016).

Actualmente la población debe suplir sus necesidades básicas, con la compra de cilindros o pipetas de gas, como se detalla en la Figura 7, y aquellas familias que no poseen los recursos económicos para la compra del gas, deben recurrir a los fogones tradicionales de leña (Sùarez, 2016). Pero, esta situación genera consecuencias al medio ambiente, debido a que aumentan la emisión de gases perjudiciales hacia la atmosfera, y su falta de control genera efectos contra la comunidad.

3.1.1.6 Problemas ambientales, eléctrico, sanitario, gasoducto, hídrico (servicios legales) en el corregimiento la Fortuna

“La Secretaría de Salud de Barrancabermeja detectó deficiencias en el manejo de las basuras en el corregimiento de la Fortuna, situación que deriva enfermedades en la población y contaminación de fuentes hídricas” (Suárez, Alertas sanitarias y ambientales, 2014, pág. 2).

En el corregimiento de la Fortuna, existen alertas que tienen que ver con deficiencias en saneamiento y medio ambiente y estas fueron emitidas por la Secretaría Local de Salud (Minambiente, 2014). La entidad porteña evidenció la problemática tras haber hecho una caracterización, con visitas casa a casa en el corregimiento Barranqueño.

3.1.1.7 Aplicación de encuestas sector la Fortuna

Para dar mayor soporte a la información anterior, se mencionan algunas familias, de distintas zonas (barrios del corregimiento) que expresan la situación en la que viven actualmente, esto a través de la implementación de herramientas participativas como la encuesta e interrogación verbal.

Figura 8. Determinación de muestra

Barrios	Familias	x	x-xf	x-xf al cuadrado
1	35		0,866667	1225
2	41		41	1681
3	36		36	1296
4	38		38	1444
5	35		35	678
6	37		37	1369
7	33		33	1089
8	32		32	1024
9	28		28	784
10	38		38	1444
11	30		30	900
12	41		41	1681
13	32		32	1024
14	25		25	625
15	31		31	961
Sumatoria de Poblacion	Cantidad de barrios	Media de la muestra	Sumatoria del cuadrado de varianza	Muestra
512	15	34,13333333	16000	32,64455034

Fuente: Autor

Inicialmente se realiza una revisión de la zona, en la que se identifican los diferentes barrios encontrados en el corregimiento y se establece un promedio de viviendas en cada uno de estos, teniendo en cuenta valores promediados por el representante de la comunidad y líder del sector, incluyendo los caseríos y hogares apartados de la zona urbana. Con base a estos valores se efectúa una sumatoria de población teniendo como referencia una población de 4.090 habitantes aproximadamente.

Para el cálculo de la muestra se tienen 4.090 habitantes, distribuidos en 15 barrios. Según las visitas realizadas e interrogaciones verbales efectuadas se

logra evidenciar un promedio de 8 personas por vivienda. Por lo que se calcula que:

$$\text{Numero familias} = \frac{4090 \text{ habitantes}}{8 \text{ habitantes vivienda}} = 512 \text{ familias}$$

Se determina que en la fortuna hay un promedio de 512 familias, evidenciado en la Figura 8, como sumatoria de población. Con base a los 15 sectores del corregimiento se indica un promedio de hogares existentes en cada uno, ilustrado en el ítem, de número de familias.

Entonces,

$$\frac{\text{Sumatoria de poblacion}}{\text{Cantidad de Barrios}} = \text{Media de la muestra}$$

$$\frac{512 \text{ familias}}{15 \text{ Barrios}} = 34,133$$

Para determinar la sumatoria varianza se calcula, $(x-xf)^2$ de cada Barrio, para un total de 16000 Sumatoria final del cuadrado de varianza.

Finalmente,

$$\text{Muestra final} = \sqrt{\frac{\text{Sumatoria final del cuadrado de varianza}}{\text{Cantidad de barrios} - 1}}$$

$$\text{Muestra final} = \sqrt{\frac{16000}{15 - 1}} = 33$$

Por lo que se concluye la aplicación de 33 encuestas, teniendo en cuenta que la ampliación de los formatos y aplicación de diversas entrevistas permite la confiabilidad e incremento de valores más asertivos en cuanto la problemática evidenciada en el corregimiento de la Fortuna.

Tabla 1. Estudio socio-económico-ambiental

ITEM	PREGUNTA
1	¿Cuenta con servicio de alcantarillado?
2	¿Cuenta con servicio de gas?
3	¿Utilizan pipetas de gas?
4	¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?
5	¿Con que clase de animales cuentan?
6	¿Conoce un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?
7	¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

Fuente: Autor

La Tabla 1, permite evidenciar las preguntas que estructuran las encuestas de estudio socio-económico-ambiental realizadas a los ciudadanos del corregimiento la Fortuna Barrancabermeja, donde se analiza las ventajas y desventajas que cubren el sector, en cuanto al sistema de alcantarillado, servicios domiciliarios y medios empleados como alternativa de solución a la falta de mecanismos que permitan adecuadamente la realización de sus necesidades corporales.

Seguidamente, los autores del proyecto investigativo fomentan preguntas abiertas, a las 33 familias encuestadas, orientadas a determinar aspectos de calidad de vida, estratificación, asociación con entidades de apoyo, número de personas por vivienda y demás factores que permitan evaluar detalladamente la eficiencia, factibilidad, confiabilidad e impacto que genera la implementación de un sistema que permita el control de las excretas humanas y aprovechamiento de la misma para la producción de gas a los hogares del sector.

Figura 9. Encuesta a la familia Ballesteros en el barrio Buenavista



Fuente: Autor

En la Figura 9, se aprecia la diligencia del desarrollo en las encuestas a una de las familias que llevan más de ocho años viviendo en este corregimiento. La familia Ballesteros, que su vínculo familiar, está integrado por cuatro personas incluidos dos menores de edad (padre, madre, hijo, hija), los cuales expresan sus puntos de vista en cuanto a los servicios y funcionamientos de entidades encargadas de estas actividades, de esto pronuncian que son las juntas comunales o locales.

El servicio del sistema de alcantarillado, solo algunos domicilios logran tener esta clase de sistema de aguas negras en la propiedad, pero el sistema de alcantarillado como tal no existe, y las demás aun manejan depósitos como pozos sépticos. Mencionan que esta clase de procedimientos para las aguas servidas, son ineficientes para la salud de las personas y más aún, para los menores de edad del corregimiento. El agua potable se encuentra en proceso de prueba para su distribución, aun así, del servicio prácticamente gratuito es bueno.

El servicio de red eléctrica, de igual manera, algunas áreas o zonas de la Fortuna cuentan con este servicio, pero que ellos si son prestos al mismo, mencionando que el servicio es de excelente calidad. De lo que si no logran expresar palabras positivas de una de las condiciones que deben contener una vivienda digna, es el servicio de gas, refieren que en la actualidad “plena nueva era, 2017” como se encuentra la tecnología hoy por hoy, no contar con servicio domiciliaria del sistema de gas, aun manejando lo que comúnmente denominan pipetas o cilindros de gas, no es benéfico para su familia.

La situación ambiental en que se encuentra el corregimiento para sus pobladores, es el que perjudica más a sus habitantes, la proliferación de moscas y zancudos por depósitos de pozos sépticos, siendo estos el punto de propagación de estos, los insectos, causando enfermedades y virus, afectando la población civil.

Así lo advirtió la coordinadora de la estrategia Atención Primaria en Salud (APS), quien indicó que en el poblado se encontraron deficiencias en la disposición final de residuos sólidos, quema indiscriminada de basura, mal manejo de agua potable, y los habitantes no están reciclando los desechos (Minambiente, 2014).

“Lo anterior, está afectando la salud de la comunidad porque se detectaron criaderos de mosquito transmisor del dengue y contaminación de las fuentes de agua” (Minambiente, 2014, pág. 4). Cuando se realizó la caracterización se encontraron que los factores de tipo sanitario y ambiental están produciendo enfermedades diarreicas, respiratorias y dengue. Este tipo de enfermedades es lo que más aqueja a la comunidad.

Figura 10. Encuesta a familia Padilla en el barrio la Cascajera



Fuente: Autor

En el barrio la cascajera se encuentra la familia Padilla, y esta consta de tres integrantes que son madre, padre e hija. Y de esta situación mencionan que, esta calidad de vida es deplorable; “contar con tan solo uno de los servicios que de por ley sería de luz, agua, gas, alcantarillado, y solo recibir la atención de la electrificadora (ESSA), con un elevado número a cancelar en su factura, no tiene justificación”, Figura 10. La carencia de los servicios de agua potable, sistema de alcantarillado y la falta del sistema de gas en su residencia, da por entendido que aún hace falta por avanzar en la infraestructura y tecnología en el corregimiento.

Como factores negativos, es el que da esta familia a las directrices como, la fauna y flora; porque no la están cuidando de ninguna manera, esta abandona por entidades competentes en el asunto y los pobladores no dan iniciativa a su cuidado. El servicio de alcantarillado, en lo que corresponde a los arreglos de los ductos y vías de drenaje, aún está en procesos de proyectos al desarrollo del corregimiento.

Del servicio de gas, esta familia se encuentra como las demás en la zona del barrio la Cascajera, implementan la solución a esta necesidad mediante una pipeta de gas de 21 libras, el cual tiene un uso aproximado de 23 días hábiles para ellos, desconociendo el uso y necesidad de sus vecinos, generándoles un gasto extra por no cumplir tan siquiera el mes para generar un gasto nuevo.

Figura 11. Encuesta a familia Gualdrón en barrio Caserío San Luis



Fuente: Autor

Otra de las zonas que se logran mencionar en la investigación del tema estudiado, es el barrio Caserío San Luis, en el, se encuentra la señora Betsabe de Gualdrón,

ella junto a su familia, ya tienen más de diez años de estar estable en esta área y como muchas otras familias, han visto el avance que ha logrado el corregimiento frente a la economía de ese entonces, hasta ahora, Figura 11.

La señora habla sobre la situación en la que vive ella con su familia, y el lio que viven a diario con lo que comprende a la cocción de los alimentos. Es lastimoso encontrar que en esta humilde casa aún deben preparar sus alimentos con el artesanal fogón de leña, viéndose a esta necesidad de realizarlo en estas medidas, y a la contaminación que le es generada por los humos que de esta proviene.

Menciona que la preparación de los alimentos que más duro les da, es el de los desayunos, puesto que, es en las horas de la mañana, en que sus hijos se dirigen a los centros escolares y la ropa queda impregnada de estos gases. Refieren que su economía es muy poca y lo que obtienen de su labor diaria, solo les da para algunos gastos (entre ellos no incluye la compra de la pipeta de gas).

Aunque en el corregimiento se refleje el avance de infraestructura, vial, eléctrico, próximo al servicio neto del agua y otras características en esta área, esta humilde familia no cuenta con los demás servicios en la vivienda como; eléctrico, sanitario, agua, otros. Dando como resultado que aún quedan zonas de la Fortuna por desarrollar.

Figura 12. Socialización de encuesta barrio las Mirlas



Fuente: Autor

La señora María de las casas, es otra de las habitantes que se encuentran en el corregimiento de la Fortuna, ella junto a su familia, Figura 12, afirman contar con tan solo el servicio de luz e implementan el cilindro de gas para la cocción de sus alimentos. Pero, como más de una de las familias que se halla en esta zona, por el número de los integrantes que la conforman (viven dos familias en este domicilio), dejando como registro un alto consumo de gas, y lo que posiblemente sea el gasto de este sistema por un mes, solo es de diez días, dejando como resultado un consumo excesivo de gas.

Como lo dice la señora maría “mayor consumo de gas, es mayor el gasto que se hace en el mes”. El uso de una pipeta de gas de 33 libras, les genera un gasto descomunal de \$ 105.000 pesos, por la trayectoria que deben recorrer para la carga del cilindro, dejando en evidencia el no ahorro y buen manejo de este

recurso. Y, aunque vivan dos familias en este domicilio, refieren que solo dos de sus miembros cuentan con un trabajo del cual suplen parte de sus necesidades. No expresan mucho la ineficiencia o los aspectos positivos de otros temas, puesto que solo les interesa que el servicio de gas no les genere tanto gasto para sus familiares.

Figura 13. Encuesta a la familia Castillo en el barrio Patio Bonito



Fuente: Autor

En la Figura 13, se logró realizar la encuesta a la familia Castillo que se encuentra ubicada en el barrio Patio Bonito del corregimiento la Fortuna. Ellos mencionan que la comunidad aledaña a su domicilio, del barrio en la que están, no cuentan con ninguna clase de servicios y que el uso de hornos artesanales o fogones de leña son comunes desde ya hace rato entre sus familiares y allegados.

Indican que; como las grandes empresas han pasado por la zona, y aunque vean la problemática, es como si del tema no les concierne en los más absoluto. “Al igual así siempre ha sido”, es lo que dice la señora Graciela en todo el tiempo que ha estado en esta comunidad. Mientras que la situación de ellos como de otras

familias, son encontradas en deplorable estado, tanto como en el domicilio en el que viven, como el de los servicios que la comprenden. Esta familia no es exenta de la proliferación de los mosquitos y zancudos que les causan daño a los pobladores de esta zona de la Fortuna.

Figura 14. Medición de terreno en casa de Familia Castillo, Zarzal la Y



Fuente: Autor

En el barrio Zarzal la Y, Figura 14, se encuentra la familia castillo, de la cual también hace parte de muchas familias que no cuentan con los servicios requeridos por lo que se constituye una vivienda digna. Aunque en esta familia no cuenta con los conocimientos técnicos, y tampoco con los lineamientos de domicilio que de por ley la constituye, su casa solo mide lo necesario para vivir ella con su esposo, quienes llevan más de diez años siendo residentes en esta área del corregimiento la Fortuna. En este domicilio solo registra el medidor eléctrico y nada más, el sistema de aguas residuales (aguas negras) es una fosa séptica en la parte trasera de su casa, que de por si es muy extenso y se registra en la imagen.

El sistema de gas en esta humilde casa la constituye un fogón artesanal de leña y lleva así por más de diez años, según lo indica la dueña del hogar. No cuentan con sistema de agua potable como muchos otros en la zona y el agua que toman, proviene de un pozo y el resto les provee la naturaleza.

En el proceso de encuesta, a esta familia se le plantea el implementar una alternativa de servicio de gas para su domicilio (biodigestor) y mencionan que son prestos a esta clase de ideas, ya que les facilita la obtención y reemplazo del fogón de leña, por algo que puede marcar la diferencia en lo que se refiere a la preparación de los alimentos de la zona en la que viven.

Figura 15. Encuesta de estudio SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuentan con servicio de gas?

SI NO

Observaciones: Uso de Pipetas

¿Utilizan pipetas de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?

LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: _____

¿Con que clase de animales cuentan?

VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: _____

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?

SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

SI NO

Fuente: Autor

En la Figura 15, se logra evidenciar una de las encuestas recolectadas por los autores en el corregimiento la Fortuna, en la cual se logra realizar un breve

análisis que indica la falta de alcantarillado en la zona, por lo que se concluye que en la zona gran parte de las personas no poseen un sistema acorde al cumplimiento de las necesidades básicas de las viviendas.

Con base a las encuestas realizadas se logró determinar que aproximadamente el 50% de las personas intervenidas en el corregimiento la Fortuna no cuentan con un servicio de alcantarillado apto para llevar a cabo la deposición corporal, por lo que deben llevar a cabo el uso de actividades alternas como lo es en letrinas, campo abierto o baños, los cuales muchas veces no funcionan debido a que el sistema está en mantenimiento o surgió alguna irregularidad en el proceso de distribución.

Los habitantes hacen mención que, ante la constante deposición de las excretas corporales en el campo abierto o letrinas, ha venido generando un impacto altamente perjudicial que ha afectado no solo al medio ambiente y animales que rodean el área, sino que además ha representado un peligro que repercute directamente la salud de las personas, sin dejar de lado el exceso de insectos y malos olores.

A partir de la problemática evidenciada en la comunidad, se opta por indagar sobre el servicio de gas, el cual no es el más adecuado y eficiente, indican las familias debido a que no se cuenta con una entidad que permita la distribución constante del mismo. Para adquirirlo se emplean mecanismos como la compra de pipetas, que representan una inversión altamente difícil, ante la situación de empleo que se ha venido presentando en el sector.

Sin embargo, como es considerado un servicio fundamental para la coacción de alimentos se debe mantener un esfuerzo constante para la adquisición del dinero,

en casos extremos se procede a la combustión de leña, la cual se ha considerado como una actividad que debe ser eliminada en el sector por los efectos nocivos que ha generado el humo. “Pero si no hay más opción, toca ejercerla con el fin de dar una adecuada alimentación a la familia”, indica uno de los habitantes.

Tabla 2. Características del biodigestor

VENTAJA	DESVENTAJA
Control excesivo de la acumulación de excremento humano y de animales en el sector.	Para no disminuir su eficiencia debe mantenerse un rango de temperatura de 30 – 35°C.
La producción satisface la demanda de gas requerida por la vivienda.	Se puede generar ácido sulfhídrico, lo que resulta corrosivo para el biodigestor.
Generación de bioabono para cultivo.	El tiempo de durabilidad depende del tipo de biodigestor a construir.
Disminuye la contaminación ambiental y olores.	Ante la falta de control de mantenimiento se puede generar fugas de gas o explotar en caso extremo.
Controla la presencia de insectos que genera el excremento.	

Fuente: TOALA, Edwin. Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica. Ecuador: ESP, 2013. p. 52.

De conformidad con lo anterior, se socializa con los habitantes el uso de un biodigestor, caracterizado como un sistema de producción de gas metano, el cual

permite adquirir de forma gratuita el servicio requerido, con solo depositar excremento humano o de animales.

Se explica cómo funciona el proceso, las ventajas y desventajas representadas en la Tabla 2, que trae consigo la implementación del mismo, sin dejar de lado que una adecuada operación, mantenimiento y control del mismo bajo los requisitos y lineamientos normativos definidos permite una producción constante, teniendo en cuenta la generación de bioabono producido a partir del proceso de descomposición, el cual puede ser comercializado en el área agrícola.

3.2. SELECCIONAR LA ALTERNATIVA MÁS APROPIADA AL ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL, PARA PERMITIR LA RECOLECCIÓN DE BIOGÁS PRODUCIDO POR LA DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA DE LA MATERIA ORGÁNICA Y EL ABASTECIMIENTO DE GAS EN EL CORREGIMIENTO DE LA FORTUNA.

A continuación, se determinan las alternativas empleadas actualmente por los habitantes del corregimiento la fortuna y la inversión aproximada que debe efectuar el sector para la adquisición del mismo. Del mismo modo, se caracteriza la aplicación de una encuesta a 33 familias con el propósito de establecer un estudio socio-económico, que permita evidenciar la problemática que han representado dichas alternativas ante la falta de un sistema competente que permita la distribución de gas.

Con base a las conclusiones obtenidas de las encuestas, se establece un balance final el cual establece el nivel económico, ingresos y demás factores requeridos para llevar a cabo una calidad de vida adecuada. Finalmente, se efectúa la



estructuración de una propuesta, orientada a disminuir el impacto generado en la zona tras la falta de un control de la materia orgánica.

Figura 16. Clasificación, descripción, precio al usuario de los cilindros de gas domiciliarios.

Capacidad de la pipeta en Libras	Descripción	Costo	Imagen
10	Altura: 14,7 in	\$ 28.100	
	Diámetro: 12,2 in		
15	Altura: 17,5 in	\$ 46.000	
	Diámetro: 12,2 in		
20	Altura: 20 in	\$ 69.000	
	Diámetro: 12,2 in		

Fuente: SOLUCIONES ENERGÉTICAS RESIDENCIALES. [sitio web]. Colombia: Colgas. [Consulta: 28 noviembre 2017]. Disponible en: <https://colgas.com.co/>

Figura 17. Continuación de la Clasificación, descripción, precio al usuario de los cilindros de gas domiciliarios

40	Altura: 31,8 in	\$ 103.000	
	Diámetro: 12,2 in		
100	Altura: 48 in	\$ 157.740	
	Diámetro: 14,4 in		

Fuente: SOLUCIONES ENERGÉTICAS RESIDENCIALES. [sitio web]. Colombia: Colgas. [Consulta: 28 noviembre 2017]. Disponible en: <https://colgas.com.co/>

En las Figuras 16 y 17, se logra detallar las dimensiones, descripción, precio al usuario y una imagen de lo que corresponde a los cilindros domiciliarios distribuidos actualmente en el sector de la Fortuna. Estas tienen como objetivo el poder identificar cada una de las características de las pipetas de gas y la información general de la misma.

3.2.1. Analisis socioeconómico desarrollado en el corregimiento la Fortuna

Tabla 3. Encuesta socioeconómica a la población del corregimiento la Fortuna

ITEM	INTERROGACIÓN VERBAL
1	¿Cuántas personas integran el vínculo familiar?
2	¿Cuál es el nivel educativo superior entre todos los integrantes?
3	¿Cuántas personas se encuentran con empleo actualmente en su hogar?
4	¿Cuáles son los ingresos mensuales? (SMLVM \$ 737.717)
5	¿Cree que los ingresos mensuales alcanzan para cubrir los gastos del hogar?
6	¿Utiliza sistema de pipeta de gas en su domicilio?
7	¿Qué otra alternativa tiene en su hogar para la preparación de los alimentos?

Fuente: Autor

En la Tabla 3, se describen las preguntas realizadas a los habitantes del corregimiento la Fortuna, por la cual se logró evidenciar el índice de familias que requieren de ayudas humanitarias, el estado de vida que llevan, los ingresos, entre otros, para llevar al resultado del desarrollo de la investigación.

Asimismo, una vez socializado el funcionamiento del biodigestor e indicadas las ventajas y desventajas que representa el mismo, se identifica si el usuario desea adquirir un sistema de igual magnitud y si beneficia la familia y comunidad en general.

3.2.2. Caracterización socioeconómica

3.2.2.1 Vínculo familiar

Figura 18. Personas del vínculo familiar

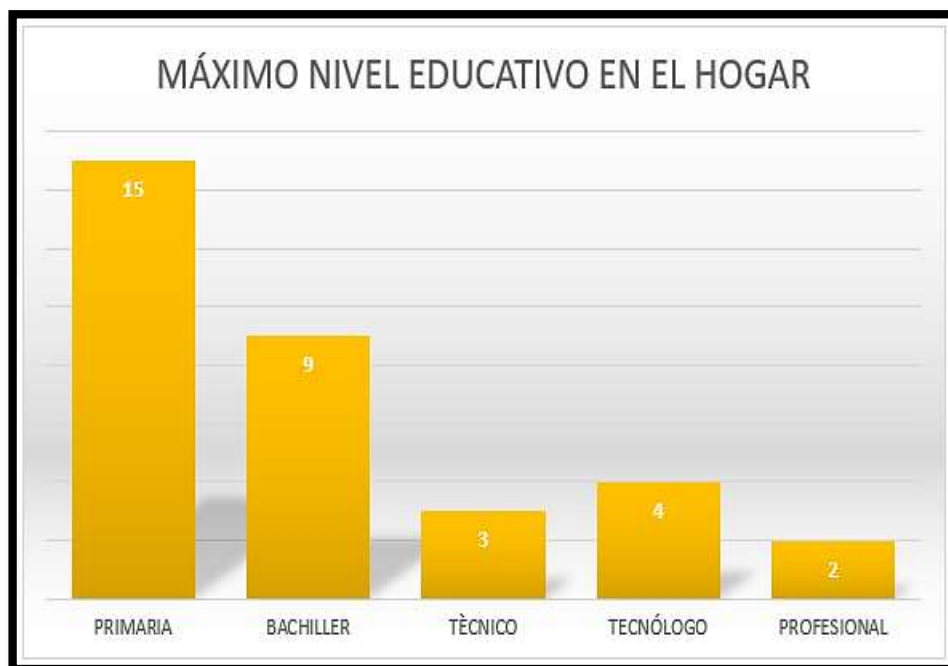


Fuente: Autor

Para el desarrollo de la investigación, se tuvo la necesidad de aplicar una serie de preguntas verbales a los habitantes del corregimiento la Fortuna, con la finalidad de lograr identificar la condición socioeconómica de las familias que integran el corregimiento. Primeramente, se analizó la cantidad de personas que incluyen el vínculo familiar, en la Figura 18, se detallan los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta, resaltando que 21 familias están conformadas por seis a diez personas, siete familias están conformadas por dos a tres personas y finalmente cinco familias la conforman cuatro a cinco integrantes.

3.2.2.2 Nivel educativo

Figura 19. Nivel educativo



Fuente: Autor

Por otro lado, la encuesta permite reconocer cual es el mayor índice de nivel educativo con que cuenta el corregimiento de la Fortuna. La Figura 19, muestra que de las 33 personas encuestadas las mayores cifras se encuentran en los niveles educativos de primaria y bachiller, es decir que quince (15) personas lograron culminar su primaria con éxito y no continuaron sus estudios. Nueve (9) personas, realizaron sus estudios hasta el bachiller. Los estudios técnicos, tecnólogos y profesionales, solo fueron realizados por tres (3), cuatro (4) y dos (2) personas respectivamente.

3.2.2.3 Empleos

Figura 20. Personas empleadas del corregimiento



Fuente: Autor

El número de persona empleadas en el corregimiento de La Fortuna es muy bajo, pues, durante el desarrollo de las encuestas se logró reconocer los altos niveles de desempleo que afronta el corregimiento.

La Figura 20 ilustra lo mencionado anteriormente, debido a que de las treinta y tres (33) personas encuestadas la mayoría solo cuentan con el ingreso económico de una o dos personas en el hogar; dieciséis (16) personas afirmaron que solo una persona en la familia cuenta con empleo, diez (10) personas expusieron, que en su hogar solo dos personas cuentan con empleo, y las siete (7) personas restantes, indicaron que en su familia existen más de dos personas empleadas actualmente.

3.2.2.4 Ingresos mensuales por familia

Figura 21. Registro del ingreso legal mensual por labores desarrolladas de las familias



Fuente: Autor

“Conociendo que actualmente el salario mínimo se encuentra valorizado en \$737.717 pesos” (Decreto 2209, 2016, pág. 5). Se buscó identificar con la encuesta la cantidad de ingresos mensuales que tienen las familias que hacen parte del corregimiento.

La Figura 21, detalla los resultados obtenidos, mostrando que 19 personas cuentan con ingresos menores a los de un salario mínimo, por otro lado 6 personas indicaron que en su familia mensualmente cuentan con los ingresos de un salario mínimo para suplir sus necesidades y ocho personas afirmaron que sus ingresos mensuales, supera el salario mínimo vigente.

3.2.2.5 Ingresos y gastos mensuales

Figura 22. Ingreso mensual alcanza para cubrir los gastos del hogar / si-no



Fuente: Autor

En la Figura 22, se describen las respuestas de las personas que han sido tomadas para el desarrollo de la encuesta, y dejan claro en su resultado los alcances y manejos de los ingresos mensuales que tienen para sus hogares. Si bien se denota.

Responden “SI” alcanza para los siguientes aspectos, dando un total de 12 familias:

Cinco familias compran lo necesario, dando a entender supuestos de que su vida no la llevan de lujos ni gastos innecesarios al momento de realizar sus compras de alimentos, servicios, recreación, entre otros.

Dos familias cancelan sus deudas y les queda un pequeño ahorro para su siguiente mes, esto da a entender que si los suministros (dinero) son debidamente administrados, se logra un objetivo general del hogar, como lo es la tranquilidad en el futuro por cualquier eventualidad que se presente.

De igual forma, cinco familias mencionan que cubren sus gastos y quedan en cero deudas, ellas refieren a; que al momento de quedar en cero deuda, también quedan en cero pesos de sus bolsillos, indicando que si se presenta una eventualidad nuevamente se van a prestamos, favores y otros medios para solucionar esa clase de situaciones.

Responden “NO” alcanza para los siguientes aspectos, dando un total de 21 familias:

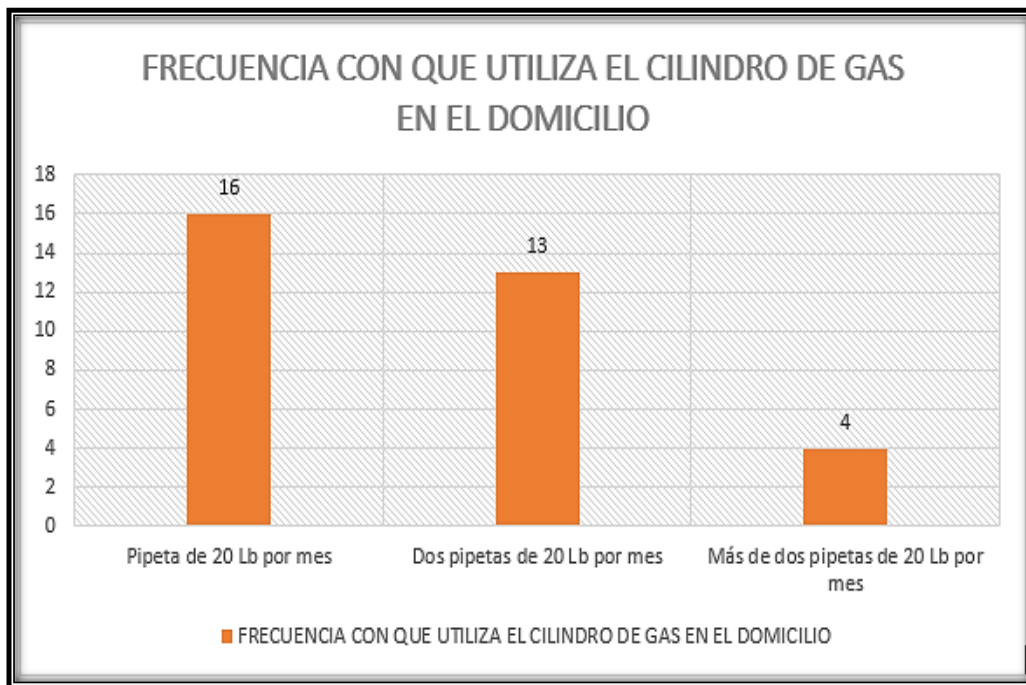
Cuatro familias mencionan que no, por que aun les queda gastos por cubrir, así que de estas personas lo que se puede mencionar es que no reciben, o no tienen los ingresos necesarios para suplir la cuantía de familiares existentes en el mismo domicilio.

Asimismo, cuatro familias hablan que sus gastos son mayores que los ingresos, este factor se podría direccionar al mal funcionamiento (contabilidad) de las finanzas. Puesto que de la últimas familias registradas se obtiene ese índice.

Trece familias indican que no realizan el ejercicio de contabilizar sus ingresos, sus gastos. Y al dejar en claro esta información, resaltan que son desinteresados en los derroches, gastos innecesarios del dinero.

3.2.2.6 Uso de pipeta de gas si-con que frecuencia

Figura 23. Frecuencia del uso de los cilindros de gas domiciliario



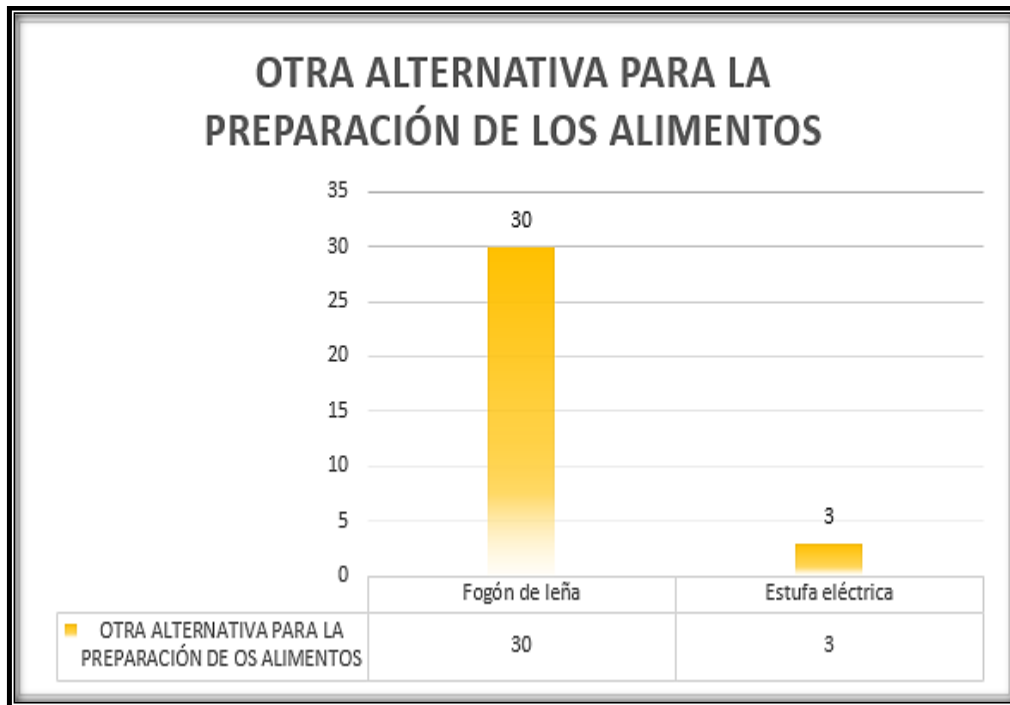
Fuente: Autor

A lo largo de la investigación se identificó que, en el corregimiento de la Fortuna, no cuentan con servicio de gas por lo que es necesario el uso de pipetas de gas para suplir esa necesidad.

De los habitantes encuestados, 16 personas afirmaron consumir mensualmente una pipeta de gas de 20 libras, 13 personas reconocieron que utilizan mensualmente dos pipetas de gas de 20 libras y las cuatro personas restantes afirmaron que en su hogar utilizan más de dos pipetas de 20 libras mensuales, llevando a montos de gastos de dinero muy por encima de sus ingresos. Esto registrado en la Figura 23.

3.2.2.7 Otra alternativa para preparación de los alimentos

Figura 24. Alternativa domestica en la coccion de los alimentos



Fuente: Autor

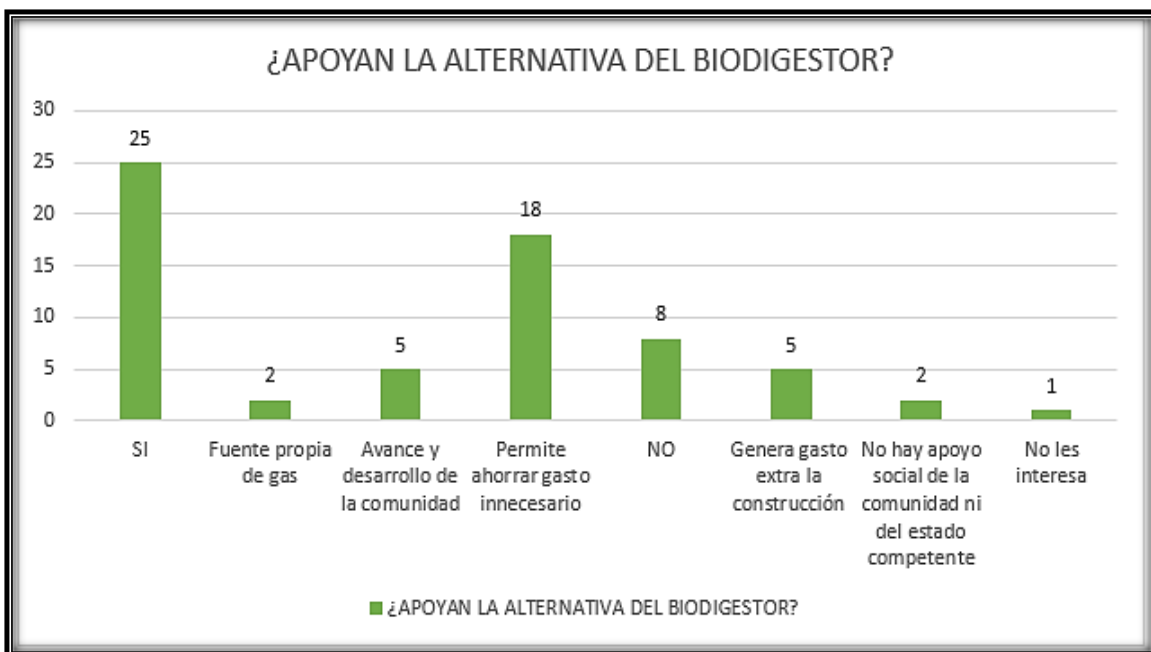
La falta de prestación del servicio de gas del corregimiento de La Fortuna a los habitantes que en él se encuentra, ha generado las practica de diferentes alternativas para lograr suplir sus necesidades básicas. La Figura 24, representa los resultados obtenidos en la encuesta, referente a las alternativas que usan los habitantes del corregimiento al momento de preparar sus alimentos, 30 personas de los 33 encuestados afirmaron utilizar el fogón de leña, llevando esta clase de practica toda su vida, mencioando que siempre ha sido así y que es la unica forma que conocen que no les genere gastos de dinero que no tienen.

Las 3 personas restantes indicaron que la estufa eléctrica es otra alternativa para preparar sus alimentos, genera un incremento en la factura electrica del servicio

que si poseen, pero que no dan abasto por la cifra tan elevada que en ella se registra.

3.2.2.8 Apoyo a la alternativa del Biodigestor

Figura 25. Viabilidad de la construcción del biodigestor en el corregimiento la Fortuna



Fuente: Autor

En la Figura 25, se logra como resultado las siguientes características:

Para las familias que “SI” apoyan la implementación del Biodigestor en el corregimiento que es un total de 25, mencionan que es por los siguientes aspectos como: Dos familias indican que es de gran importancia, puesto que sería una fuente propia de gas, sin tener que rendir cuentas a empresas privadas por el servicio, entre otros factores.

Seguidamente, cinco de las familias, hablan de este tema como un avance positivo al desarrollo de la comunidad en el corregimiento y que por esta razón apoyan sin duda esta clase de alternativas. Y por último, 18 de las familias apoyan este sistema, ya que refieren su situación actual económica a un ahorro de gasto innecesario al futuro.

Para las familias que “NO” apoyan la implementación del Biodigestor en el corregimiento que es un total de ocho, mencionan que es por los siguientes aspectos como: Cinco de las familias solo piensan en que este sistema genera gasto extra de los recursos monetarios que no cuentan para la construcción e implementación del Biodigestor.

Del mismo modo, dos de las familias, expresan de manera segura en que no hay apoyo ni de la comunidad en general del corregimiento, ni del estado con entidades competentes al continuo progreso de la sociedad y sus habitantes. Dejando por dicho, que esta clase de situaciones les lleva al no apoyo de una alternativa como lo es el tema de investigación.

Una familia dejan por sentado la manera en que son ajenas y desinteresadas en la instancia de expresar como respuesta el que “no les interesa” hablar de esos temas, no cuentan con recursos, no cuentan con ayudas, los tienen en abandono (el gobierno), solo viven por ayuda de Dios, y como otros comentarios mencionados por ellos.

Dando a entender que por la situación en la que se encuentran, no apoyan ni esta, ni otra alternativa que los lleve cada vez más lejos a mejorar su estilo de vida en la cual deban gastar de su poco dinero y de su tiempo para esta clase de

actividades, como lo es la implementación del sistema de Biodigestor como fuente de gas para sus viviendas.

3.2.2.9 Conclusion de la encuesta

Como se logra identificar algunos de los aspectos positivos al implementar el sistema de Biodigestor como fuente de gas en las viviendas del corregimiento la Fortuna. También, se logra reflejar del por qué sería posible desarrollarlo en la comunidad de esta área, si los recursos son provistos por entidades públicas y/o privadas.

Aspectos positivos para la implementación del sistema en el corregimiento:

- Se puede utilizar la energía y gas que produce la descomposición de los desechos.
- El sistema es de costo mínimo y su vida útil depende de su mantenimiento. En pocas palabras, es de tiempo extenso, generando ganancias monetarias en su implementación.
- Se benefician muchas familias por este sistema, de un modo asequible, eficaz y rapidez.
- Las inspecciones las realiza su dueño sin costo monetario alguno

Aspecto negativo para la no implementación del sistema en el corregimiento:

Como se logra describir en la Figura 11, hay desinterés en las personas, y en este caso, el total de número de personas en cada familia, al mencionar las posibles alternativas de solución que se pueden obtener para el mejoramiento de la calidad de vida de su comunidad.

Y en los en los aspectos positivos, de las familias que apoyan la alternativa, gdeja claro que una referencia de esta, da por entendido que hay posibilidad de desarrollo para el corregimiento y sus pobladores. No solo con el sistema del Biodigestor, si no que tambien, con cualquier que sea la alternativa pára suplir la necesidad que tienen hasta el dia de hoy.

Si no gastan tiempo, dinero, intelecto en la mejora de su comunidad, esa sociedad podria ir a pique y su total erradicacion en esa area. Dentro de las alternativas empleadas por la población que no cuenta con un servicio de alcantarillado está el uso de letrinas, pozos sépticos e incluso a campo abierto sobre todo en las fincas, conociendo que estos métodos si no tienen un control adecuado resultan en riesgo biológico por falta de higiene.

Las aguas residuales de algunas viviendas drenan a nivel del suelo en cañadas o en lugares más bajos a los hogares. Ante esta situación es urgente buscar opciones que aporten un beneficio tanto a nivel ambiental como económico para los pobladores del corregimiento (CAS, 2013).

Tal como carece de sistema de alcantarillado, de igual manera lo hace en acueducto, los habitantes se ven en la necesidad de construir pozos artesianos o tomar el agua de quebradas cercanas limpias que permitan satisfacer sus necesidades básicas, como el preparar sus comidas, el aseo personal y doméstico, sumado a esto el agua también es utilizada en labores económicas. Dentro de los cuerpos de agua presentes en el corregimiento se encuentran la quebrada el zarzal y la cristalina, siendo estas de las más cercanas a las zonas veredales (CAS, 2013).

Finalmente, se identifica la fauna encontrada en el sector la Fortuna por lo que se establece que gran parte de las viviendas poseen al menos 2 animales, ya sean vacas, cerdos, mascotas domésticas o aves.

Figura 26. Fauna representativa en fuentes de ingreso económico



Fuente: VANGUARDIA. [sitio web]. Bogotá: V. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/>

Con base a opiniones del sector, su actividad principal económica como lo ilustra la Figura 26 es la ganadería bovina, el búfalo y la avicultura (gallinas) en galpones, uno de estos últimos se encuentra ubicado en la finca La Gloria, constituyendo esta la parte principal de la fauna. Por otra parte se encuentran también los animales domésticos (mascotas), la fauna silvestre que existe habita en los ecosistemas naturales boscosos que se encuentran en el corregimiento (CAS, 2013)

Además de evidenciar la falta de un sistema adecuado para la distribución de gas, se ha percatado, un impacto ambiental desfavorable por la incorrecta disposición y control final de los desechos orgánicos (excrementos) producidos por la población y por la fauna.

Con base a lo expuesto anteriormente y ante la viabilidad del sistema se establece la realización de un diseño, que permita la simulación de un Biodigestor el cual se encargue de recolectar las excretas humanas y de animales para la producción de una reacción anaeróbica, responsable de degradar la materia orgánica disuelta con agua, para dar como resultado la derivación de gas metano, el cual puede ser transportado a la vivienda de forma directa o por almacenamiento en pipetas.

Esto con el propósito de incentivar e implementar en el corregimiento la Fortuna un mecanismo fácil y económico, sin costo alguno de operación, que de acceso a un control de materia orgánica en las viviendas que no cuentan con un servicio de drenaje. Sin dejar de lado, una disminución del impacto ambiental que representa la contaminación de estos desechos.

3.3. REALIZAR EL BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL BIOGÁS A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN SOLIDWORKS.

Una vez definida la viabilidad de implementar el sistema biodigestor como principal alternativa de solución a la problemática evidenciada actualmente en el Corregimiento la Fortuna, Barrancabermeja, se establece la realización de un diseño en el software de modelación 3D, el cual permita identificar los diferentes componentes que estructuran el sistema con las respectivas dimensiones nominales de las piezas.

De la misma forma, se efectúa una ficha técnica que caracteriza cada elemento; como precio, capacidad, tipo de material, cantidad requerida por el sistema, principales proveedores y demás características físicas, con el propósito de crear

un orden sistematizado que permita la identificación de los componentes en tiempo real.

3.3.1. Factores que influyen en la construcción del sistema biodigestor

Tabla 4. Lineamientos para el control del sistema de biodigestor

ITEM	RECOMENDACIONES DE CONTROL
1	El biodigestor se construye superficial o semienterrado (tres cuartas partes), en un porcentaje que está en función del tipo de suelo y subsuelo, que garantice la estabilidad del sistema. El material de la tubería será PVC tipo norma o alcantarillado.
2	Como referencia, la tubería de conducción de biogás será de PVC, polietileno de alta densidad, polipropileno o cualquier otro material que resista la corrosión, con diámetros entre 3" a 12".
3	La conexión de la tubería debe ser impermeabilizada para lograr su fijación y sellado.
4	Se protege a través del relleno la zanja con material producto de la excavación para la protección de la tubería. y como acabado final se realiza una adecuada compactación.
5	Cuando en la instalación de la tubería, se requiera hacer cambios de dirección, no se debe poner codos mayores a 45°.
6	Se debe instalar trampas de humedad para remover el agua en todos los puntos bajos o tiros verticales de tubo de conducción de gas.
7	La tubería del biogás debe ser de color amarillo, indicativo de que se trata de un fluido con características inflamables, explosivos y de alta presión, que es considerado como un fluido "Peligroso".

Fuente: SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. México: SEMARNAT, 2010. p. 32.

La Tabla 4, permite evidenciar los diferentes factores, requisitos y variables de posición que debe cumplir cada elemento que interfiere en la construcción del sistema de biodigestor. Asimismo, se recomienda instalar una cubierta que permita evitar que el personal no autorizado (en especial la presencia de niños) o animales ingresen al área del biodigestor. Se debe realizar la debida demarcación en puntos claves del sector que indiquen “PELIGRO: GAS ALTAMENTE INFLAMABLE” y “SE PROHIBE FUMAR” (SAGARPA, 2010).

Tabla 5. Parámetros de control de tuberías de conducción y descargue de lodo

ITEM	RECOMENDACIONES DE CONTROL
1	Para el caso de las tuberías de conducción de biogás, en específico por el contenido de metano que tendrá el sistema, se considerará lo establecido en el apartado 5.1 de la NOM-003-SECRE-2002.
2	Cuando los lodos residuales del biodigestor se dispongan y/o aprovechen, su utilización deberá hacerse bajo los procedimientos estipulados en la NOM-004-SEMARNAT-2002.
3	Las tuberías de conducción de biogás y lodos residuales, deben ser identificadas con el color de seguridad correspondiente dado por la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, la cual establece los requerimientos en cuanto a colores y señales de Seguridad e Higiene, para la Identificación de riesgos por fluidos conducidos.

Fuente: SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. México: SEMARNAT, 2010. p. 34.

La Tabla 5, permite evidenciar los requisitos establecidos para el transporte y conducción de gas y lodos residuales. Asimismo, la NOM-003-SECRE2002 (2003)

señala a través del apartado 5.1 una serie de generalidades que indican que la tubería seleccionada debe soportar la presión de cargas externas previstas, presiones de operación y otros esfuerzos previstos sin que estos afecten el funcionamiento del sistema.

Según los procedimientos establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002, “orientados a la protección ambiental y salud humana, teniendo en cuenta las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes con el fin de lograr el aprovechamiento y disposición final” (Morales, 2009, pág. 7). De conformidad con lo anterior, se considera la reutilización de los derivados(bioabono) del proceso del sistema biodigestor para la comercialización con fines agrícolas y/o mejoramiento de suelos.

Por último, se considera la implementación de válvulas de alivio que permitan liberar manualmente el gas a la atmosfera en caso de que el digestor alcance una presión sobre los límites establecidos. Con el propósito de eliminar el riesgo de desgarre de la membrana o desanclaje del sistema (Duarte S. , 2006). Este sistema puede ocasionar la pérdida del gas, pero mantiene la integridad del digestor.

3.3.2. Análisis de la implementación del sistema biodigestor a una vivienda

Tabla 6. Proceso del biodigestor

ITEMS	PROCEDIMIENTO
1	El agua ingresa al biodigestor por la tubería de entrada y son conducidas hacia el fondo del tanque, donde las bacterias empiezan la descomposición de la materia orgánica.
2	Las grasas suben a la superficie, quedando atrapada por el dispositivo de almacenamiento. El metano producido es expulsado a través de una válvula reguladora, la cual se encarga de graduar el nivel de apertura requerido.
3	El residuo producido por el sistema, sale mediante la presión ejercida por el gas, por una tubería interna hacia el recipiente de drenaje quien se encarga de almacenar el bioabono producido para su posterior reutilización.

Fuente: Aliaxis Company. Biodigestores de polietileno ARPE-5. Colombia: Durman, 2017. p. 3.

La Tabla 6, permite evidenciar el proceso que implica el proceso de biodigestión. Asimismo, se establece que la mezcla de excretas humanas y de animales, da inicio con la disolución de agua a una relación 1:3, lo cual refiere que por cada porción de estiércol se debe agregar tres partes de agua. La ubicación y construcción del sistema esta referenciada por una distancia mínima de 2 metros entre el biodigestor y cualquier edificación; 30 a 60 metros a partir del sistema y

cualquier pozo, embalse o corriente de agua para abastecimiento de la población (Larraín, 2013).

Tabla 7. Producción de excretas

Estiércol	Disponibilidad Kg/día	Volumen de biogás	
		m ³ /kg húmedo	m ³ /día/año
Bovino	15	0,06	0,400
Porcino	2,25	0,06	0,135
Aves	0,18	0,08	0,014
Ovino	1,50	0,05	0,075
Caprino	2	0,05	0,100
Equino	10	0,04	0,400
Conejo	0,35	0,06	0,021
Excretas humanas	0,40	0,06	0,025

Fuente: VARNERO y ARELLANO. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Santiago de Chile: UDC, 1991. p. 33.

La Tabla 7, permite evidenciar la disponibilidad de estiércol en kg/día que produce una serie de animales y excretas humanas. Asimismo, el volumen de biogás disponible con base a la deposición efectuada. “El proceso de digestión anaerobia produce de 400 a 700 litros de gas por cada kilogramo de materia orgánica degradada, según las características del influente” (Moreno, 2011, pág. 79).

Según moreno (2011) las necesidades de biogás para cocinar 5 horas es igual a 0,30 m³/día. Valor que puede variar según las necesidades del hogar.

Con base a las necesidades que usualmente requiere una vivienda para el consumo de gas se procede a realizar un análisis puntual de una vivienda en el corregimiento la fortuna, que cuenta con 8 personas y un determinado número de animales, como se evidencia a continuación.

Por lo que se establece una aproximación de que para una familia compuesta por 8 personas se requiere:

$$\text{Necesidad de biogás} = \text{personas} * 0,30 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 2 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Necesidad de biogás} = 8 \text{ personas} * 0,30 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 2 \text{ m}^3/\text{día}$$

Tabla 8. Calculo de potencial de biogás

Excreción humana y de animales	Kg excremento/día	m ³ /kg húmedo	Biogás m ³ /día
2 Bovinos	30	0,06	1,8
1 Porcino	2,25	0,06	0,135
2 aves	0,36	0,08	0,02
8 personas	3,2	0,06	0,2
Total	25,75 kg/día	--	2,155 m ³ /día

Fuente: Autor

De acuerdo a la relación de:

$$(Kg \text{ de excremento/Día}) * \left(\frac{m^3}{kg} \text{ humedo}\right)$$

Se logra determinar que el potencial de generación de biogás requerido por una familia de 8 personas puede ser compensado con 25,75 kg/día, como se logra evidenciar en la Tabla 8. Se debe tener en cuenta que, para concluir la cantidad de excremento por día, se calcula inicialmente el valor de biogás, según el número de personas en la vivienda.

Tabla 9. Relación Excremento: Agua

TIPO ANIMAL	EXCREMENTO: AGUA
Bobino	1:1
Porcino	1:3
Ave	1:3
Humano	1:3

Fuente: VARNERO y ARELLANO. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Santiago de Chile: UDC, 1991. p. 108.

Para diluir el agua con el excremento y obtener la mezcla de litros de agua como se observa en la Tabla 4, se establece el cumplimiento de la siguiente relación (1:3) para porcino, ave, humano; y para Bobino se establece una relación 1:1, como se ilustra en la Tabla 9.

Tabla 10. Calculo de mezcla litros de agua

Excreción humana y de animales	Kg excremento/día	Mezcla litros de agua
2 Bovinos	30	60
1 Porcinos	2,25	6,7
2 aves	0,3	0,9
8 personas	3,2	9,6
Total	25,75 kg/día	77 l/día

Fuente: Autor

$$Kg \frac{\text{Excremento}}{\text{día}} * 3 = \text{Mezcla litros de agua}$$

Se considera un tiempo de residencia de 23 días y que el volumen diario de la mezcla es de 77 litros se calcula que:

Tabla 11. Temperatura Vs Tiempo de residencia

TEMPERATURA	TIEMPO DE RESIDENCIA
35° C	23 días
30 °C	26 días
25° C	34 días
20 ° C	44 días
15° C	58 días
10 ° C	80 días

Fuente: LARRAÍN, María. Biogas a partir de residuos orgánicos.sd: HDU, 2013. p. 1.

Se escoge un tiempo de residencia de 23 días, teniendo en cuenta la variabilidad de temperatura existente en el corregimiento la Fortuna.

Entonces,

*Volumen diario * tiempo de residencia = Volumen requerido en el digestor*

$$77 \frac{L}{día} * 26 \text{ días} = 1771 \text{ litros}$$

$$Volumen \text{ digestor} = 1,7 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta que para cumplir con el potencial requerido de producción de

biogás de ocho personas, el cual es de $2 \text{ m}^3/\text{día}$, se considera la generación aproximada de excremento (animal o humano) de $25,75 \text{ kg/día}$. Seguidamente, se debe calcular el volumen de mezcla de agua/estiércol lo que resulta con 77 litros/Día .

Con base al tiempo de residencia y el volumen diario, se concluye que el volumen requerido en el biodigestor es de 1771 litros . Por lo que se requiere de una capacidad instalada de 2000 litros , con el propósito de establecer un rango superior al límite en caso de exceder el vertimiento de excrementos.

De conformidad con los datos adquiridos, se establece la identificación de los límites de capacidad requeridos por el sistema de almacenamiento para una (1) vivienda de 8 personas con un determinado número de animales, lo cual equivale a 2000 litros . Del mismo modo, se establece una relación en paralelo con los cálculos efectuados, con el propósito de concretar un promedio de capacidad para un número de $20 - 25 \text{ personas}$.

3.3.3. Especificaciones técnicas y diseño estructural del sistema biodigestor

Figura 27. Tanque para biodigestor



Fuente: Autor

El componente principal del sistema Biodigestor es el tanque donde se almacenan las excreciones tanto de animales como de humanos, un ejemplo de este es el que se observa en la Figura 27 el propuesto para el modelo a realizar es un tanque con capacidad de 4.500L, en este se lleva a cabo el proceso anaerobio de descomposición donde es separado el gas metano y otros componentes que son usados en labores domésticas de cocina.

Tabla 12. Características Tanque Biodigestor

TANQUE BIODIGESTOR ROTOPLAST 4.500L		
ÍTEM	CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
1	Marca	Rotoplast
2	Proveedor	Rotoplast Itagüí
3	Material	PVC
4	Diámetro	168cm
5	Ancho	254cm
6	Capacidad	4.500L
7	Precio	\$4.000.000

Fuente: ROTOPLAST. [sitio web]. ITAGÜÍ: R. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.rotoplast.com.co>

En la Tabla 12, se logra evidenciar el tanque biodigestor, el cual posee medidas de 245 cm de ancho por 168 cm de diámetro, se compra al proveedor Rotoplast en la ciudad de Itagüí por un valor de \$4.000.000COP, este es enterrado a unas tres cuartas partes bajo la superficie del suelo dejando al descubierto la toma para la salida del Biogás. También es importante considerar que la ubicación del biodigestor este cercana al lugar donde se hará uso del biogás producido, para así evitar pérdidas y accidentes (Paz, 2011).

Figura 28. Tanque para mezcla de estiércol más agua



Fuente: Autor

La Figura 28 ilustra un modelo de Tanque para mezcla, en este Recipiente de paso se lleva a cabo la principal tarea del proceso de Biodigestión, donde es ligado el estiércol con agua los cuales deben ser mezclados antes de ser introducidos al tanque Biodigestor.

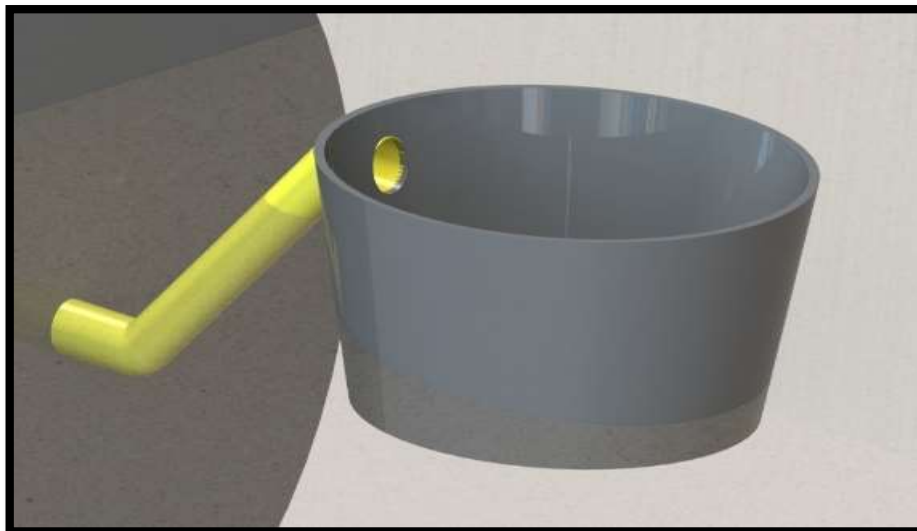
Tabla 13. Características Tanque para mezcla de estiércol más agua

TANQUE PARA AGUA ROTOPLAST 150L	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Marca	Rotoplast
Proveedor	Rotoplast Itagüí
Material	PVC
Diámetro	40cm
Alto	90cm
Capacidad	150L
Precio	\$106.000

Fuente: ROTOPLAST. [sitio web]. ITAGÜÍ: R. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.rotoplast.com.co>

En la Tabla 13 se encuentran detalladas las características para el tanque que corresponden a una altura de 90cm, un diámetro inferior de 40cm y una capacidad nominal de 150L, este tanque se compra al proveedor Rotoplast en la ciudad de Itagüí por valor de \$106.000COP. La capacidad del tanque propuesto tiene capacidad suficiente para realizar el trabajo de la forma correcta evitando pérdidas de material o accidentes por salpicadura.

Figura 29. Tanque recipiente para Bioabono



Fuente: Autor

El tanque recipiente como el que es observado en la Figura 29 cumple una de las dos funciones finales del sistema Biodigestor, la cual consiste en la producción de un Bioabono el cual puede ser utilizado en agricultura para fertilización del suelo. Este cuenta con capacidad para 250L. para la utilización de este líquido resultante se debe ligar con agua para su posterior riego o aspersion sobre las plantas.

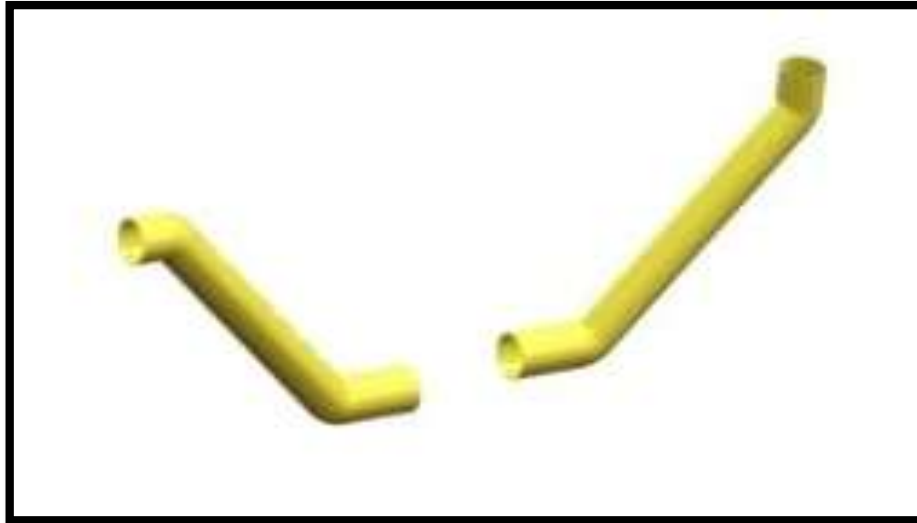
Tabla 14. Características Tanque Recipiente para Bioabono

TANQUE RECIPIENTE PARA BIOABONO 250L	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Marca	Rotoplast
Proveedor	Rotoplast Itagüí
Material	PVC
Diámetro	90cm
Alto	40cm
Capacidad	250L
Precio	\$198.000

Fuente: ROTOPLAST. [sitio web]. ITAGÜÍ: R. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.rotoplast.com.co>

Dentro de las características que presenta la Tabla 14, se observa que el Tanque tiene una altura de 40 cm por un diámetro de 90cm, y una capacidad de 250L, la compra de este componente se realiza a través del proveedor Rotoplast en la ciudad de Itagüí por un valor de \$198.000COP. Al contar con un diseño poco cónico a diferencia del antes mencionado este tanque cuenta con una mayor capacidad de almacenamiento.

Figura 30. Tubería y codos para conexión de tanques



Fuente: Autor

El encargado de transportar la materia entre el recipiente de mezcla de agua y el de almacenamiento del lixiviado producido por el proceso de biodigestión (bioabono) se encuentra conformado por un sistema de tubería de PVC, el cual está compuesto por tubos de 4 pulgadas y codos de 45° a 4 pulgadas, como se logra evidenciar en la Figura 30.

Estos elementos son instalados en el biodigestor con un ángulo de inclinación de 45° con relación al suelo, con el propósito de facilitar la entrada de los desechos al tanque para mezcla de agua, quien a través de un sistema de descargue permite el paso del excremento al biodigestor, seguidamente el segundo sistema está destinado a dar acceso de salida a los líquidos producidos por el proceso de biodigestion.

Tabla 15. Características del sistema de tuberías

SISTEMA DE TUBERÍA PARA CONEXIÓN DE TANQUES			
Marca	Pavco		
Proveedor	Homecenter	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Articulo	Codo
Articulo	Tubo	Material	PVC
Material	PVC	Diámetro	4"
Diámetro	4"	Ángulo	45°
Largo	6m	Cant. necesaria	4 unidades
Precio	\$58.900	Precio	\$17.500

Fuente: HOMECENTER. [sitio web]. BOGOTÁ: H. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.homecenter.com.co>

El sistema de tubería es fabricado con un tubo de PVC de 4" con una longitud de 6 metros el cual es cortado según las medidas respectivas para cada tramo, cada sección de tubería y tanque están interconectados por 4 codos que garantizan la inclinación de 45°, estos materiales son comprados al proveedor Homecenter en la ciudad de Bogotá por un total de \$128.900COP, según las características ilustradas en la Tabla 15.

Figura 31. Válvula reguladora de Gas con trampa de agua



Fuente: Autor

El componente encargado del control de la presión de gas que sale del tanque es una válvula reguladora como la ilustrada en la Figura 31, esta se encarga de limitar la presión con la que el gas llega hasta la estufa para evitar explosiones por sobre presión, se instala en la salida superior del tanque biodigestor, está también posee una trampa de agua que atrapa el líquido que es arrastrado por el Biogás evitando que llegue a los lugares de destino.

Tabla 16. Características Válvula reguladora con trampa de agua

VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN CON TRAMPA DE AGUA	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Marca	StartZ Electric
Proveedor	Ferretería de Marca
Material	Bronce, pastico
Ancho	15cm
Alto	30cm
Capacidad	Hasta 250Psi
Precio	\$90.000

Fuente: FERRETERÍA DE MARCA. [sitio web]. BOGOTÁ: FDM. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.ferreteriademarca.com>

La válvula tiene un diseño con medidas de 30Cm de alto por 15cm de ancho, soporta una presión máxima de 250Psi, está fabricada en los materiales bronce y plástico, estas características se detallan en la Tabla 16 donde se establece el proveedor Ferretería de Marca en la ciudad de Bogotá, este componente tiene un valor de \$90.000COP.

Figura 32. Tubería Flexible para transporte de Biogás



Fuente: Autor

Otra de las dos funciones finales del Biodigestor es la de proveer gas metano para el consumo doméstico, como lo es la coacción de alimentos, entre otros. Para el transporte del Biogás se implementa una tubería Flexible en material PVC como la que se evidencia en la Figura 32, esta se encarga de transportar el producto a su destino final, sea para su respectivo almacenamiento, o consumo directo.

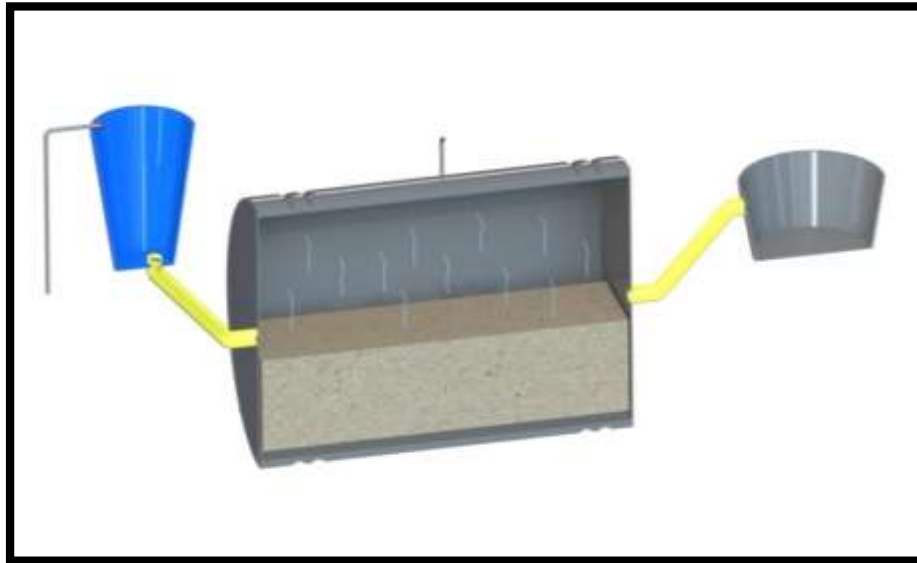
Tabla 17. Características Tubería de transporte de Biogás

TUBERÍA FLEXIBLE PARA TRANSPORTE DE BIOGÁS		
ÍTEM	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
1	Marca	Flexco
2	Proveedor	Ferretería de Marca
3	Material	PVC Flexible
4	Diámetro	1"
5	largo	10 metros
6	Capacidad	Hasta 100psi
7	Precio	\$30.000

Fuente: FERRETERÍA DE MARCA. [sitio web]. BOGOTÁ: FDM. [Consulta: 10 diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.ferreteriademarca.com>

Con base a la Tabla 13, la tubería que transporta el gas es fabricada en material PVC flexible, la requerida para el montaje es de 1 pulgada, con una distancia de 10m, esta soporta una presión máxima de 100Psi, la compra de este artículo se realiza a través del proveedor Ferretería de Marca con locación en la ciudad de Bogotá.

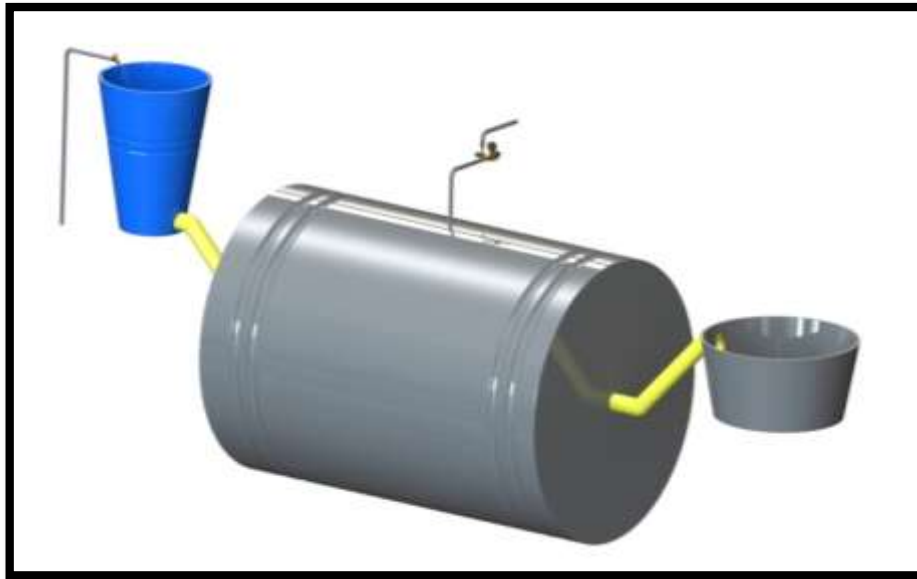
Figura 33. Vista de corte con el contenido para cada recipiente



Fuente: Autor

El sistema de biodigestor utiliza las excretas humanas y de animales para producir un gas que puede ser utilizado en para la coacción de alimentos y posterior uso. Para el desarrollo del diseño de un sistema de producción de biogás, se implementó el software Solidworks, el cual cuenta con las herramientas necesarias para el proyecto, logrando modelar en tres dimensiones los componentes que conforman el biodigestor disponiendo de medidas nominales que se plasman en los planos anexados al presente documento. En la Figura 33 se observa el contenido al interior de cada recipiente.

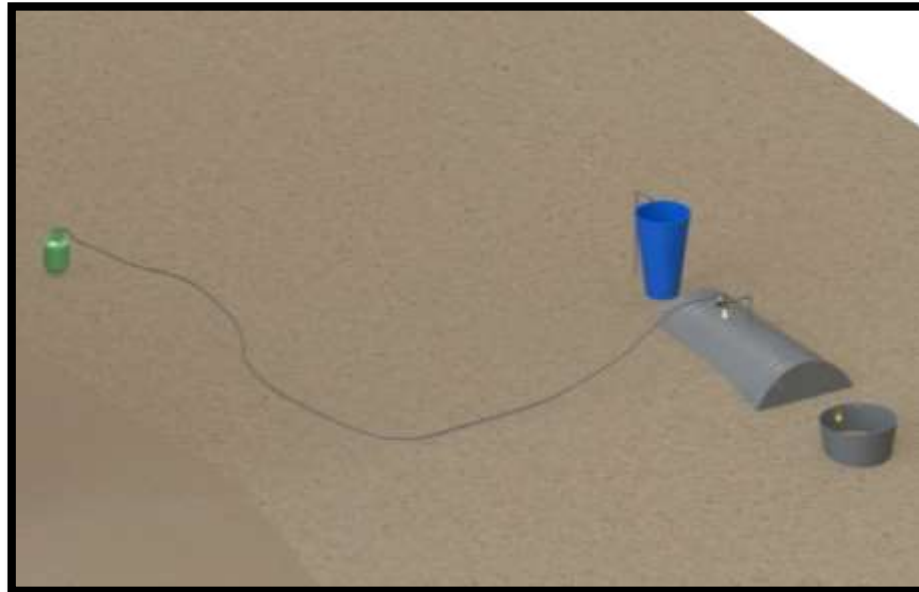
Figura 34. Vista isométrica del diseño



Fuente: Autor

En la Figura 34 se detalla una vista isométrica del diseño realizado en el programa Solidworks. Del lado izquierdo se detalla el recipiente de mezcla, donde se agrega las excretas y el agua para ser ingresados al contenedor biodigestor, que es el recipiente siguiente con una capacidad de 4.500 litros. Seguidamente se ubica el tanque de líquidos, el cual se encuentra conectado mediante una tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro.

Figura 35. Conexión de biodigestor con pipeta de gas

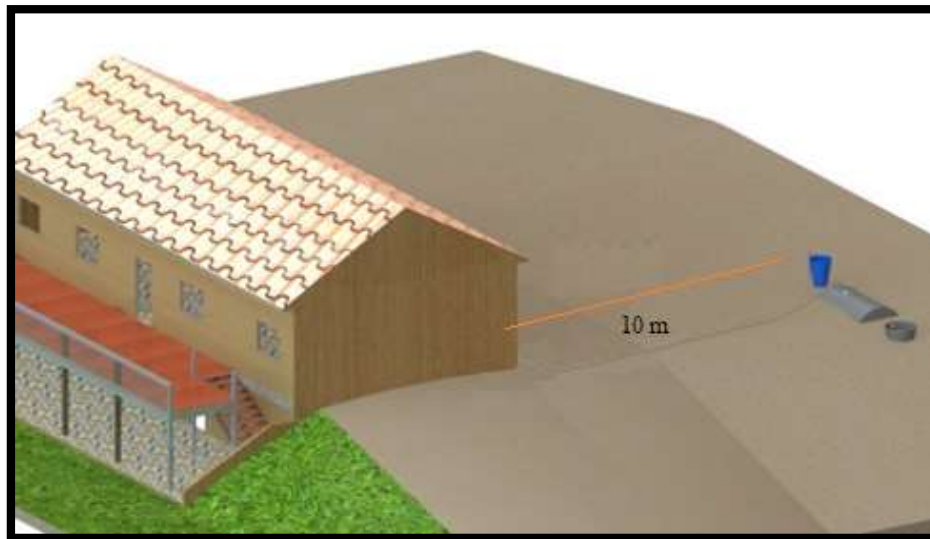


Fuente: Autor

En la Figura 35 se detalla la conexión del biodigestor con una pipeta de gas, la cual se establece como alternativa de almacenamiento del gas que sale del biodigestor. De este modo, esto servirá como un liberador de presión del tanque. La manguera es en material flexible con un diámetro de una pulgada y una longitud aproximada de 10 metros. En medio de la tubería que surge del biodigestor y la manguera flexible, se encuentra una válvula de seguridad que regula la presión del gas que se transporta hacia el destino final.

3.3.3.1 Ensamble final del sistema de biodigestor.

Figura 36. Ubicación biodigestor



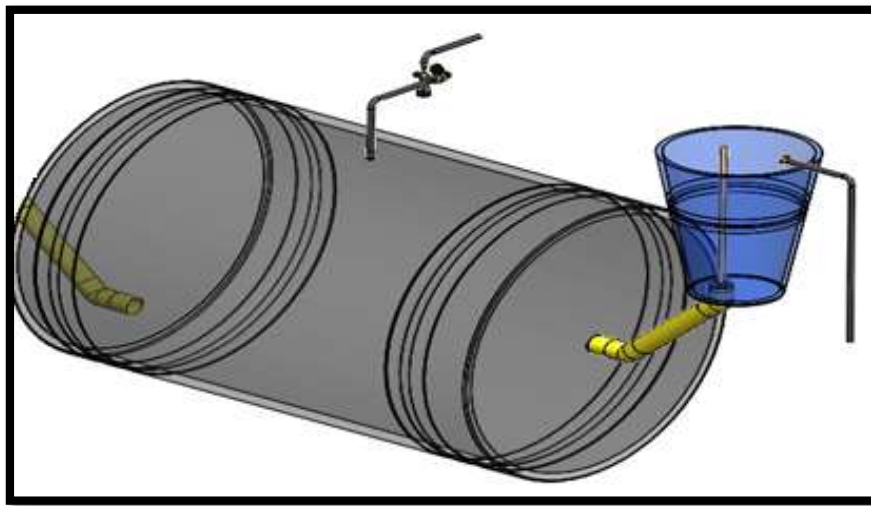
Fuente: Autor

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el desarrollo del proyecto investigativo, se desarrolla el diseño del biodigestor y, además el modelo esquemático de una casa, simulando la distribución rural que se desea presentar con la construcción del mismo. El proceso de digestión que ocurren dentro del sistema se basa en la liberación de energía química producida por la materia orgánica, la cual se convierte en biogás compuesto por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Zuñiga, 2007).

En la Figura 36, se logra visualizar el diseño final del sistema biodigestor, acoplado a una vivienda que puede albergar un promedio de 6 a 15 personas. El sistema establecido en el proyecto investigativo consta de dos tanques de almacenamiento; uno de 4.500 Lts definido como primera opción (hasta 25 personas), conformado por material en PVC con un diámetro de 1,68 m y 2,54 m

de ancho. De igual forma, se establece como segunda opción (6-10 personas) un recipiente de 2.000 Lts con dimensiones de 1,64 metros de ancho por 1,27 metros de diámetro. Con base a la elección realizada del tanque de almacenamiento, se efectúa una excavación la cual debe cubrir tres cuartas partes del recipiente, como se observa en la imagen.

Figura 37. Sistema biodigestor



Fuente: Autor

Seguidamente, el acople interno de la tubería inicia con la instalación de un recipiente para la mezcla del excremento con agua (relación 1:3), el cual cuenta con dimensiones de 90 cm de alto y 40 cm de diámetro para una capacidad de 150 Lts y un desagüe en el fondo que es accionado por la movilización de un mecanismo de varilla acoplado provisionalmente en la punta con un tapón cómo se logra observar en la Figura 37, requerido inicialmente para mantener el sistema cerrado mientras se diluye la mezcla, una vez realizada esta, se procede a destapar el sistema para el posterior descargue del residuo, finalmente es sellado nuevamente el recipiente para evitar exponer al biodigestor al aire libre o a la entrada de elementos como ramas, insectos o demás objetos que puedan llegar a afectar el sistema .

La materia orgánica que ingresa al biodigestor es sometida a un proceso químico en el que las bacterias y demás organismos proporcionan un ambiente para la descomposición de la carga. Generalmente se trabaja con tiempos de retención entre 20 y 55 días, con la deposición diaria de 1 a 5 kg de sólidos totales por metro cúbico en el digestor. Por lo tanto, mientras menor sea el tiempo de retención, el tamaño del digestor se reduce y también los costos (Moreno, 2011).

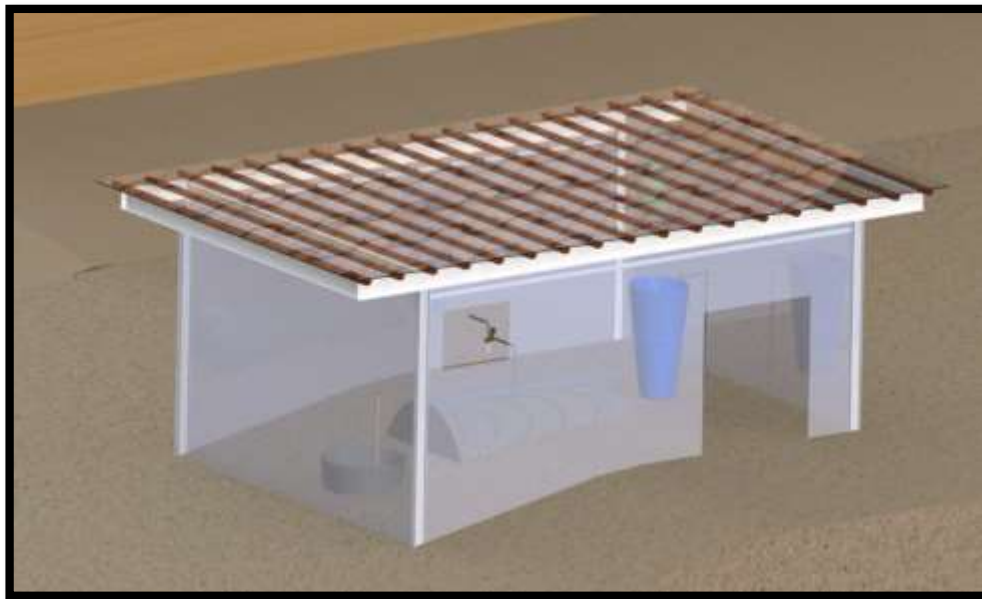
La fermentación anaeróbica inicia después de cierto periodo a partir de la carga inicial, la velocidad de trabajo y eficiencia incrementan en función directamente proporcional al nivel de temperatura interna por lo que se sugieren condiciones de entre 33 - 35°C (Duarte N. , 2012). Se recomienda dejar abierto la conexión de salida de gas, durante 3-5 días, mientras se elimina la existencia de oxígeno derivado de la descomposición, repetir esta operación a los 7 días. Seguidamente, se procede a cerrar el sistema y dar inicio a la operación.

Transcurridos 15 días de la carga de arranque, se debe verificar constantemente la producción de biogás (Moreno, 2011). La descomposición derivada del gas metano (bioabono), es impulsado por la presión del biogás a la superficie mediante un sistema alterno acoplado de tubería con un diámetro de 4 pulgadas y una inclinación de 45°, que permite emerger el residuo a un recipiente en PVC, con medidas de 90 cm de diámetro por 40 cm de alto, para una capacidad de recolección de bioabono de 250 Lts.

Finalmente, la medición de presión del metano es efectuada a través de una válvula reguladora en bronce de 15 cm de ancho por 30 cm de alto, con una capacidad instalada de medición de 250 psi, la cual permite analizar el rango de presión existente en el proceso, sin dejar de lado que en caso de ser requerido actúa como válvula de alivio. Además de permitir la apertura y paso del biogás

mediante una tubería flexible con un diámetro de 1 pulgada, conectado a 10 metros de una pipeta o directamente al fogón de la vivienda, para su respectivo uso.

Figura 38. Cubierta del biodigestor



Fuente: Autor

Con el propósito de evitar que el sistema biodigestor este expuesto a un entorno que perjudique y/o altere su debido funcionamiento se recomienda la construcción de una cubierta como se logra evidenciar en la Figura 38, la cual permita reducir el impacto en el proceso, a causa de cambios climáticos o demás factores como animales u objetos que puedan alterar el mismo. El material de la estructura e inversión requerida por la misma se considera como un valor global el cual varía según la calidad y seguridad definida por el encargado del sistema. Asimismo, se debe señalar la prohibición del ingreso de personal no autorizado por el dueño del sistema (en especial la presencia de niños).

Tabla 18. Catalogado de componentes de Biodigestor

ÍTEM	FIGURA	CANT	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	COSTO
1		1	Opción 1 Tanque biodigestor	4.500L 168 x 254cm (25 personas)	\$4'000.000
2		1	Opción 2 Tanque biodigestor	2000L 127x 164cm (6-10 personas)	\$2.000.000
3		1	Tanque de mezcla	150L 40x90cm	\$106.000
4		1	Tanque de Bio-abono	250L 90x47cm	\$198.700
5		6 m	Tubería para desechos	PVC 4" x 6m	\$58.900
6		4	Codo angular 45°	PVC 4" 45°	\$70.000
7		1	Válvula reguladora	Para tubería de 1"	\$90.000
8		10 m	Tubería flexible para Bio-gas	Tubería flexible para gas 1" x 10m	\$30.000

Fuente. Autor

Como resultado del ensamble del sistema de Biodigestor se obtiene una catalogación de componentes, este se observa en la Tabla 18, en la que se

encuentran registrados los datos más relevantes de los componentes, como las cantidades, precios, fotos, especificaciones, este se realiza con el propósito de obtener información en caso de requerir reparaciones a futuro como referencia de precios y datos para reemplazo.

Tabla 19. Relación de capacidad y costo

OPCIÓN DE CAPACIDAD	INVERSIÓN
4000 Litros - (25 personas)	\$ 4.553.600 pesos
2000 Litros - (6-10 personas)	\$ 2.553.600 pesos

Fuente: Autor

Asimismo, se considera que la construcción del sistema biodigestor opción uno para 25 personas representa una inversión neta de 4,553.600 pesos, por lo que cada vivienda (8-10 personas) debe valorar un precio de aproximadamente \$ 200.000, lo que se considera como un factor altamente viable con relación a los beneficios obtenidos.

En caso, de que el servicio sea requerido solo para 1 vivienda con un número menor de usuarios (8-10 personas) se recomienda la opción dos, caracterizada por el uso de un tanque biodigestor de capacidad inferior con un volumen de 2000L, con medidas de 127cm de alto por 164cm de diámetro, el cual representa una disminución de los costos de inversión a un promedio de 2,553.600 lo que indica una reducción del 50% con relación al sistema opción 1, teniendo en cuenta que las ganancias obtenidas por el beneficio del biodigestor serán orientadas únicamente a esa familia.

3.3.4. Manual de mantenimiento del Biodigestor

3.3.4.1 Paso 1. Equipo de protección personal

Se deberá realizar inspecciones periódicas del estado de la cubierta, buscando detectar fugas, rasgaduras y daños en general (SAGARPA, 2010). La revisión del sistema debe estar sujeta a un equipo de protección personal, el cual corresponde a: botas de caucho, guantes de caucho y mascarilla de filtros, para la protección de la contaminación generada por el Biodigestor. El mejor modo de realizar los mantenimientos requeridos y pertinentes al Biodigestor, sin tener dificultades.

Asimismo, se recomienda realizar una inspección diaria de tuberías, válvulas y equipo de medición, para detectar a tiempo cualquier daño que presenten y en caso de haberlo, instrumentar las acciones necesarias para su inmediata reparación (SAGARPA, 2010).

3.3.4.2 Paso 2. Limpieza de registro de lodos

Al realizar este procedimiento se debe tener en cuenta los excesos de tierra, maleza y otros alrededor del tanque de almacenamiento y recipientes de mezcla. Esto con la finalidad de que no se cruce u obstaculice la caja del registro de lodos con residuos contaminados. Para este procedimiento es requerido el uso de una pala, para el retiro de las piedras, tierra y otros.

3.3.4.3 Paso 3. Sacar y/o retirar los lodos secos del mantenimiento anterior

En este procedimiento lo indicado es el retiro de los lodos secos del mantenimiento anterior si los hay. Para esto, hay que abrir la válvula para el lodo digerido y acumulado, se desplace al registro de lodos (en este paso no olvidar el

uso del equipo de seguridad). Y los lodos que salen del registro pueden ser utilizados como abono o grandes arboles, pero, no es recomendable para las hortalizas.

3.3.4.4 Paso 4. Tapar el registro de los lodos

Se recomienda sellar de manera correcta el registro de lodos, es decir, que no debe quedar espacios que permitan la entrada de barro o malezas que afecten las funciones del Biogestor; dejándolo de la forma como se encontraba inicialmente.

3.3.4.5 Paso 5. Desinfectar

Es importante desinfectar las partes que han tenido contacto con agentes contaminantes del Biodigestor. Asimismo, Se deberá realizar una remoción de basura y escombros arrastrados por el viento (SAGARPA, 2010).

3.3.4.6 Recomendaciones

- Es recomendable rellenar con agua posteriormente de extraer los lodos.
- Los lodos jamás conviene ser enviados al drenaje, barrancas, selvas o cuerpos de agua como ríos o albercas, cercanas al corregimiento.
- Lavar las manos perfectamente después de cada mantenimiento.
- Es importante realizar mantenimiento cada 4 años, al sistema interno. Mientras que los recipientes de mezcla y descargue del excremento debe Mantener drenajes en el biodigestor para evitar el ingreso de aguas lluvias que afecten las reacciones que en el se llevan a cabo.

3.3.4.7 Inseguridades

Añadir cal en polvo al lodo extraído para separar y eliminar los microorganismos, la cuantía de ambos depende del tamaño del biodigestor y la frecuencia con la que se hace el mantenimiento.

4. RESULTADOS

A través del estudio y los cálculos se establecen los diferentes prototipos de biodigestor que apoyan la generación de biogás, para cada uno se determina las características positivas y negativas, por medio de una tabla comparativa se selecciona la alternativa más acertada para el entorno socio-económico-ambiental y así realizar la recolección de biogás producido por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica.

Bajo los cálculos realizados se establece un análisis de costo-beneficio, para ello se logró calcular cada uno de los costos que genera la construcción del biodigestor, en ello se destacaron los materiales, mano de obra, mantenimiento también se calcula el beneficio que genera el biodigestor y en cuanto tiempo se recupera la inversión realizada.

Mediante el uso del software Solidworks, se realiza el diseño del biodigestor para la producción y distribución de biogás, en él se evidencia el área y el terreno, la pendiente y grados de inclinación de las viviendas y el biodigestor, la correcta ubicación, la explicación de la red de distribución de gas y los respectivos planos de cada uno de los componentes.

5. CONCLUSIONES

Con base al diseño de biodigestor se establece la viabilidad del sistema a partir de un estudio socio-económico-ambiental el cual permite determinar el impacto evidenciado en el sector rural de la Fortuna, ante la falta de un sistema eficiente que permita la distribución a las viviendas de gas a un costo moderado. Asimismo, el ahorro de inversión que genera en cada vivienda la adquisición de un mecanismo alternativo a la compra de gas y combustión de leña es altamente viable, debido a que este opera bajo condiciones de descomposición de materia orgánica disponible diariamente por las personas y excreción de animales.

Se logra identificar a través de la visita al corregimiento e intervención verbal en las viviendas encuestadas, que la falta de un sistema de descarga de residuos orgánicos para el control del estiércol de animales y excretas humanas producidas en el corregimiento la fortuna, ha representado un porcentaje de residuos orgánicos y carga bacteriana, responsable de generar un riesgo biológico en el sector y animales, lo cual ha afectado directamente la contaminación del lugar, por la acumulación excesiva de este residuo. y se observó a través de encuestas que no tienen un sistema de descargas de residuos orgánicos confiable.

La inversión económica destinada al biodigestor representa una serie de factores económicos que pueden ser de difícil acceso, sin embargo ante la problemática evaluada y los distintos gastos que ha venido generando la falta de una entidad que permita la distribución de gas a bajo costo, sin dejar de lado la repercusión que conlleva la combustión de leña y peligro inminente que representa para la población el uso de pipetas, se cataloga al sistema como una alternativa factible, la cual permite un ahorro extremadamente efectivo, teniendo en cuenta la posibilidad de comercializar el producto (bioabono) adquirido en el proceso final de

producción de gas metano, lo cual se puede considerar como un ingreso alternativo a la vivienda.

El biogás a base de estiércol, son elementos que ofrecen beneficios porque mantiene el ciclo de reutilización integral de la materia inicial. Como efecto de todo el proyecto es posible la minimización del consumo de energías no renovables en nuestro país, manteniendo un porcentaje sobre la conservación del ecosistema circundante donde es aplicado este tipo de proceso orgánico. Sin dejar de lado, la factibilidad que representa la producción de un combustible económico y exequible a sectores rurales.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la población analizar la aplicación de este mecanismo como alternativa de solución a la problemática evidenciada actualmente en la población, de manera que se incentive a los campesinos de los alrededores del sector del corregimiento de la fortuna, incorporar la tecnología de los biodigestores para el manejo y disposición final del excremento.

Se sugiere utilizar un material adecuado como el PVC tipo pesado, ya que este tipo de material es resistente a la corrosión humedad que emite el ambiente circundante, y no origina problemas durante el proceso de fermentación de la materia orgánica o la biomasa y, asimismo realizar un control en el momento de la adición de carga al sistema de biodigestor, debido a que pueden existir pérdidas por derrame u otros inconvenientes en el transporte del material.

Se recomienda evitar el ingreso de residuos procedentes en el área, diferentes al excremento humano o de animal, los cuales al entrar en contacto con el residuo interno puedan llegar a afectar el proceso de descomposición del biodigestor, sin dejar de lado la disminución de espacio útil y eficiencia del mismo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administración Local. (2013). Administración local del corregimiento de La Fortuna. Barrancabermeja: Administración Local, A.L.

Almario, M. (2011). En La Fortuna no tomarán más agua de la quebrada. Barrancabermeja: Vanguardia.

Barrientos, W. (2010). estudio de factibilidad técnica financiera del biogas. Bucaramanga.

C.A. (2002). Características del biogas. Mexico: FAC.

CAS. (2013). Acuerdo 226. Barrancabermeja: sd.

Chinchilla, M. (1998). Producción semi intensiva de cerdos y uso de desechos para generar energía. Venezuela: Priag.

Decker, K. (2013). Reciclaje de excrementos humanos es la clave para la agricultura sostenible. España: FAO.

Decreto 1505. (2003). Planes de gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C.: Sjd.

Decreto- 1594. (1984). Reglamento parcial en cuanto a usos de aguas y residuos líquidos. Colombia: Medio Ambiente.

Decreto 2209. (2016). Por el cual se fija el salario mínimo mensual legal. Colombia: Ministerio de Trabajo, M.T.

Decreto-2440. (2004). Actividades establecidas para disposiciones generales. Colombia: Secretaría Ambiente.

Duarte, N. (2012). Diseño y construcción de un biodigestor para la generación de gas metano. Venezuela: RBV.

Duarte, S. (2006). estudio factibilidad técnico económica y ambiental biogas. puerto wilches.

ESAP. (2010). Sistema hidrográfico municipio de Barrancabermeja. Barrancabermeja: sd.

Esguerra, M. (1989). Experiencias prácticas con biodigestor de bajo costo para la generación de energía y el tratamiento de aguas residuales. España: CNRE.

Guevara, A. (1996). Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores. Perú: Editores LM.

Herrero, J. (2008). Biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación. Bolivia: Editores GTZ.

Larraín, M. (2013). Biogas a partir de residuos orgánicos. sd: HDU.

Lozano, M. (2007). producción potencial de biogas empleando excretas de ganado. México D.C.

Lozano, V. (2012). Diseño de biodigestores. España: Hominem.

Mandujano, M. (1981). Biogas, energía y fertilizantes a partir de desechos orgánicos. México: Marcombo.

Minambiente. (2014). Enfermedades en la población y contaminación de las fuentes hídricas. Colombia: Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo, S.M.A.D.

Morales, J. (2009). Manejo y aprovechamiento de lodos provenientes de plantas de tratamiento. México: CONAGUA.

Moreno, T. (2011). Manual de biogás. Santiago de Chile: FAO.

Nemrow, L. (1998). Tratamientos de vertidos industriales y peligrosos. España: Dias de Santos.

NTC-ISO-020. (2006). Norma técnica colombiana, código colombiano. Colombia: Icontec.

Ocaña, C. (2012). Biodigestores. Perú: UNAL.

Paz, M. (2011). Estudio de factibilidad sobre la utilización de biodigestores para viviendas sociales. Chile: UAC.

Resolución 1074. (1997). Departamento administrativo del medio ambiente en materia de vertimientos. Colombia: Medio Ambiente.

Rodríguez, A. (2014). Viabilidad técnica para producción de biogás. Bogotá.

Rojas, J. (2015). Implementación del incremento del gas propano. Colombia: El Colombiano.

SAGARPA. (2010). Especificaciones técnicas para el diseño y construcción de biodigestores en México. México: FIRCO.

SECRE-2002, N. 0. (2003). Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos. México: SDE.

Suárez, S. (2014). Alertas sanitarias y ambientales. Barrancabermeja: Redacción económica - Vanguardia.

Suárez, S. (2014). El agua ya escasea en zona rural del puerto. Barrancabermeja: Vanguardia Liberal.

R-DC-95

Diseño de un sistema de producción de biogás a partir de excretas humanas y de animales, con la distribución a la zona rural de Barrancabermeja

VERSIÓN: 01

Suárez, S. (2016). Ecopetrol cerró tubería que proveía de gas a zona de Santander. Barrancabermeja: Vanguardia Liberal, V.L.

UPME. (2003). Guía para la implementación de sistemas de producción de biogás. Colombia: AENE.

Varnero, F. (2004). Evaluación de lodo fresco y compostado como materia prima para la elaboración de sustrato. Chile: Reverte.

Zuñiga, I. C. (2007). Biodigestores. sd: UADE.

ANEXOS

Anexo 1. Sector Buenavista

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuentan con servicio de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Utilizan pipetas de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?

LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: _____

¿Con que clase de animales cuentan?

VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: Galinas

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?

SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

SI NO

Fuente: Autor

Anexo 2. Sector Cascajera

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuentan con servicio de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Utilizan pipetas de gas?

SI NO

Observaciones: leña

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?

LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: _____

¿Con que clase de animales cuentan?

VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: _____

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?

SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

SI NO

Fuente: Autor

Anexo 3. Sector Cascajera

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuentan con servicio de gas?

SI NO

Observaciones: toca comprar el cilindro

¿Utilizan pipetas de gas?

SI NO

Observaciones: son muy caras

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?

LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: pero está dañado

¿Con que clase de animales cuentan?

VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: y gatos

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?

SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

SI NO

Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Anexo 4. Sector Mirlas

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE
LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?
SI NO

Observaciones: _____

¿Cuentan con servicio de gas?
SI NO

Observaciones: _____

¿Utilizan pipetas de gas?
SI NO

Observaciones: _____

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?
LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: _____

¿Con que clase de animales cuentan?
VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: Gatos

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas
humanas y de animales?
SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado
por el encuestador)?
SI NO

Fuente: Autor

Anexo 5. Sector Buenavista

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?

SI NO

Observaciones: no hay

¿Cuentan con servicio de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Utilizan pipetas de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?

LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: _____

¿Con que clase de animales cuentan?

VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: _____

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?

SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

SI NO

Fuente: Autor

Anexo 6. Sector Patio bonito

ENCUESTA PARA CONOCER EL ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES DE LA ZONA

¿Cuentan con servicio de alcantarillado?

SI NO

Observaciones: IAEF

¿Cuentan con servicio de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Utilizan pipetas de gas?

SI NO

Observaciones: _____

¿Cuál es el medio que utilizan para realizar las necesidades corporales?

LETRINA BAÑO CAMPO ABIERTO OTROS

Observaciones: _____

¿Con que clase de animales cuentan?

VACA CERDO CABALLO PERRO OTROS

Observaciones: Gallinas

¿Conocen un sistema biodigestor para utilización de gas mediante excretas humanas y de animales?

SI NO

¿Utilizarían gas mediante del sistema de biodigestor una vez conocido (explicado por el encuestador)?

SI NO

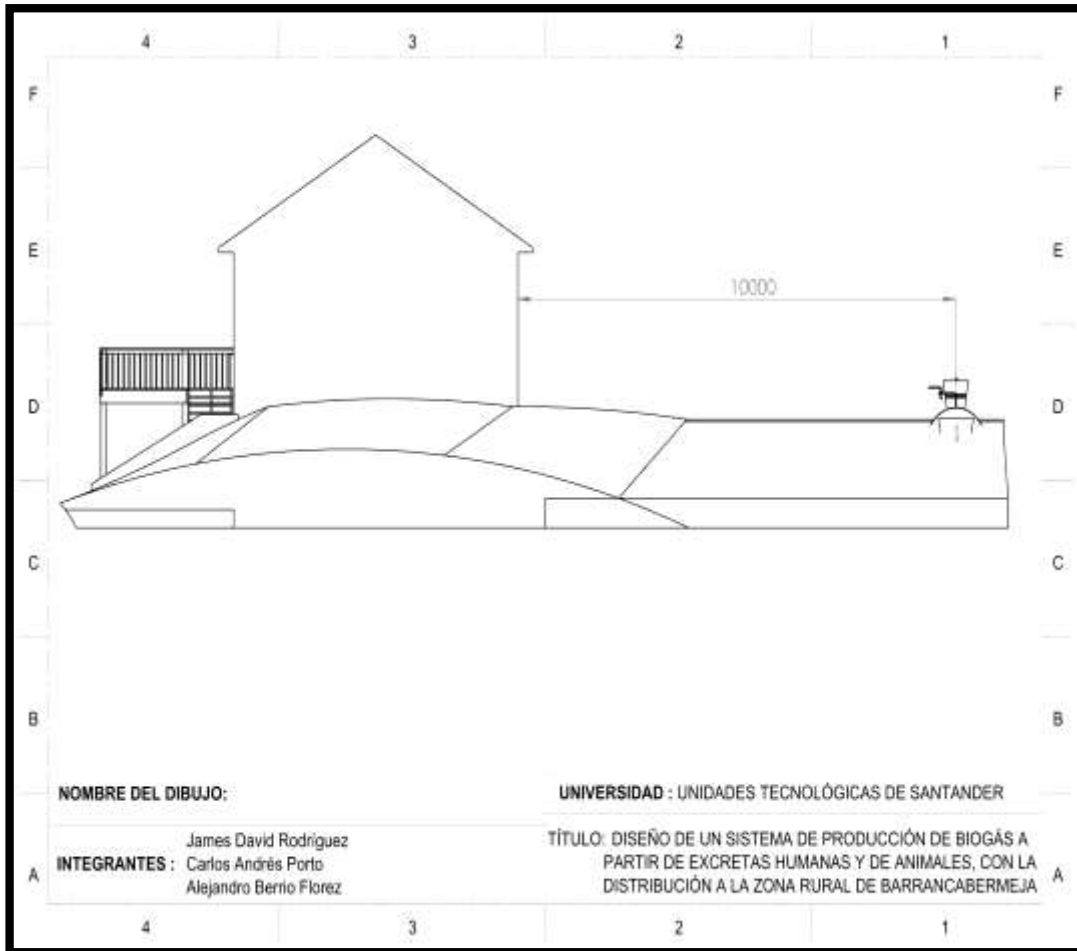
Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

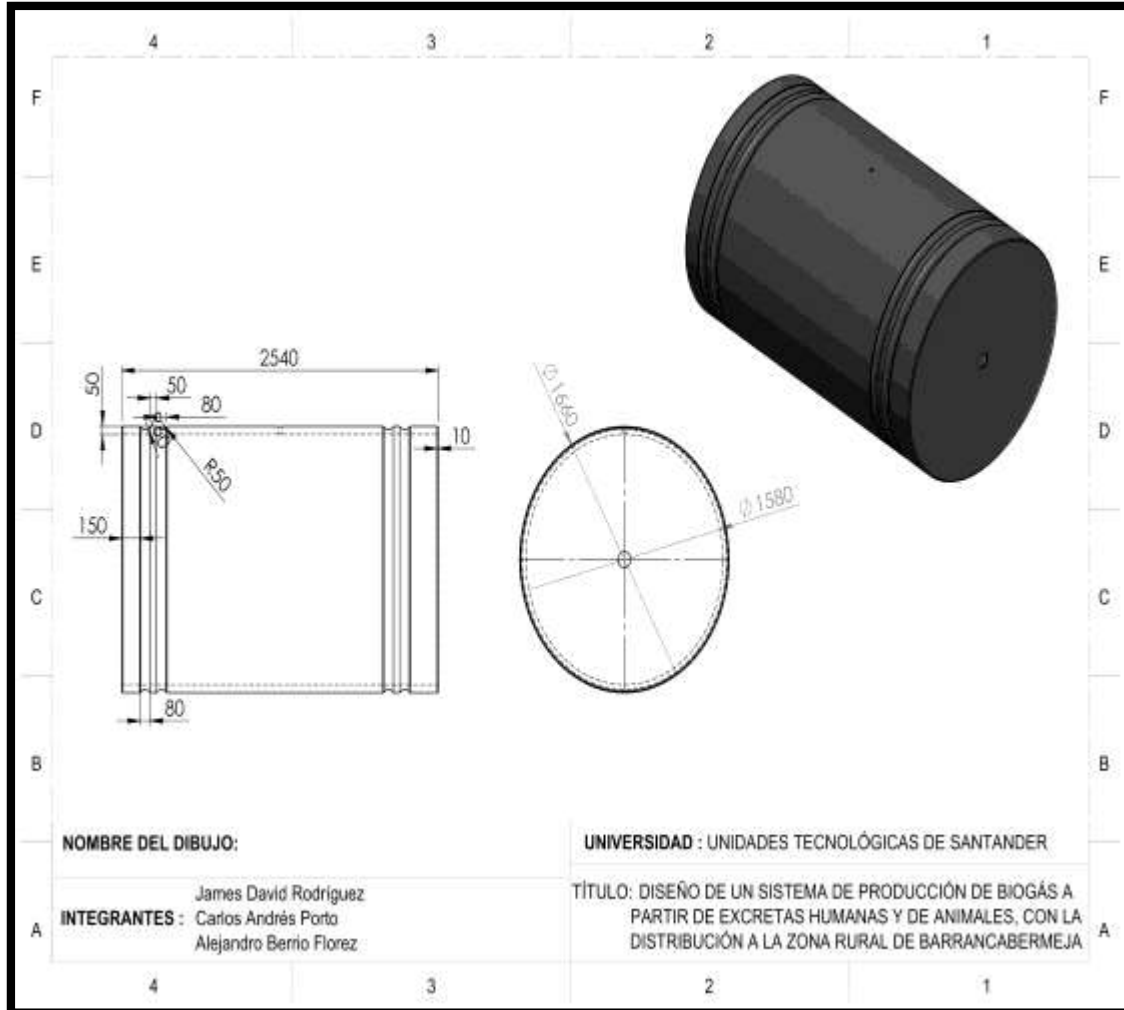
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Anexo 7. Plano con distancia nominal para ubicación de biodigestor



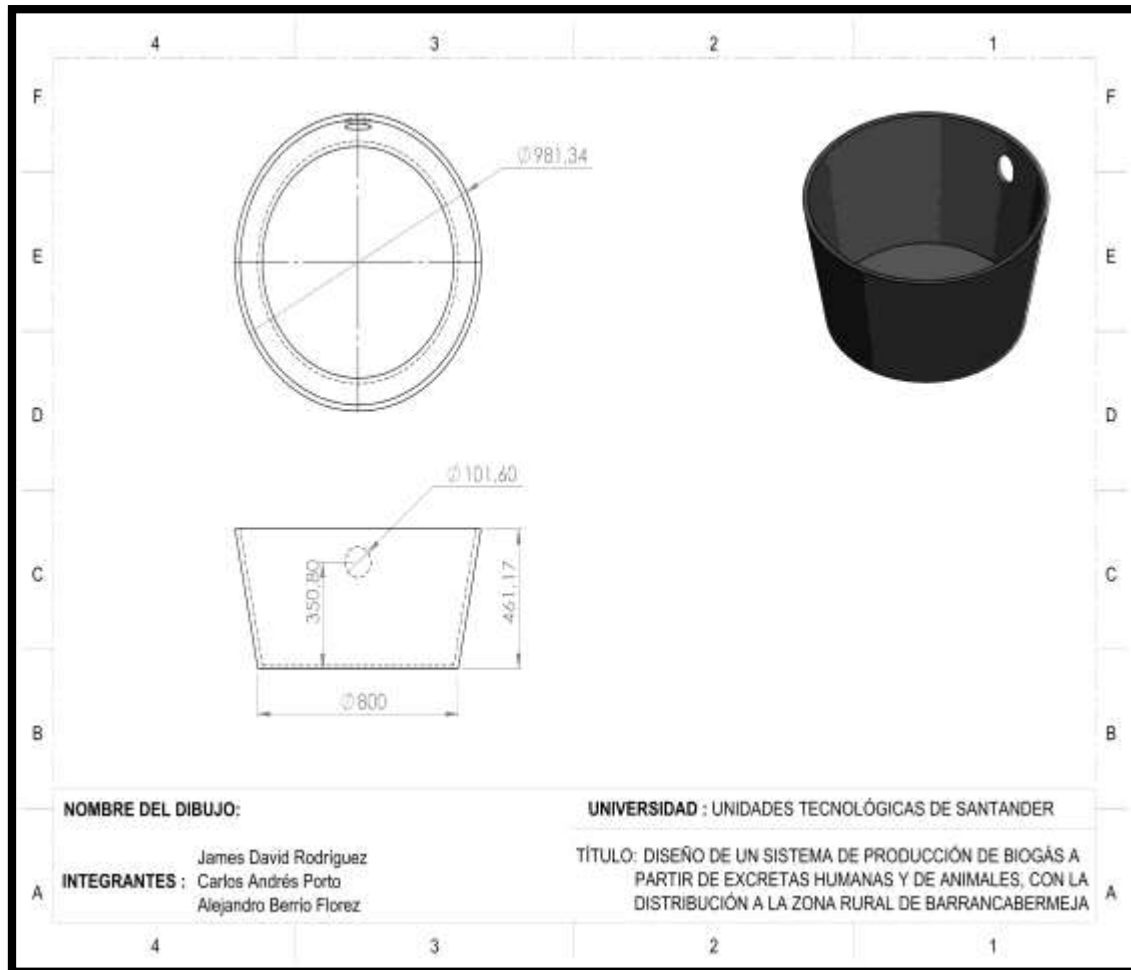
Fuente: Autor

Anexo 8. Plano con medidas nominales de biodigestor



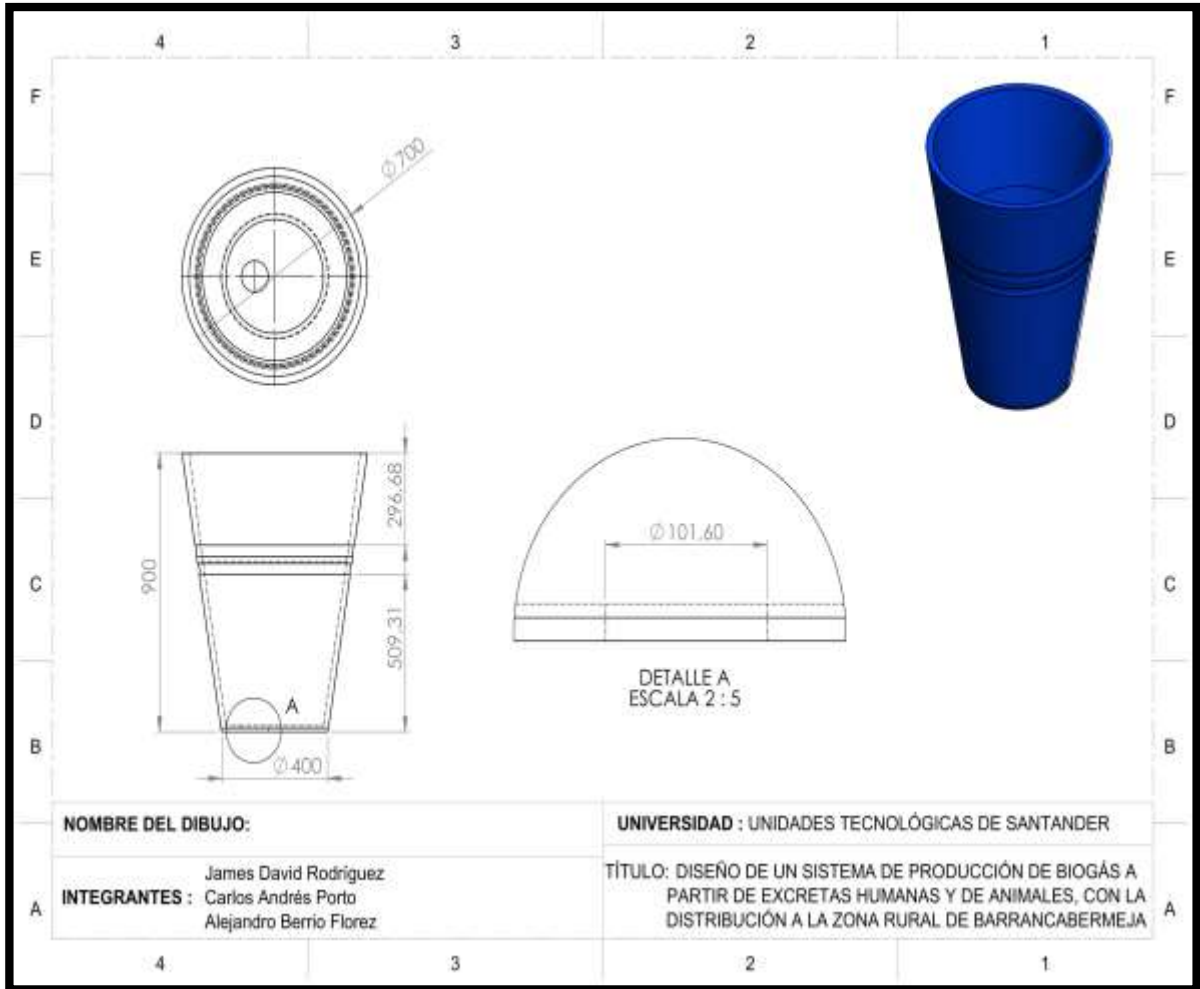
Fuente: Autor

Anexo 9. Plano de tanque para líquidos



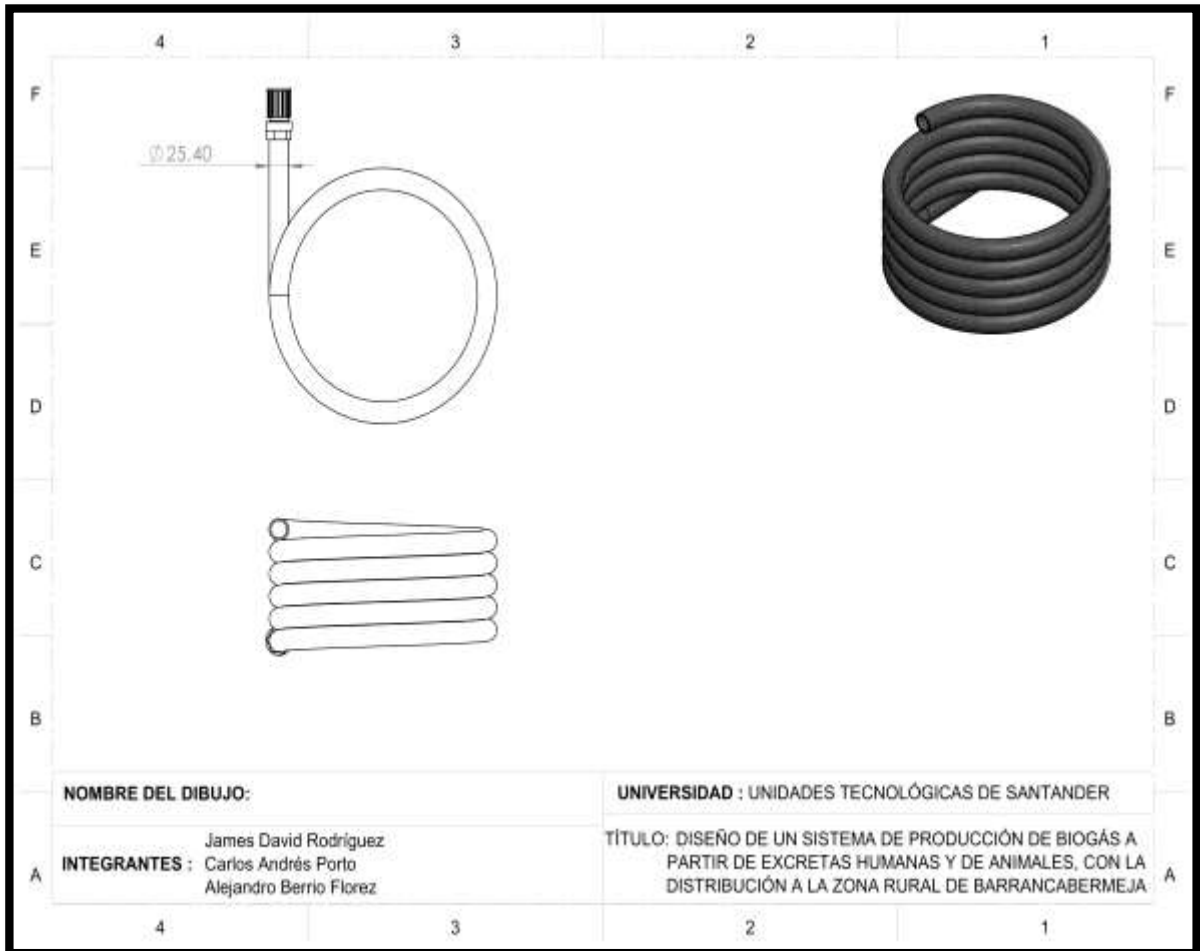
Fuente: Autor

Anexo 10. Plano de Tanque para mezcla con medidas nominales



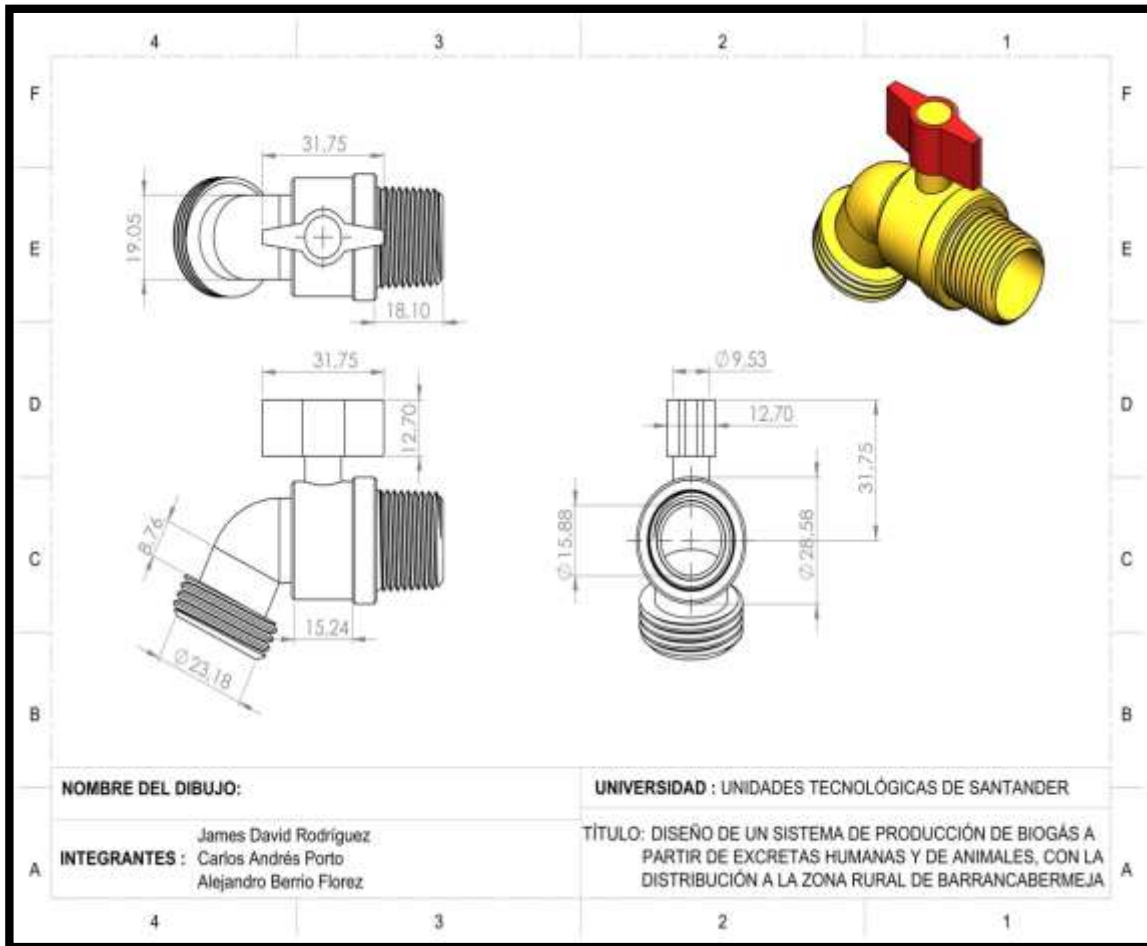
Fuente: Autor

Anexo 11. Manguera flexible de 1 pulgada



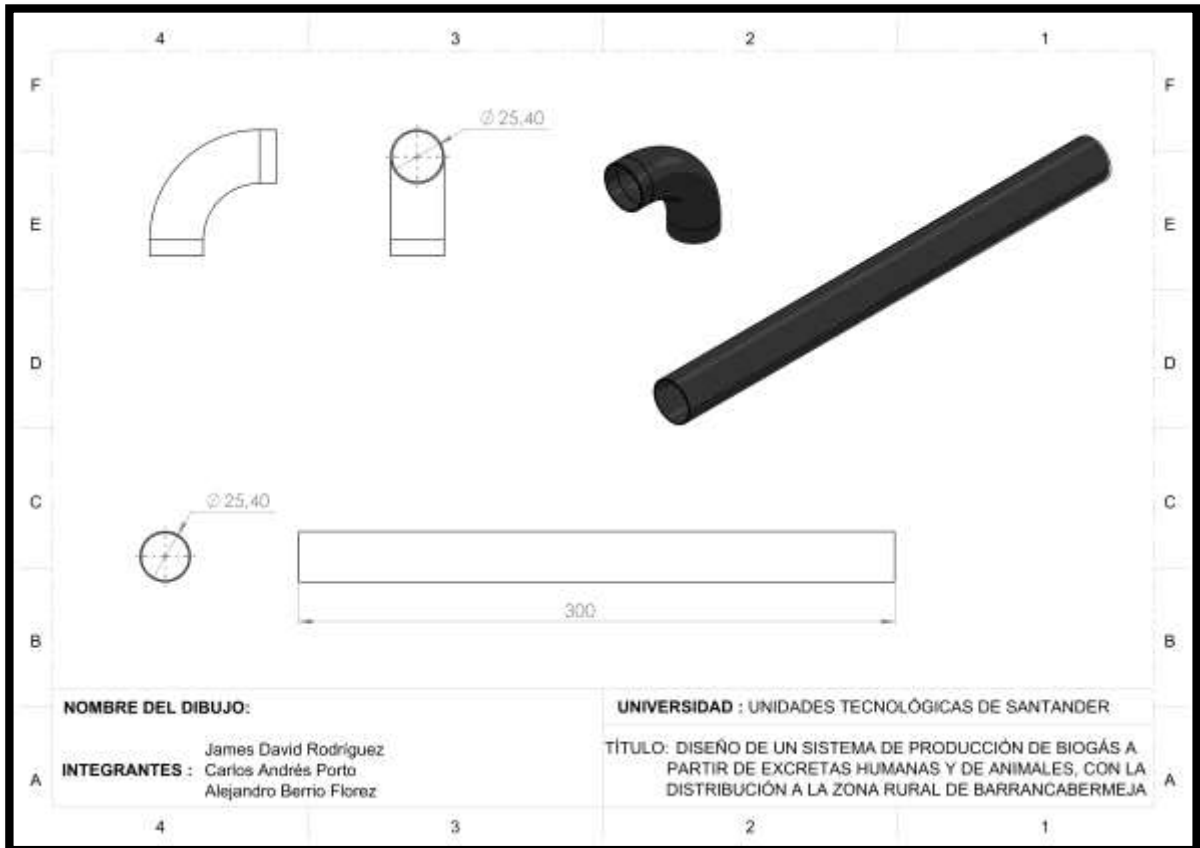
Fuente: Autor

Anexo 12. Llave de paso



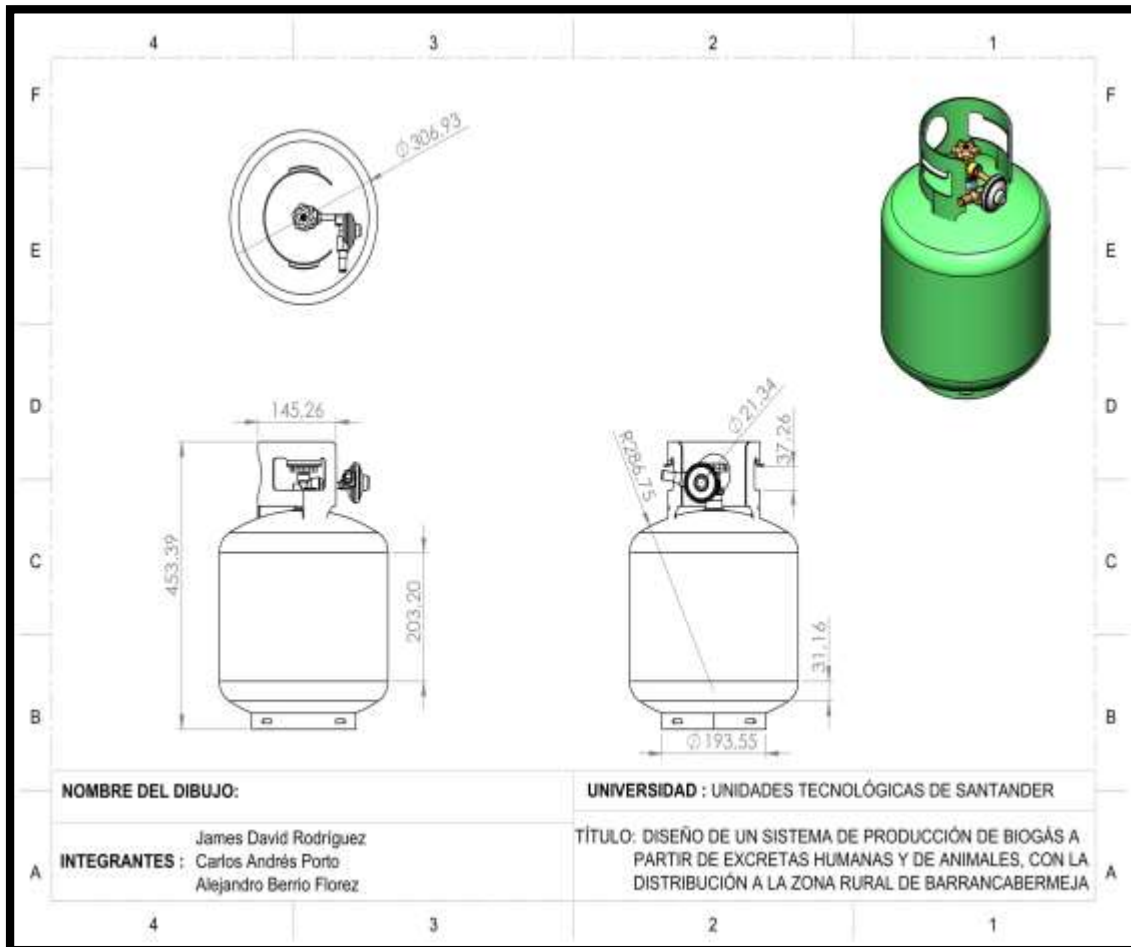
Fuente: Autor

Anexo 13. Plano de accesorios para las conexiones del biodigestor



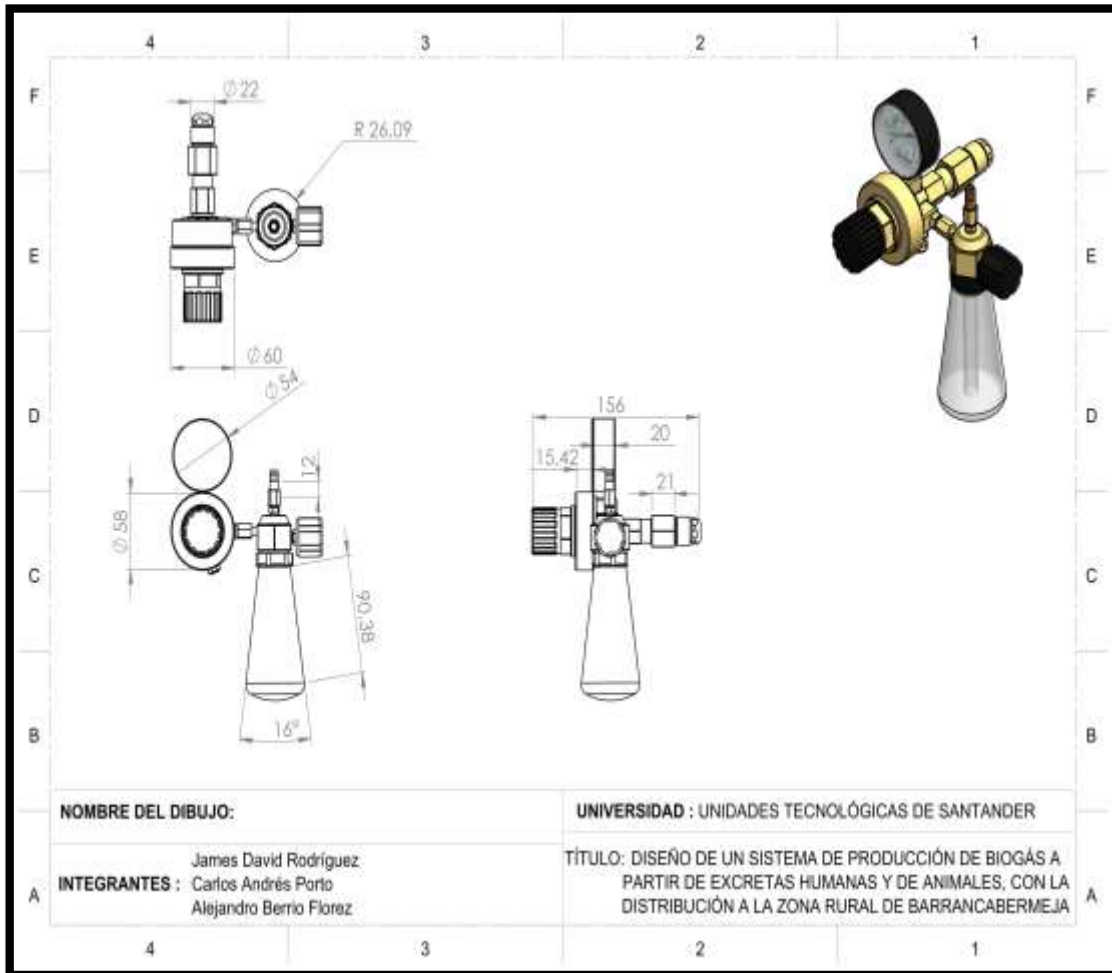
Fuente: Autor

Anexo 14. Plano pipeta de gas



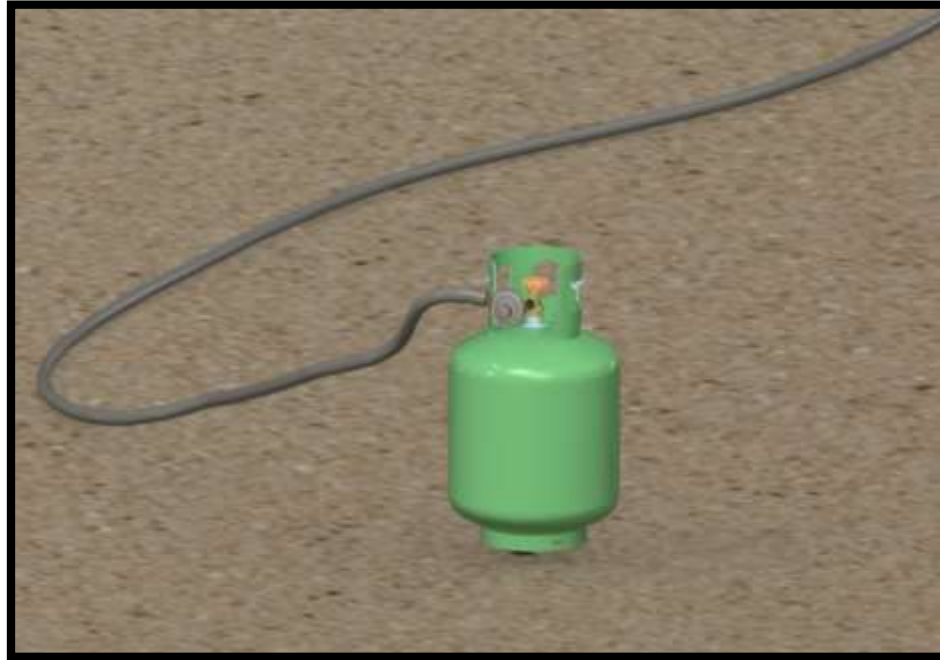
Fuente: Autor

Anexo 15. Plano con medidas nominal de válvula de seguridad



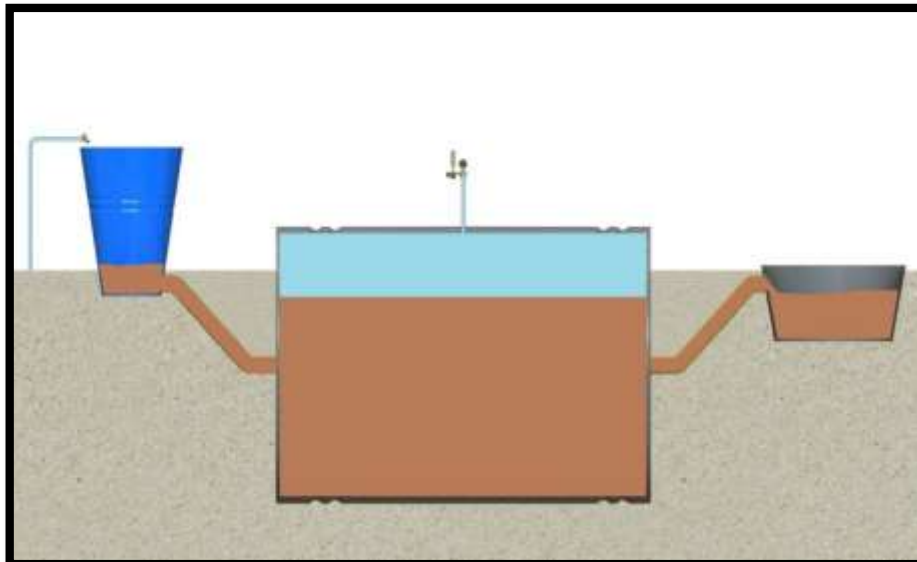
Fuente: Autor

Anexo 16. Pipeta de gas para uso de biodigestor



Fuente: Autor

Anexo 17. Sistema biodigestor



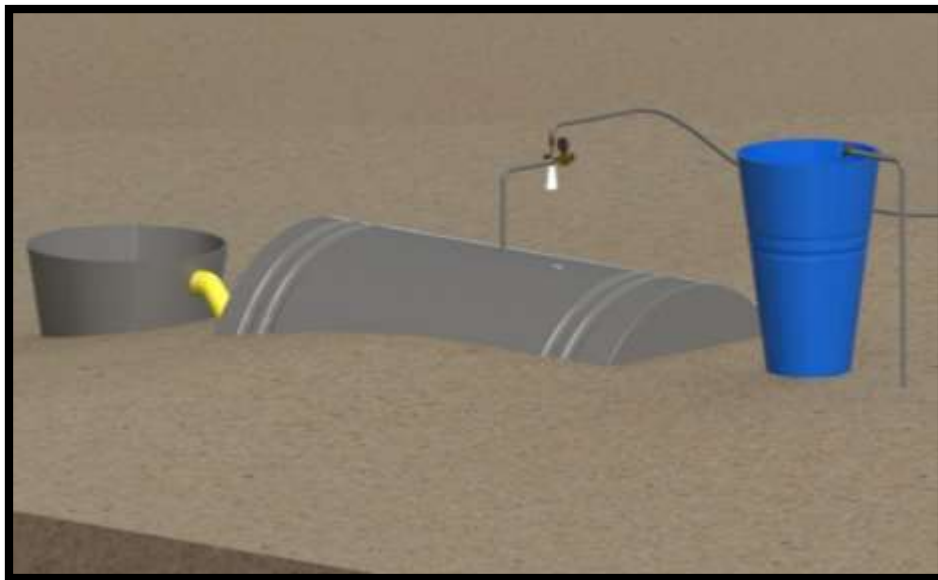
Fuente: Autor

Anexo 18. Ensamble de biodigestor con pipeta de gas



Fuente: Autor

Anexo 19. Ensamble biodigestor enterrado en su ubicación



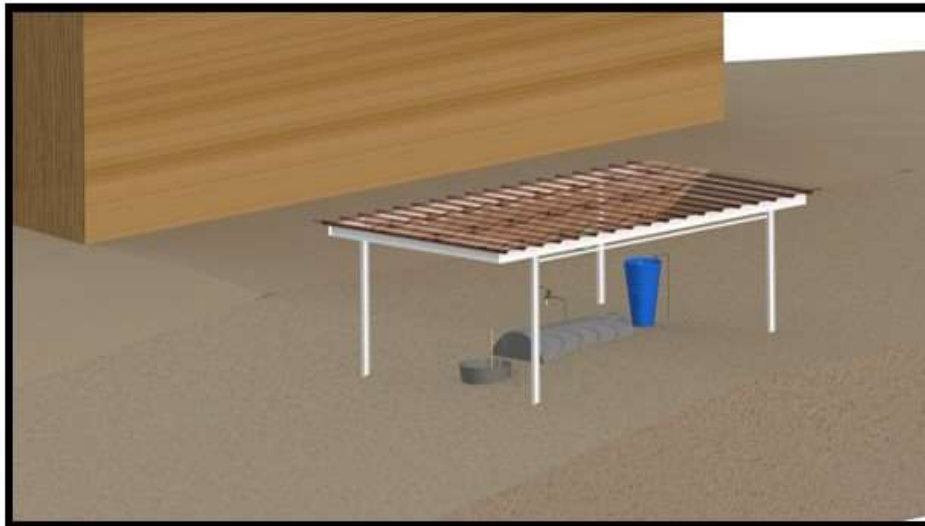
Fuente: Autor

Anexo 20. Límites permisibles de contaminantes

Límites Máximos Permisibles de Contaminantes			
Parámetros	Unidad	Promedio Mensual	Promedio Diario
Temperatura	° C	40° C	
pH		5.5 -10	
Grasas y Aceites	mg/l	50	75
Sólidos Sedimentables	ml/l	5	7.5
Arsénica Total	mg/l	0.5	0.75
Cadmio Total	mg/l	0.5	0.75
Cianuro Total	mg/l	1	1.5
Cobre Total	mg/l	10	15
Cromo Hexavalente	mg/l	0.5	0.75
Mercurio Total	mg/l	0.01	0.015
Níquel Total	mg/l	4	6
Plomo Total	mg/l	1	1.5
Zinc Total	mg/l	6	9

Fuente: SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. México: SEMARNAT, 2010. p. 49

Anexo 21. Cubierta básica sistema biodigestor



Fuente: Autor

Anexo 22. Cubierta total



Fuente: Autor