

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍAS	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	Dependencia	Aprobado	Pág.	
	DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(115)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍAS

AUTORES	ANDRÉS SAÍD DÍAZ LÓPEZ		
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍA		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECÁNICA		
DIRECTOR	GONZALO CERVANTES PADILLA		
TÍTULO DE LA PASANTÍA	DISEÑO DE UN BIODIGESTOR EN LA PRODUCCIÓN DE GAS PARA COCINAS ECOLÓGICAS, A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS POR ANIMALES DE GRANJA PORCINA, EN EL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR.		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
EL PROYECTO CONTEMPLA EL DISEÑO DE UN SISTEMA FERMENTADOR ANAEROBIO, POR MEDIO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS, Y OTROS FACTORES COMO BIOABONO FERTILIZANTE Y LA CRÍA DE CERDOS DENTRO DE UN GALPÓN, QUE SIRVEN COMO MEDIO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS PRODUCTIVOS Y AGROINDUSTRIALES, EN EL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANÍ CESAR; CON EL DESARROLLO DE ESTE TIPO DE PROYECTOS SE LOGRA QUE LAS ENERGÍAS RENOVABLES TENGAN UNA MAYOR PARTICIPACIÓN EN LA SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DEL MISMO, CONTRIBUYENDO ASÍ A SU DESARROLLO SOSTENIBLE, LA REDUCCIÓN DEL INCREMENTO DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS ADVERSOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO MUNDIAL.			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 120	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 46	CD-ROM: 1



**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR EN LA PRODUCCIÓN DE GAS PARA COCINAS
ECOLÓGICAS, A PARTIR DE DESECHOS ORGANICOS PRODUCIDOS POR
ANIMALES DE GRANJA PORCINA, EN EL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL
MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR**

ANDRÉS SAÍD DÍAZ LÓPEZ

**Trabajo de grado modalidad pasantía, para optar el título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
GONZALO CERVANTES PADILLA
Ingeniero de Minas**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Ocaña, Colombia

Mayo 2017

Índice

RESÚMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO 1. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR EN LA PRODUCCION DE GAS PARA COCINAS ECOLOGICAS, A PARTIR DE DESECHOS ORGANICOS PRODUCIDOS POR ANIMALES DE GRANJA PORCINA, EN EL CORREGIMIENTO DE GUIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR	16
1.1. DESCRIPCIÓN BREVE DE LA EMPRESA.	16
1.1.1. Misión	16
1.1.2. Visión	17
1.1.3. Objetivos de la empresa.....	17
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional	18
1.1.5. Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado.....	18
1.2. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA.	19
1.2.1. Planteamiento del problema.	21
1.3. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA.....	22
1.3.1. General.	22
1.3.2. Específicos.	22
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA.	23
CAPITULO 2. ENFOQUES REFERENCIALES.	25
2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL.....	25
2.1.1. Digestion anaeróbica.....	25
2.1.1.1. Hidrólisis.....	25
2.1.1.2. Acidogénesis.	25
2.1.1.3. Acetanogénesis.....	26
2.1.1.4. Metanogénesis.....	26
2.1.2. Características del biodigestor.....	27
2.1.2.1. Temperatura.....	27

2.1.2.2. Método de carga.	27
2.1.2.3. Tiempo de retención.....	28
2.1.2.4. El pH.	29
2.1.2.5. Relación carbono nitrógeno C/N.	30
2.1.2.6. Nivel freático.....	30
2.1.3. ¿Qué es un biodigestor?	30
2.1.4. Componentes de un biodigestor.....	31
2.1.4.1. Cámara de digestión.	31
2.1.4.2. Cámara de gas o gasómetro.	31
2.1.4.3. Alimentación o entrada de la materia orgánica (sistema de carga).	31
2.1.4.4. Salida del efluente (sistema de descarga).....	31
2.1.5. Tipos de biodigestores.	32
2.1.5.1. Biodigestores discontinuos.	32
2.1.5.2. Biodigestores Semi-continuos.....	32
2.1.5.3. Biodigestores de mezcla completa.	32
2.1.5.3.1. Modelo Chino.....	33
2.1.5.3.2. Modelo Indio.....	33
2.1.5.3.3. Modelo horizontal de bajo costo.....	34
2.1.6. Producción y conducción de biogás.	35
2.1.6.1. Biogás.	35
2.1.6.2. Válvulas.....	36
2.1.6.3. Trampas de agua.....	36
2.1.6.4. Almacenamiento del biogás.	36
2.1.7. Consumo.	36
2.1.8. Generalidades del proceso.	37
2.1.9. Condiciones de diseño y selección.....	38
2.1.9.1. Requerimientos.	39
2.2. ENFOQUE LEGAL.	40
2.2.1. Constitución Política de Colombia.	40
2.2.2. Universidad Francisco de Paula Santander.....	40
2.2.3. Normas internacionales.	41

CAPITULO 3. TOMA Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANÍ CESAR.	43
3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.	43
3.2. CENSO POR MEDIO DE UN FORMATO GESTIPRO LTDA Y/O GEORREFERENCIACIÓN CON DISPOSITIVO GPS.	44
3.3. CANTIDAD PROMEDIO FAMILIAS QUE USAN LA LEÑA, CILINDRO DE GAS, Y ESTUFA ELÉCTRICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS.	49
3.4. ESTUDIO DE SUELO.....	50
3.4.1. <i>Prueba y ensayo de campo del nivel Freático.</i>	50
CAPITULO 4. BALANCE DE MATERIA PRIMA QUE ABASTECERÁ AL BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE GAS, BASADO EN EL ESTUDIO ESTANDARIZADO.....	52
4.1. ESTIÉRCOL.	52
4.2. ORIN.....	53
4.3. MATERIA PRIMA PARA LA CARGA.....	53
4.4. MASA DE AGUA PARA MEZCLA.....	54
4.5. CARGA DIARIA.....	54
4.6. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN.....	55
4.7. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.....	55
4.8. VOLUMEN DEL BIODIGESTOR.....	56
4.8.1. <i>Volumen del gas y la mezcla (agua-estiercol).</i>	56
4.8.2. <i>Dimensiones para el diseño del biodigestor.</i>	57
4.8.2.1. <i>Sistema de fermentación</i>	57
4.8.2.2. <i>Sistema de carga del biodigestor</i>	58
4.8.2.3. <i>Sistema de descarga del biodigestor</i>	59
4.8.2.4. <i>Depósito del fertilizante biol.</i>	59
CAPITULO 5. PLANOS TÉCNICOS PARA DISEÑO DE BIODIGESTOR EN HERRAMIENTA CAD 3D (SOLIDWORKS).	60
5.1. BIODIGESTOR.....	60
5.1.1. <i>Diseño de tapas para el biodigestor.</i>	64
5.1.1.1. <i>Tapa para el sistema de carga.</i>	64

5.1.1.2. Tapa en hierro para el sistema de carga.	65
5.1.1.3. Tapa superior en hierro para el sistema de fermentación.....	66
5.1.1.4. Tapa para el sistema de descarga.	68
5.2. DEPOSITO DEL BIOFERTILIZANTE.	69
5.2.1. Tapa del deposito biofertilizante.	70
5.3. GALPÓN DE CERDO.	71
5.4. ESTRUCTURA PARA EL TANQUE ELEVADO.	74
5.5. TUBERIA Y ACCESORIOS PARA EL BIODIGESTOR.	75
5.5.1. Rejilla para drenaje del Biol.....	75
5.5.2. Tuberia y accesorios PVC Sanitaria.....	75
5.6. TUBERIA, ACCERORIOS PARA GAS Y OTROS.	76
5.7. ENSAMBLE DE BIODIGESTOR.....	78
CAPITULO 6. COSTOS DE INVERSIÓN DEL BIODIGESTOR PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	83
CAPITULO 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	94
DIAGNÓSTICO FINAL.	96
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIA.....	99
APÉNDICES.....	101

Lista de tablas

TABLA 1. MATRIZ DOFA	19
TABLA 2. ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA.....	23
TABLA 3. TIEMPO DE RETENCIÓN EN DÍAS REPORTADO POR VARIAS FUENTES.....	29
TABLA 4. COMPOSICION DEL BIOGÁS	35
TABLA 5. UTILIZACIÓN DE GAS Y CONSUMOS PARA ALGUNOS GASODOMÉSTICOS.....	37
TABLA 6. CENSO Y TOMA DE COORDENADAS EN EL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL CESAR	44
TABLA 7. POBLACION DE EDADES	48
TABLA 8. CANTIDAD PROMEDIO DEL USO DE LEÑA, CILINDRO DE GAS Y ESTUFA ELECTRICA POR FAMILIAS.....	49
TABLA 9. VALORES Y CARACTERÍSTICAS DEL ESTIÉRCOL DE ALGUNOS ANIMALES.	52
TABLA 10. COSTOS DE INVERSIÓN DEL BIODIGESTOR.....	83
TABLA 11. CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES.	94

Lista de figuras

FIGURA 1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA GESTIPRO LTA.....	18
FIGURA 2. TIEMPO DE RETENCIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA.....	29
FIGURA 3. MODELO CHINO.	33
FIGURA 4. MODELO INDIO.	34
FIGURA 5. MODELO HORIZONTAL.....	34
FIGURA 6. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE BIOGÁS	38
FIGURA 7. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL CESAR.	43
FIGURA 8. DISTANCIA RECORRIDA DE CURUMANÍ CESAR HASTA GUAIMARAL.....	43
FIGURA 9 PORCENTAJE DE POBLACION DE EDADES	48
FIGURA 10. PIEZA BASE BIODIGESTOR	60
FIGURA 11. VISTAS: FRONTAL, LATERAL DERECHA, Y SUPERIOR BIODIGESTOR.	61
FIGURA 12. VISTA POR SECCIONES DE BIODIGESTOR.	62
FIGURA 13. DIMENSIONES DE LINEAS OCULTAS DE BIODIGESTOR.	63
FIGURA 14. TAPA PARA EL SISTEMA DE CARGA.....	64
FIGURA 15. VISTA DE DETALLE TAPA SISTEMA DE CARGA - VARILLA 3/8”	64
FIGURA 16. TAPA EN HIERRO PARA EL SISTEMA DE CARGA.	65
FIGURA 17. ANGULO EN HIERRO.	66
FIGURA 18. EMPAQUE DE CAUCHO.....	66
FIGURA 19. LAMINA EN HIERRO PARA TAPA DEL SISTEMA DE FERMENTACION.....	67
FIGURA 20. TORNILLO, TUERCA Y ARANDELA.....	67
FIGURA 21. VISTA DE DETALLE TAPA SISTEMA DE FERMENTACION – VARILLA 3/8”	68
FIGURA 22. TAPA PARA EL SISTEMA DE DESCARGA.....	68
FIGURA 23. VISTA DE DETALLE TAPA SISTEMA DE DESCARGA – VARILLA 3/8”	69
FIGURA 24. DEPOSITO DE BIOFERTILIZANTE.....	69
FIGURA 25. VISTA DE SECCIÓN (A-A) DEPOSITO BIOFERTILIZANTE.....	70
FIGURA 26. VISTAS DE TAPA DEPOSITO BIOFERTILIZANTE (SUPERIOR, LAT. DERECHO, FRONTAL). 70	
FIGURA 27. VISTAS DE DETALLE TAPA DEPOSITO BIOFERTILIZANTE – VARILLA 3/8”	71
FIGURA 28. GALPÓN DE CERDO.....	71
FIGURA 29. VISTA FRONTAL, LATERAL Y SUPERIOR DEL GALPÓN DE CERDO.....	72

FIGURA 30. VISTA DE SECCIÓN (A-A) GALPÓN DE CERDO.	73
FIGURA 31. ESTRUCTURA PARA TANQUE ELEVADO.....	74
FIGURA 32. REJILLA PARA DRENAJE DEL BIOL.	75
FIGURA 33. TUBERIA PVC SANITARIA DE 2" Y 3".	75
FIGURA 34. MANÓMETRO DE 150 PSI, REGULADOR DE GAS Y DEPÓSITO DE GAS.	76
FIGURA 35. ACCESORIOS Y TUBERIA GALVANIZADA DE ½ PULG PARA EL GAS.	76
FIGURA 36. TUBERIA Y TERMINAL PE AL PE DE ½" PARA GAS.	77
FIGURA 37. ESTUFA ECOLÓGIA.....	77
FIGURA 38. ENSAMBLE BIODIGESTOR VISTA LATERAL IZQUIERDA.	78
FIGURA 39. ENSAMBLE BIODIGESTOR VISTA FRONTAL.	79
FIGURA 40. CONEXIÓN ESTUFA AL BIODIGESTOR.	80
FIGURA 41. CONEXION DE TUBERIA DE GAS.	81
FIGURA 42. ENSAMBLE DE BIODIGESTOR CON TODOS SUS COMPONENTES.....	82

Lista de fotografías

FOTOGRAFÍA 1. GEORREFERENCIACIÓN LUGAR DE LA MUESTRA DEL NIVEL FREÁTICO.....	50
FOTOGRAFÍA 2. GEORREFERENCIACIÓN DE LA MUESTRA	50
FOTOGRAFÍA 3. LUGAR DE LA MUESTRA	51
FOTOGRAFÍA 4. PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN DE LA MUESTRA.....	51

Lista de apéndices

APÉNDICE 1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	101
---	-----

RESÚMEN

El proyecto contempla el diseño de un sistema fermentador anaerobio, por medio de un biodigestor; para la producción de biogás, y otros factores como bioabono fertilizante y la cría de cerdos dentro de un galpón, que sirven como medio para el desarrollo de proyectos productivos y agroindustriales, en el corregimiento de Guaimaral Municipio de Curumani Cesar. Un biodigestor puede ser diseñado para eliminar todo el estiércol producido en una granja de cerdos, o herramientas de saneamiento básico en un hogar. Otro sería el de proveer horas de combustión en una cocina a una familia y puede usarse con el fin de producir abono fertilizante para las plantas. Dentro de las actividades se optó por realizar un censo y/o georreferenciación a través de un dispositivo gps, para la divulgación del uso de combustible en la cocción de los alimentos; además, un diagnóstico que incluya estudios de caracterización de suelo, para determinar el nivel freático y el costo de inversión de esta nueva tecnología. El cual servirá de base para la promoción del uso de las energías renovables.

Con el desarrollo de este tipo de proyectos se logra que las energías renovables tengan una mayor participación en la satisfacción de las necesidades energéticas del mismo, contribuyendo así a su desarrollo sostenible, la reducción del incremento de los gases de efecto invernadero y la mitigación de los efectos adversos del cambio climático mundial.

INTRODUCCIÓN

El biodigestor es una alternativa sencilla y práctica que sirve para aprovechar los desechos orgánicos que se producen en las zonas rurales. El proceso permite convertir el estiércol porcino y algunos productos agrícolas en gas metano, para la cocción de alimentos y en abono para los cultivos, contribuyendo en la economía familiar, al bajar los costos de producción mejorando el ambiente con la disminución de estos gases. En consecuencia estos gases de efecto invernadero como el metano, dióxido de carbono son perjudiciales para la salud y causan daños en la capa de ozono esto puede provocar que la temperatura media terrestre aumente. Si esta situación se mantiene en el tiempo, se produce lo que denominamos calentamiento global y cambio climático; por consiguiente se deterioran las condiciones de vida las personas y se pone en riesgo los ecosistemas y las especies.

Existen diferentes tipos de biodigestores; varían según los desechos a tratar, condiciones del terreno, etc. Aquí se describe el diseño de un sistema biodigestor “continuo cilíndrico vertical”, donde el tratamiento de éste recurso natural, será procesado dentro del biodigestor ya que tiene el potencial de impactar el suelo, el aire y los recursos hídricos, y se usará como materia prima que alimentará el biodigestor y nos proporcionará grandes beneficios aportándonos excelentes cantidades de biogás y fertilizante biol como abono orgánico natural para mejorar la producción agrícola.

CAPÍTULO 1. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE UN BIODIGESTOR EN LA PRODUCCIÓN DE GAS PARA COCINAS ESCOLÓGICAS, A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS POR ANIMALES DE GRANJA PORCINA, EN EL CORREGIMIENTO DE GUIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR.

1.1. DESCRIPCIÓN BREVE DE LA EMPRESA.

Las principales actividades desarrolladas por GESTIPRO LTDA, son las de prestar servicios que van encadenados con la formulación, gestión, ejecución y evaluación de planes, programas y proyectos de ingeniería e infraestructura institucional, económica y social; estudios, diseños, consultorías, interventorías y ejecución de proyectos arquitectónicos y urbanísticos, saneamiento básico e impacto ambiental; formulación, gestión evaluación e interventorías de planes, programas y proyectos asociativos, productivos y empresariales; consultorías y asesorías en asuntos concernientes a la gerencia publica y empresarial, así como la gestión administrativa financiera y contable; administración y recuperación de cartera a entidades públicas y privadas; diseños, consultorías, ejecución y evaluación e interventorías de proyectos geológicos-mineros, geotécnicos, eléctricos, obras civiles y topográficos, interventorías de planes, programas y proyectos de gobernabilidad, participación ciudadana y comunitaria, formulación, gestión, ejecución y evaluación de planes, programas y proyecto de desarrollo fronterizo; formulación y gestión de proyectos de cooperación internacional; suministro de bienes, útiles, materiales, equipos e implementos que satisfagan objetivos institucionales, sociales, exportación e importación de bienes comercializables.(GestiproLtda)

1.1.1. Misión

Somos una empresa dedicada a la generación de servicios de interventorías, asesorías, consultorías y/o gestión, diseño, formulación y/o ejecución de proyectos que apunten hacia un marco de desarrollo sostenible y/o programas relativos al progreso de las comunidades, dentro

del marco de conciencia medio ambiental, proporcionando valor a nuestros clientes al permitirles adquirir tecnologías alternativas, como enfoque básico de su propio proceso de generación de valor. Nuestros servicios abarcan una amplia variedad, tal que podamos proporcionar a cualquier profesional u organización lo que podría requerir para implantar y obtener provecho de sus proyectos.(GestiproLtda)

1.1.2. Visión

Ser líderes en proporcionar los servicios de interventorías, asesorías, consultorías y/o gestión, diseño, formulación y/o ejecución de proyectos, con la más alta calidad. nuestros servicios son diseñados y desarrollados para satisfacer al cliente más exigente. asumimos el compromiso de proyectar la imagen de una empresa altamente competitiva y reconocida en los ámbitos local regional nacional e internacional, por su responsabilidad ética y social.(GestiproLtda)

1.1.3. Objetivos de la empresa

Gestipro Ltda. tiene como objetivos principales: diseñar e implementar paquetes de servicios integrales de asesoría, consultoría, interventoría y acompañamiento de proyectos. además de ser principalmente una empresa asesora y consultora, Gestipro Ltda. es una empresa de inspección, auditoria y una entidad de capacitación.

Asesorar y ofrecer servicios en la identificación, formulación, gestión, ejecución, evaluación, seguimiento proyectos productivos y de inversión social. Asesorar la consecución de recursos por cooperación internacional para apoyar proyectos dirigidos a las comunidades vulnerables.

Asesorar y ofrecer servicios en la identificación, formulación, gestión, administración, ejecución, diseño de programas de seguimiento, interventorías y gerencia de proyectos económicos,

sociales, ambientales y saneamiento básico, culturales, infraestructura física (proyectos de vivienda de interés social, vías primarias, secundarias y terciarias).(Gestipro Ltda.)

1.1.4. Descripción de la estructura organizacional

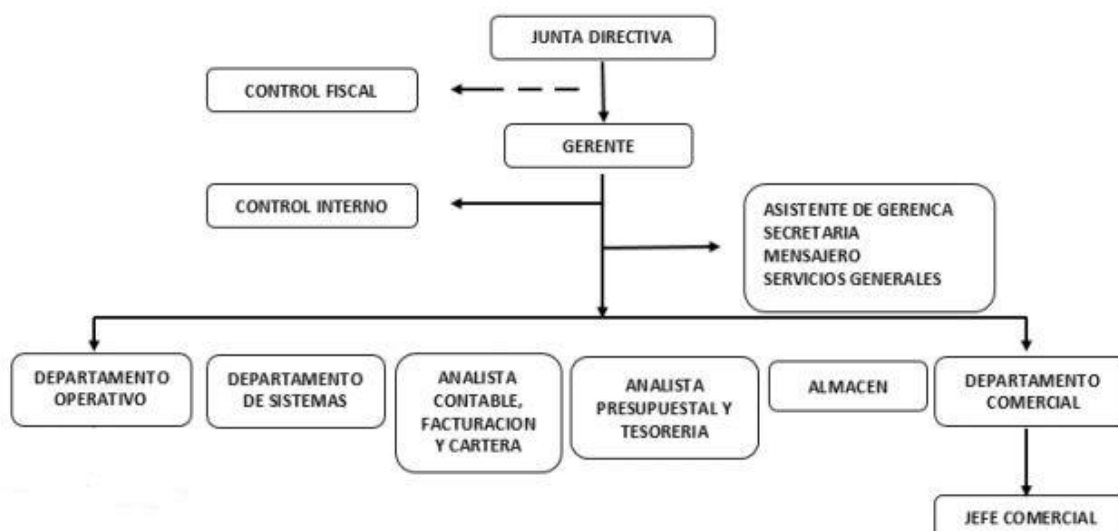


Figura 1. Organigrama de la empresa Gestipro Ltda.

Fuente: (Gestipro Ltda.)

1.1.5. Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado

La Empresa GESTIPRO SOCIEDAD LIMITATADA LTDA. de Valledupar, Cesar, dentro de su estructura organizacional no cuenta con un Departamento de Gestión Ambiental, sin embargo se encuentran delegadas funciones bajo el cargo del Ingeniero Civil Gonzalo Cervantes Padilla como parte del proceso de control ambiental de la empresa Gestipro Ltda. El área de control ambiental es de vital importancia para la empresa encargándose de las funciones en materia ambiental, solucionando los impases que se puedan presentar siendo líder en la innovación de proyectos que aportan a la mitigación de los impactos negativos causados

emisiones de gases invernadero como el dióxido de carbono. O2- Podrá evitar los peores impactos del calentamiento global. O3- Fuente receptora e incentiva la investigación para la región. O4- Si existe la estabilidad política y el crecimiento económico combinado con la creciente preocupación por la seguridad de la energía y el cambio climático entonces genera las condiciones propicias para su evolución (sites.google).	F3+O2+O3-Dentro de los estudios concerniente el biodigestor es un sustituto excelente del gas natural, al igual del empleo de la leña, teniendo en cuenta las normas ambientales vigentes, se podrá evitar los peores impactos del calentamiento global siendo esta una fuente receptora que incentiva la investigación para la región. F1+O4- Nuevas tecnologías y programas que permitan un mejor tratamiento de los recursos naturales obteniendo, a través del Biodigestor casero, energía, abono para los cultivos y reduce la contaminación ambiental, con el tratamiento de los residuos orgánicos de los animales en el corregimiento de Guaimaral, del municipio de Curumani, Cesar. Si existe la estabilidad política y el crecimiento económico combinado con la creciente preocupación por la seguridad de la energía y el cambio climático entonces generará las condiciones propicias para su evolución.	Permitir mejores tratamientos y generar más estudios que contribuyan a un equilibrio dinámico y así lograr reducir el impacto del calentamiento global. D2+O1-Para el Biodigestor, si su almacenamiento no es continuo entonces dejara de producir gas ya que el biodigestor es un sistema sostenible y con bajas emisiones de carbonos biomasa, puede proporcionar una fracción significativa de energía renovable que necesitamos para reducir nuestra emisiones de gases invernadero como el dióxido de carbono. D4+D3+O1- Dentro de los parámetros de temperatura puede o no beneficiar la producción de gas y El proceso de puritrificación del material orgánico no sería efectivo y puede ser muy lento prolongando su tiempo a más de 12 días para su descomposición total. Pero proporciona un desarrollo en las zonas rurales siendo éste un recurso renovable, con bajas emisiones de carbonos biomasa. Y así concientizar a las personas para que coadyuven en la implementación de mecanismos ambientales
---	--	---

		de la misma.
AMENAZAS	FA	DA
1- Desequilibrio y cambio de los parámetros de calidad. A2- Es satisfacer cada vez mayor demanda de energía y al mismo tiempo reducir su impacto ambiental. A3- Si no se desarrolla adecuadamente, la Biomasa no podrá aportar las cantidades creciente de Biopoder. A4- El clima puede provocar problema para no llevar a cabo el prototipo. A5- El mal manejo de la biomasa puede generar proliferación de enfermedades (sites.google).	F1+A1+A2+A3- Darle un enfoque a las comunidades rurales al tratamientos de recursos naturales mediante un Biodigestor casero, y tendremos como resultado, energía, abono para los cultivos, gas metano CH₄ y reduce la contaminación ambiental. Pero el Desequilibrio y los cambio de parámetros de calidad, y la satisfacción de las necesidades que proporcionan mayor demanda de energía, sino se desarrolla adecuadamente este sistema, la Biomasa no podrá aportar las cantidades creciente de Biopoder y suplir dicha necesidad en la región. F1+F2+A4+A5- A través de la implementación de este sistema biodigestor casero obtendremos la recuperación, del medio ambiente, sin embargo existen variable que se oponen al desarrollo de este prototipo, entre ellas tenemos la temperatura ambiente y El mal manejo de la Biomasa, que puede generar proliferación de enfermedades.	D1+A1- al Implementar Programas de Optimización en Sistemas Biodigestores, no tendríamos problemas al momento de Producir Gas CH₄ metano. Ya que Si sobrepasa la cantidad de agua que se requiere para producirlo, esta alterará el periodo de producción, y se incrementará notablemente el lapso de tiempo en el que produzca el gas metano. De igual manera lograr un mejoramiento en el desequilibrio en los parámetros de calidad.

Fuente: Pasante

1.2.1. Planteamiento del problema.

La falta de un combustible económico y de fácil acceso en las zonas rurales de nuestro país, es bastante evidente, obligando esto a que los habitantes de estas zonas obtén como mejor opción la quema de madera para realizar tanto la cocción de los alimentos como medio para desarrollar sus actividades económicas, afectando de esta forma al medio ambiente, o desperdiciando

recursos económicos en combustibles de alto costo, es por esta razón que se ha optado por desarrollar un biocombustible amigable con el medio ambiente y con la economía que puedan dar uso a este, reutilizando los desechos orgánicos que en zonas rurales pueden llegar a ser abundantes. La problemática ambiental del corregimiento de Guaimaral, Municipio de Curumani Cesar es excesiva por que no cuenta con un servicio de gas natural, esto se vuelve muy perjudicial porque, afecta directamente el bienestar de la población, en la salud y la economía; las personas que habitan el corregimiento no cuentan con una unidad biodigestora en su lugar de residencia que les permita suplir sus propias necesidades domésticas, aprovechando los recursos naturales de su región.

1.3. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA.

1.3.1. General.

Diseñar un biodigestor anaeróbico en la producción de gas para cocinas ecológicas, a partir de desechos orgánicos producidos por animales de granja porcina, para la cocción de los alimentos, en el corregimiento de Guaimaral Municipio de Curumaní Cesar.

1.3.2. Específicos.

- Identificar el funcionamiento de un biodigestor para lograr mayores eficiencias en el tratamiento de la mezcla de residuos orgánicos.
- Especificar la capacidad de producción de gas del biodigestor, teniendo en cuenta sus variables para su respectivo diseño.
- Determinar las características adecuadas de diseño y el presupuesto del biodigestor para la obtención de biogás.

1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA.

Tabla 2. Actividades a desarrollar en la misma

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR
Diseñar un biodigestor anaeróbico en la producción de gas para cocinas ecológicas, a partir de desechos orgánicos producidos por animales de granja porcina, para la cocción de los alimentos, en el corregimiento de Guaimaral Municipio de Curumaní Cesar.	Identificar el funcionamiento de un biodigestor para lograr mayores eficiencias en el tratamiento de la mezcla de residuos orgánicos.	FASE 1 - ¿Qué es un biodigestor? - Componentes de un biodigestor. - Características de un biodigestor. - Tipos de biodigestores. - Producción y conducción de biogás. - Consumo. - Generalidades del proceso para la producción.
	Especificar la capacidad de producción de gas del biodigestor, teniendo en cuenta sus variables para su respectivo diseño.	FASE 2 -Toma y recolección de información del corregimiento de Guaimaral, por medio de un formato de Censo Gestipro Ltda. y un dispositivo GPS. - Cantidad promedio del consumo de gas por familia de la población de Guaimaral Cesar. -Balance de materia prima que abastecerá al biodigestor para la producción de gas, basado en el

		estudio estandarizado. -Cálculo de la capacidad del tanque.
	Determinar las características adecuadas de diseño y presupuesto del biodigestor para la obtención de biogás.	FASE 3 -Dibujo del diseño en herramienta CAD (solidwork). - Analizar el costo de inversión del Biodigestor.

Fuente: Pasante

CAPITULO 2. ENFOQUES REFERENCIALES.

2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL.

2.1.1. *Digestion anaeróbica.*

El tratamiento anaerobio es un proceso microbiológico en ausencia de oxígeno, en el que la materia orgánica se transforma por acción de microorganismos en biogás y bioabono (YANK, MARTINA, CORACE, & AEGERHARD, 2009); en él se implica la realización de una serie de reacciones bioquímicas donde participan microorganismos, de los cuales una parte son oxidados completamente por el carbono formando anhídrido carbónico, mientras otra es reducida en alto grado para formar metano (GUEVARA V., 1996). El proceso anaeróbico ocurre en cuatro etapas (VARGAS P., 2006), hidrólisis, acidogénesis, acetanogénesis, y metanogénesis, las cuales son descritas a continuación (RAMÓN, ROMERO, & SIMANCA, 2006):

2.1.1.1. *Hidrólisis.*

En esta etapa, los substratos complejos (celulosa, proteína, lípidos) son hidrolizados en compuestos solubles (azúcares, aminoácidos y grasas) por la acción de enzimas extracelulares de las bacterias.

2.1.1.2. *Acidogénesis.*

En esta etapa, los compuestos solubles son fermentados a ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, butírico), alcoholes hidrogeno y CO₂. Esta etapa se conoce también como fermentativa. Es decir, es un periodo de producción intensiva de ácidos, que se inicia con los alimentos y compuestos de más fácil descomposición, como las grasas, donde hay una alta producción de dióxido de carbono (CO₂), ácido sulfhídrico (H₂S), ácidos orgánicos y

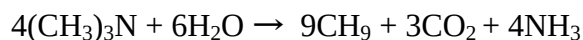
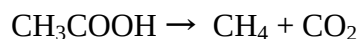
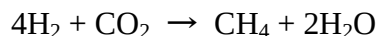
bicarbonatos; su pH se encuentra en la zona ácida, con valores entre 5.1 y 6.8 (GUEVARA V., 1996).

2.1.1.3. Acetanogénesis.

Esta etapa ocurre cuando las bacterias acetogénicas oxidan el ácido propiónico y el butírico hasta acético e hidrógeno, que son los verdaderos substratos metanogénicos. Es decir, es un periodo donde se producen ataques a los ácidos orgánicos y compuestos nitrosos, en pequeñas cantidades hay producción de dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno e hidrógeno, bicarbonatos y de compuestos amoniacales; se caracteriza por presentar mal olor debido a la presencia de ácido sulfhídrico (H_2S), flotación de gran parte de sus sólidos, y un pH aún en la zona ácida con valores entre 6.6 y 6.8 (GUEVARA V., 1996).

2.1.1.4. Metanogénesis.

En esta etapa, los últimos compuestos son tomados dentro de las células bacteriales metanogénicas convirtiéndolos en metano y excretándolo fuera de la célula. Este es un periodo de digestión intensiva, de carácter de fermentación alcalina, en el cual hay una digestión de las materias resistentes, de las proteínas, de los aminoácidos, y de la celulosa; se caracteriza por la producción de sales de ácidos orgánicos y volúmenes de gas, en una mezcla donde hay un alto porcentaje de metano, y el resto corresponde a dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno. Como características del material digerido, están el olor a alquitrán, hay pequeñas cantidades de sólidos flotantes, y el pH se ubica en la zona alcalina, con valores entre 6.9 y 7.4 (GUEVARA V., 1996). Las bacterias metanogénicas sólo pueden usar un número limitado de sustratos para la formación de metano, éstos son CO_2 , H_2 , acetato, metanol, metilamina, y monóxido de carbono; las reacciones de conversión más usuales en la producción de energía que involucran estos compuestos son (MÁRQUEZ K., 2005):



2.1.2. Características del biodigestor.

El digestor es el componente del sistema de biogás que optimiza naturalmente el crecimiento y proliferación de un grupo de bacterias anaerobias que descomponen y tratan los residuos dejando como subproducto gas combustible y un efluente líquido rico en nutrientes y materia orgánica estabilizada. La elección de cual digestor utilizar, está condicionada inicialmente por la temperatura y las características del sistema de manejo de residuos existente o que se planea instalar el cual determina el método de carga del digestor (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.2.1. Temperatura.

La temperatura es uno de los principales factores que afectan el crecimiento de las bacterias responsables de la producción de biogás. La producción de biogás puede ocurrir en cualquier sitio que se encuentre en el rango de temperatura de 4 °C a 68 °C. A medida que la temperatura aumenta, la tasa de producción de gas también se incrementa, y por ende disminuye el tiempo de retención de la materia orgánica dentro del digestor. En algunos casos se hace necesario implementar un sistema de calor suplementario para mejorar el rendimiento del proceso (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.2.2. Método de carga.

El no cargar un digestor por una semana puede conducir a una pérdida en la producción de biogás. Más importante aún es que el cargar el digestor en intervalos irregulares puede interrumpir el proceso

biológico y causar que el sistema trabaje ineficientemente o hasta detenerlo completamente. Por lo tanto, muchos digestores son diseñados para ser cargados diariamente. Con cargas continuas y descargas de material del sistema, las bacterias trabajan eficientemente y se procesan grandes cantidades de residuos.

La recolección diaria de residuos es también eficiente en términos de conservar los valores de nutrientes del residuo y preservar su potencial producción de gas. Cualquier descomposición de material orgánico fuera del digestor reducirá la producción de biogás, por lo tanto, es mejor cargar residuos frescos al digestor. Si no se recolectan diariamente residuos, debe considerarse la opción de convertirse a esta práctica (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.2.3. Tiempo de retención.

Esta variable depende de la temperatura ambiente y junto con la carga del digestor determinan las dimensiones del sistema. La Figura 2 presenta el tiempo de retención en días en función de la temperatura ambiente. Es importante resaltar que no existe un criterio unificado para obtener el tiempo de retención, por tanto, fue necesario realizar un ejercicio de simulación de la variación del tiempo de retención, con los datos de temperatura reportados por varias fuentes. La distribución de estos datos genera una curva cuya tendencia logarítmica permite obtener el valor aproximado de los días de retención necesarios para que el proceso sea completo en un biodigestor para una temperatura establecida. Nótese que el coeficiente de correlación entre la temperatura y el tiempo de retención es de 0.88, el cual, aunque no es el óptimo, permite obtener tiempos de retención con mayor precisión que con los datos que reporta la literatura de manera independiente en la Tabla 3 (ENERGÉTICA, 2003).

Tabla 3. Tiempo de retención en días reportado por varias fuentes.

Temperatura °C	BRITISH BIOGEN	EPA	GTZ	IIT	CIPAV	CONICIT
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	100	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	40	ND	ND	ND
25	ND	ND	ND	ND	50	ND
28	ND	ND	ND	30	ND	ND
30	30	ND	ND	ND	40	30
35	15	20	20	ND	30	20
40	ND	15	ND	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	ND	ND	ND
50	14	ND	8	ND	ND	ND
55	12	ND	ND	ND	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: (ENERGÉTICA, 2003)

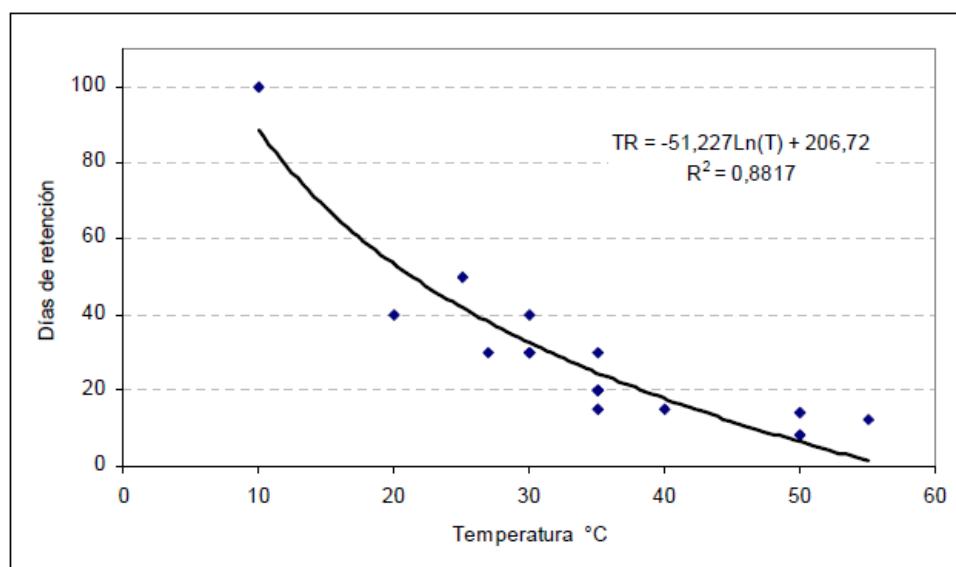


Figura 2. Tiempo de retención en función de la temperatura

2.1.2.4. El pH.

El PH de la materia prima indica si el proceso de digestión se lleva a cabo en condiciones adecuadas. Las bacterias responsables del mecanismo de producción de biogás son altamente

sensibles a cambios en el pH, permiten un rango de variación entre 6 y 8 unidades de pH, teniendo como óptimo un pH de 7 a 7,2 (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.2.5. Relación carbono nitrógeno C/N.

Si la relación C/N es alta, el nitrógeno será consumido rápidamente por las bacterias metanogénicas para formar proteínas y no reaccionará con el material restante, por tanto la producción de gas será alta. De otra parte, si dicha relación es muy baja, es decir, donde el nitrógeno sea abundante, el nitrógeno será liberado y acumulado en forma de amoníaco, el cual incrementara el pH de la carga en el digestor. Un pH mayor que 8.5 comenzará a mostrar efectos tóxicos en la población de bacterias metanogénicas. Los materiales con una relación C/N alta pueden mezclarse con aquellos de baja relación C/N para dar la relación promedio deseada a la carga, que es de 20 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.2.6. Nivel freático.

El nivel freático se conoce como el nivel superior de la zona freática a presión atmosférica. El nivel freático puede encontrarse a muy diferentes profundidades, dependiendo de las circunstancias geológicas y climáticas, desde sólo unos centímetros hasta decenas de metros por debajo de la superficie (Emet, 2007).

2.1.3. ¿Qué es un biodigestor?

Los biodigestores, conocidos también como plantas (productoras o de producción) de biogás, son recintos o tanques cerrados donde la materia orgánica y el agua residual permanecen un periodo de tiempo para lograr su descomposición produciendo biogás y bioabono (YANK, MARTINA, CORACE, & AEERHARD, 2009).

2.1.4. Componentes de un biodigestor.

Los elementos comunes de los biodigestores que garantizan su correcto funcionamiento son (Sallas, 2014):

2.1.4.1. Cámara de digestión.

Es la parte central del biodigestor o fermentador. Aquí ocurren los procesos bioquímicos que transforman la carga o materia orgánica alimentada en biogás y bio-abonos. Puede ser de ladrillo, hormigón, hormigón armado, plástico u otro material que asegure las condiciones requeridas de resistencia e impermeabilidad.

2.1.4.2. Cámara de gas o gasómetro.

Es la parte del sistema donde se almacena el biogás producido durante la fermentación, por lo que debe construirse a prueba de fugas.

2.1.4.3. Alimentación o entrada de la materia orgánica (sistema de carga).

Permite la alimentación del biodigestor. En algunos casos se diseña para permitir la homogenización del material de carga, y a la vez se pueda realizar el control de sólidos totales y pH del sustrato; de lo contrario, debe contarse con un tanque de metal o de plástico de 200 litros donde se mezclará la materia orgánica con el agua, permitiendo además la eliminación de los sólidos que floten, los que pueden obstruir el tubo de entrada del biodigestor o causar problemas de funcionamiento del sistema.

2.1.4.4. Salida del efluente (sistema de descarga).

Su función es garantizar la descarga del líquido (biol) o de los lodos digeridos (biol) para su posterior utilización como abonos orgánicos. Debe estar más abajo del nivel de carga, para facilitar su salida por diferencia de presión hidráulica.

2.1.5. Tipos de biodigestores.

2.1.5.1. Biodigestores discontinuos.

Los biodigestores discontinuos o por lotes son contenedores cerrados que una vez cargados no permiten extraer o añadir más sustratos hasta que finalice el proceso completo de biodegradación y producción de biogás. En otras palabras, el proceso finaliza cuando no se produce más biogás.

Estos tipo de digestores admiten mayor carga de materiales poco diluidos, por lo que el requerimiento de agua es menor que en los sistemas continuos. Otro aspecto a favor es que no son afectados por presencia de material pesado como tierra o arena.

Al principio y al final del proceso la producción de biogás es marcadamente menor; Lo cual se debe a la carencia de condiciones óptimas para los microorganismos anaeróbicos al inicio y posteriormente al agotamiento de los nutrientes para los mismos. (Energia, 2010)

2.1.5.2. Biodigestores Semi-continuos.

Estos biodigestores son alimentados diariamente con una carga relativamente pequeña en comparación al contenido total; Ésta se deposita en la cámara de carga, e igualmente se debe extraer de la cámara de descarga un volumen igual del efluente líquido para así mantener el volumen constante. Generalmente producen biogás casi permanentemente, gracias al suministro constante de nuevos nutrientes para las comunidades de bacterias. Una limitante importante es la disponibilidad de agua, debido a que la carga debe ser una mezcla de una parte del material orgánico y cuatro partes de agua (Energia, 2010).

2.1.5.3. Biodigestores de mezcla completa.

La característica que define a este tipo de biodigestores es que la carga añadida periódicamente se mezcla casi en su totalidad con el contenido ya presente en cámara de digestión. Como resultado, parte del material sin biodegradar sale en el efluente, lo cual evita que se pueda garantizar la

eliminación total de agentes causantes de enfermedades en plantas y animales, así como de semillas de plantas arvenses malezas (Energia, 2010).

2.1.5.3.1. Modelo Chino.

Es originado en China y consiste en una estructura cerrada con cámaras de carga y descarga que puede ser construida de concreto armado o ladrillos. Tienen una larga vida útil (mayor a 15 años) con un adecuado mantenimiento. Sin embargo, el relativo alto costo que representa la construcción de este modelo hace que no se haya popularizado en países latinoamericanos tanto como otros diseños (Energia, 2010).

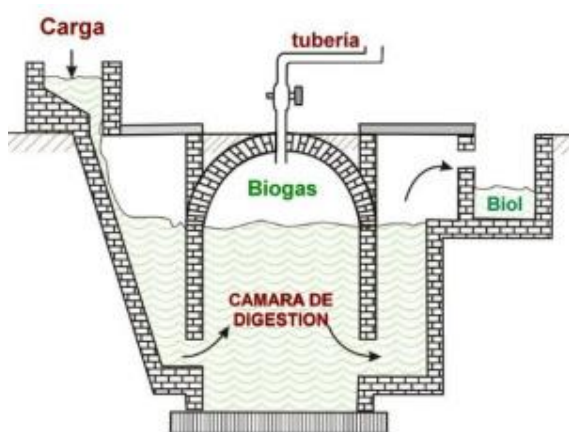


Figura 3. Modelo Chino.

Fuente: (Energia, 2010)

2.1.5.3.2. Modelo Indio.

También llamado de domo flotante, en su parte superior presenta una campana o domo que se mantiene flotando en el líquido a causa del biogás que retiene en su interior. El domo puede ser de metal o preferiblemente de un material resistente a la corrosión como los plásticos reforzados. Esta campana sube y baja dependiendo del volumen de gas que contiene y por esto requiere una varilla guía central o rieles laterales que eviten el rozamiento contra las paredes de la estructura (Energia, 2010).

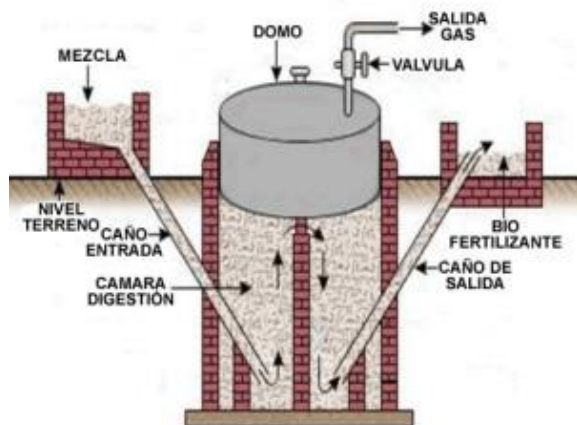


Figura 4. Modelo Indio.

Fuente: (Energia, 2010)

2.1.5.3.3. Modelo horizontal de bajo costo.

Los biodigestores familiares de bajo costo, populares en países en vías de desarrollo, son fáciles de implementar ya que se fabrican con grandes bolsas de polietileno tubular. Suelen situarse dentro de una especie de trinchera y su periodo de vida útil son unos cinco años. Además de los modelos comunes descritos en este documento, existen otros con variaciones de todo tipo; Variaciones en forma, tamaño, continuidad del afluente y materiales de construcción (Energia, 2010).

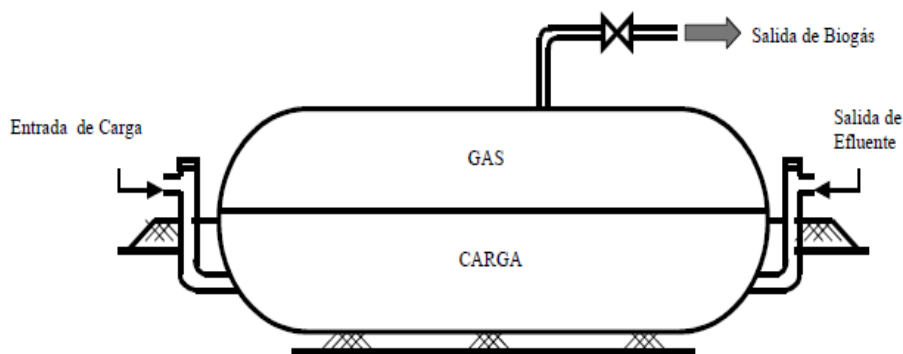


Figura 5. Modelo Horizontal.

Fuente: (ENERGÉTICA, 2003)

2.1.6. Producción y conducción de biogás.

2.1.6.1. Biogás.

Es la mezcla de gas producido por bacterias metanogénicas que transforman material biodegradable en condiciones anaerobias. Está compuesto de 60 a 80% de metano, 30 a 40% de dióxido de carbono y trazas de otros gases, como nitrógeno, ácido sulfhídrico, monóxido de carbono e hidrógeno. El biogás tiene un poder calorífico entre 4500 y 6500 kcal/ m³. El sistema de conducción de gas remueve el biogás desde el digestor y lo transporta hacia su uso final. Este sistema puede incluir: tubería, bomba de gas o turbina, medidor de gas, regulador de presión y evacuadores del condensado, en caso de ser requeridos.

Tabla 4. Composición del Biogás

Componente	Porcentaje
Metano	60 – 80
Gas Carbónico	30 – 40
Hidrógeno	5 - 10
Nitrógeno	1 - 2
Monóxido de Carbono	0 - 1.5
Oxígeno	0,1
Ácido Sulfhídrico	0 - 1
Vapor de agua	0,3
Características del Metano	
Densidad	1,09 kg/m ³
Solubilidad en agua	Baja
Presión crítica	673.1 Psia*
Temperatura crítica	82,5°C*
Poder calorífico	4500 a 6500 kcal/ m ³

Fuente: Difusión de la tecnología del biogás en Colombia, GTZ, 1987

Las plantas de Biogás utilizan casi siempre manguera o tubería de polietileno, PVC [4] debido a que estos materiales no son afectados por la acción del ácido sulfhídrico. La línea de conducción de gas irá preferiblemente enterrada o recubierta para evitar el deterioro (cristalización) por la luz solar.

De lo contrario, se colocará elevada para evitar daños físicos causados por personas o animales. (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.6.2. Válvulas.

Se utilizan mínimo dos válvulas para gas. La primera o principal irá instalada inmediatamente después del almacenamiento del biogás, al comienzo de la conducción y sobre el nivel de salida. La segunda se monta al final de la línea, en el lugar de uso. Estas válvulas, cuyo tamaño debe ser compatible con el diámetro de la tubería, deberán estar construidas en acero inoxidable, polietileno o PVC para evitar la corrosión por el ácido sulfhídrico (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.6.3. Trampas de agua.

El agua arrastrada por el gas se separa cuando la corriente encuentra en su trayectoria una expansión brusca y una contracción posterior. Para lograr este propósito será suficiente instalar sobre la línea un accesorio idéntico a las trampas de sulfhídrico, con la diferencia de que no se necesitará el relleno de material de hierro. Las trampas están provistas de un grifo de purga por donde se debe evacuar periódicamente el agua depositada en el fondo (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.6.4. Almacenamiento del biogás.

El biogás después de salir del tanque de producción es almacenado para ser utilizado cuando sea necesario, este es almacenado en un tanque adecuado o en bolsa de polietileno que son fabricada para este fin (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.7. Consumo.

Es importante anotar que la mayoría de gasodomésticos y equipos que utilizan gas, vienen diseñados de fábrica para trabajar con GLP y gas propano a alta presión, por lo que es necesario modificar el dispositivo o fisto que regula el flujo de gas. Cuando se pasa de GLP o gas propano a gas natural el orificio del fisto es ampliado, para el caso del gas proveniente de biodigestores el orificio del fisto debe ser ampliado aún más, puesto que este gas es el que menos tiene presión

y por tanto para mantener un mismo flujo se requiere un fisto con orificio de mayor diámetro. Esta operación la debe realizar un técnico con experiencia en gasodomésticos.

La utilización de gas y consumos para algunos gasodomésticos típicos se presentan en la siguiente tabla (ENERGÉTICA, 2003):

Tabla 5. Utilización de gas y consumos para algunos gasodomésticos

Equipo	Consumo de biogás en m ³ /hora
Estufa de cocina	0.150 – 0.200
Fogón para cocinar alimentos de los alimentos o frutas	0.300
Lámpara de gasequivalente a una bombilla de 60 W	0.100
Calentadores para lechones o cría de levante	0.250
Calentadores para cría de pollos	0.150
Nevera de absorción de amoníaco	
Motor biogás – diesel por b.h.p	0.420
Producción de 1 kWh de corriente eléctrica con una mezcla biogás diesel	0.700

Fuente: Difusión de la tecnología del biogás en Colombia, GTZ, 1987

2.1.8. Generalidades del proceso.

Inicialmente la carga (residuos orgánicos previamente recolectados y tratados) se adiciona al digestor por medio de un tanque de carga. La digestión anaerobia tiene lugar en el digestor (tanque sellado) el cual crea las condiciones ideales para que las bacterias fermenten el material orgánico en condiciones libres de oxígeno. Es posible que el digestor necesite de calentamiento y de agitación para lograr dichas condiciones y para que de esta manera las bacterias conviertan la materia orgánica en biogás. Durante este proceso entre el 30 y 60% de los residuos orgánicos se convierten en biogás.

El biogás producido es atrapado en la parte superior del digestor y es removido dejando una tubería por la cual sale el gas colectado. Se utiliza un medidor de gas para monitorear el flujo de gas. Algunas veces se necesita un lavador de gases para limpiar componentes corrosivos contenidos en el biogás como el ácido sulfhídrico. Ya que el espacio de almacenamiento de gas es limitado (Volumen bajo la cubierta), se utiliza un regulador de presión que controla el exceso

de presión desde la cubierta. El biogás caliente se enfría a medida que viaja a través de la tubería y que el vapor de agua en el gas se condensa. Un drenaje remueve el condensado producido.

Cuando la producción de biogás es continua este puede ser almacenado en un tanque, donde se recomienda su recolección y/o combustión; el biogás se utiliza para generar calor o electricidad o ambos.

Otro subproducto de este sistema es el efluente, el cual se puede almacenar para ser utilizado como agua para riego o fertilizante líquido.

Como se presenta en la Figura 6, un sistema de biogás se compone de los siguientes subsistemas:

- Sistema de recolección de residuos
- Digestor
- Sistema de almacenamiento del efluente
- Sistema de conducción de biogás
- Equipos o sistemas de utilización del biogás (ENERGÉTICA, 2003).

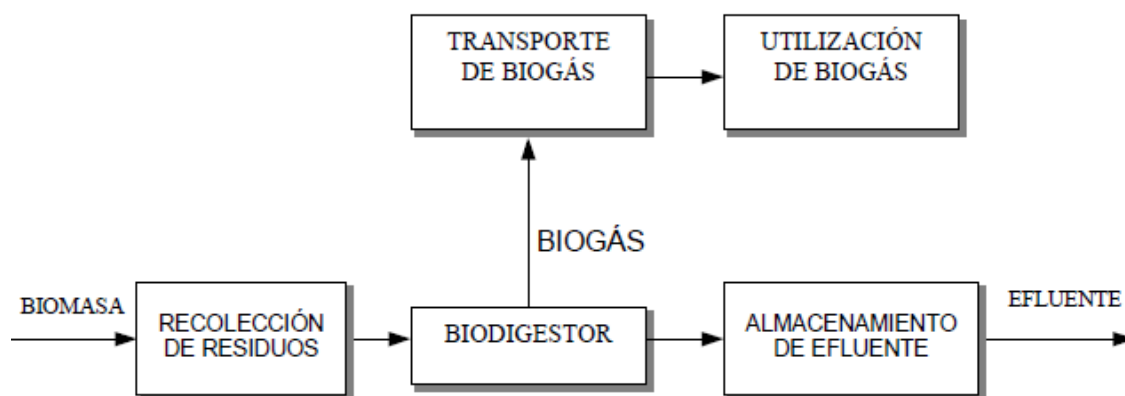


Figura 6. Componentes de un sistema de biogás

2.1.9. Condiciones de diseño y selección.

Esta sección presenta algunas condiciones que deben tenerse en cuenta para la selección preliminar de un sistema de producción de biogás (ENERGÉTICA, 2003).

2.1.9.1. Requerimientos.

Los principales requerimientos para un buen diseño de estos sistemas incluyen:

- a) El diseño debe ser simple tanto para la construcción como para la operación y mantenimiento.
- b) Materiales. Se deben utilizar materiales que estén disponibles localmente. Se debe emplear un tipo de material resistente a la corrosión, con propiedades de aislamiento efectivas.
- c) Duración. La construcción de una planta de biogás requiere cierto grado de práctica. Una planta de corta vida podría ser económicamente rentable pero puede no ser reconstruida una vez su vida útil termine. Sería necesario construir plantas más durables, pero esto puede aumentar los costos en la inversión inicial.
- d) Se deben implementar dispositivos de seguridad.
- e) Utilizar el mínimo de equipo mecánico y eléctrico.
- f) Implementar control ambiental en la disposición y uso del efluente.
- g) Un sistema de producción de biogás ideal debe ser de bajo costo tanto como sea posible (en términos del costo de producción por unidad de volumen de biogás). Particularmente y dependiendo de la escala del sistema para el diseño se tendrá en cuenta.
- h) Recepción apropiada de residuos e instalaciones de carga.
- i) Digestor, tanque de carga, dispositivos de mezcla, almacenamiento de biogás, tanque de descarga y calderas para proveer calor al digestor (si se requiere).
- j) Equipo de transporte que puede incluir tubería, válvulas, tea, descarga de calor, tubería para remover el agua condensada.

2.2. ENFOQUE LEGAL.

Las bases legales que sustentan este proyecto están contempladas en la Constitución Política de Colombia, en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y las normas internacionales que se mencionan a continuación.

2.2.1. Constitución Política de Colombia.

Artículo 71. La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y la demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades (COLOMBIA, 1991).

2.2.2. Universidad Francisco de Paula Santander.

Acuerdo 065 de 1996. El cual establece el estatuto estudiantil que es el regente actual en la institución. Artículo 140. El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

a. Proyecto de Investigación

- Monografía
- Trabajo de Investigación: Generación o aplicación de conocimientos
- Sistematización del conocimiento.

b. Proyecto de Extensión.

- Trabajo social
- Labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la Universidad.
- Pasantía
- Trabajo dirigido

PARÁGRAFO 1. El estudiante podrá optar como componente alterna al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académica o exámenes preparatorios.

PARÁGRAFO 2. Para algunos planes de estudio y de acuerdo a sus características el Consejo Académico podrá obviar la presentación del trabajo de grado.

Artículo 141. El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

- a. Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.
- b. Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.
- c. Sustentación de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto.

PARÁGRAFO. Para todas las modalidades de proyecto de grado, el estudiante deberá presentar un informe final avalado por su director.

Artículo 142. Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios.

PARÁGRAFO. La Universidad incorporará los trabajos de grado, como componente básico de su hacer y creará bancos de proyectos en los Departamentos Académicos y en la Vicerrectoría Asistente de Investigación y Extensión (SANTANDER, 1996).

2.2.3. Normas internacionales.

Protocolo De Kioto. El Protocolo de Kioto establece, reducir el total de sus emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso, comprendido entre el año 2008 y el 2012. Para cumplir con el mismo se establecieron además de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en Cada

país, y del comercio de emisiones, otros mecanismos como la Aplicación Conjunta (AC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Tras la ratificación por parte de Rusia en septiembre de 2004 el Protocolo de Kioto se convierte en Ley internacional. Este mecanismo ofrece a los gobiernos y a las empresas privadas de los países industrializados la posibilidad de transferir tecnologías limpias a países en desarrollo, mediante inversiones en proyectos de reducción de emisiones o sumideros, recibiendo de esta forma certificados de emisión que servirán como suplemento a sus reducciones internas.

Un proyecto en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL o CDM en inglés) es un proyecto de reducción de emisiones o secuestro de carbono que se lleva a cabo en un país en desarrollo (Unidas, 1998).

CAPITULO 3. TOMA Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANÍ CESAR.

3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.



Figura 7. Ubicación geografica del corregimiento de Guaimaral Cesar.

Geográficamente Guaimaral es un corregimiento ubicado en el Departamento del Cesar en jurisdicción rural del municipio de Curumani. Se localiza a 15,4 km del casco urbano con una temperatura promedio de 35°C y una altura de 34 msnm. (Cesar, 2008)

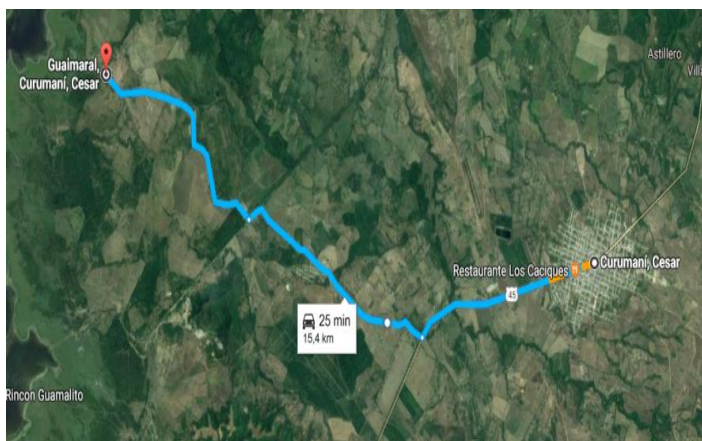


Figura 8. Distancia recorrida de curumaní cesar hasta Guaimaral.

El corregimiento de Guimaral se encuentra ubicado a 15,4 km de distancia del municipio de Curumani Cesar.

Fuente: (GoogleMaps)

3.2. CENSO POR MEDIO DE UN FORMATO GESTIPRO LTDA Y/O GEORREFERENCIACIÓN CON DISPOSITIVO GPS.

Tabla 6. Censo y toma de coordenadas en el corregimiento de Guaimaral Cesar

RELACION DE INFORMACION PARA PROYECTOS DE LAS VEREDAS Y/O CORREGIMIENTOS DEL MUNICIPIO DE CURUMANI, DEPARTAMENTO DEL CESAR																				
VEREDA Y/O CORREGIMIENTO: GUAIMARAL CESAR																				
						POBLACION EDADES												COORDENADAS		ALTURA 1
						0- 6 AÑOS		7- 14 AÑOS		15- 17 AÑOS		18- 26 AÑOS		27- 59 AÑOS		MAS DE 60 AÑOS		COORDENADAS PATIO 1		
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA	PROPIETARIO	CEDULA	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	E	N	M
1	1045814	1512036	34	BETTY CARVAJAL CONTRERAS	49556049			1	1	1				1	1			1045823	1512046	34
2	1045833	1512019	34	BETTY CARVAJAL CONTRERAS	49556049													1045833	1512019	34
3	1045848	1512055	34	DIMAS CARVAJAL MISAT	5014893		1		1			1		1	1	1	1	1045831	1512044	34
4	1045848	1512055	34	YARITH GARRIDO SIMANCA	49725438		1		2					1	1			1045831	1512044	34
5	1045887	1512105	34	LEANDRO SIMANCA ARCE	1712200	1										1	1	1045882	1512111	34
6	1045906	1512102	34	BINELVA SIMANCA ARCE	49551159					1	1					1	1	1045882	1512111	34
7	1045900	1512078	34	LEYDI QUINTERO BELEÑO	42480947	1		1						1	1			1045902	1512100	34
8	1045908	1512122	34	YOLANDA GUERRERA	37175797									1			1	1045911	1512091	34
9	1045932	1512074	34	BIENVENIDA MARÍA QUINTANA PÉREZ	49552162	2		1			1				1		1	1045935	1512079	34
10	1045954	1512069	34	DENIS GUARDIA VÉLEZ	49553178							1	1	1	1			1045935	1512059	34
11	1045923	1512106	34	YULIS OJEDA GUERRA	1064710482		2		1					1	1			1045934	1512098	34
12	1045906	1512120	34	YUMIS GARRIDO SIMANCA	49725451				1		1	1		1	1			1045914	1512104	34
13	1045904	1512117	34	BENICIO RUÍZ	1712187								1	1		1		1045899	1512112	34
14	1045881	1512128	34	LUZ MARINA GUERRA	49550803			1	2		1					1	1	1045883	1512118	34
15	1045868	1512153	34	LUIS MISAL BELEÑO	1712122							1		2	1	1		1045870	1512128	34
16	1045844	1512142	34	MARTINA MOJICA	26726705			1			1			1			2	1045858	1512142	34
17	1045756	1512085	34	HERMENEGILDA MARTÍNEZ CARVAJAL	26735038									2			1	1045733	1512094	34
18	1045748	1512126	34	YELENA MISAT MEDINA	49553086							1		1	1			1045751	1512130	34
19	1045753	1512112	34	LAUDITH GUERRERO MARTÍNEZ	1091656836			2	1	1					1			1045761	1512109	34
20	1045763	1512095	34	ENRIQUE ROMERO	18971305											1		1045748	1512100	34
21	1045745	1512158	34	ISABEL GONZÁLEZ CHAMORRO	49691732			1	1	1	1	1		1	1			1045771	1512106	34
22	1045798	1512053	34	NADIN MÉNDEZ FIGUEROA	92521724									1				1045810	1512054	34

23	1045791	1512064	34	WILFRIDO LÓPEZ													1045801	1512046	34
24	1045767	1512064	34	AGUSTINA ROJAS MOJICA	28727982								1			1	1045776	1512065	34
25	1045791	1512084	34	EDILSE CHÁVEZ SUAREZ	49554063					1	1		1		1		1045772	1512080	34
26	1045952	1512181	34	ALCIBÍADES CAÑAS	5013071										2	1	1045959	1512188	34
27	1045754	1512181	34	FELIPE LINARES CAÑA	1712290								1		1		1045739	1512184	34
28	1045713	1512202	34	TEODORO GUARDIA ESPINOSA	1712120										1	1	1045713	1512196	34
29	1045739	1512201	34	PEDRO LINARES CAÑAS													1045734	1512197	34
30	1045776	1512170	34	ADELINA PÉREZ	37933395								1	1			1045787	1512160	34
31	1045777	1512156	34	ADELINA PÉREZ	37933395												1045777	1512156	34
32	1045794	1512138	34	MARÍA CARVAJAL CASTRILLO	26727965							1		2		1	1045802	1512142	34
33	1045822	1512148	34	YOLIBET SIMANCA	495556667			2		1			1	1			1045822	1512145	34
34	1045819	1512065	34	OBAL LÓPEZ INSIGNARE	18967800								1				1045831	1512055	34
35	1045827	1512148	34	GONZALO MOJICA YÉPEZ	5014813										1		1045834	1512177	34
36	1045819	1512203	34	MARLENE ESTER CARVAJAL	49551148			1					1	2			1045841	1512211	34
37	1045846	1512247	34	KAREN LORENA OJEDA GUERRA	53000600	1		1		1			1	1			1045828	1512247	34
38	1045837	1512209	34	MARÍA LASTENIA SÁNCHEZ	26726786										1	1	1045857	1512197	34
39	1045856	1512236	34	NELIS MARÍA BELEÑO	49554914									1	1		1045844	1512221	34
40	1045859	1512213	34	CARMELA LÓPEZ CARVAJAL	1064708678	1		3		1			1	1			1045833	1512230	34
41	1045881	1512212	34	ROBER CARVAJAL	18970757								1				1045881	1512212	34
42	1045930	1512193	34	DORIS AMADOR MARTÍNEZ	49551863	2						1	1	1	1		1045927	1512199	34
43	1045919	1512162	34	DESIDERIA MARTÍNEZ ARCE	49555144										1	1	1045925	1512170	34
44	1045894	1512186	34	DULCENIS PAOLA NEGRETE	1094244314								1	1			1045919	1512173	34
45	1045907	1512206	34	YURANIS GUERRA CARVAJAL	52516814			1					1	1			1045999	1512194	34
46	1045810	1512070	34	JIANIS CARVAJAL	26728522									1	1		1045801	1512046	34
47	1045882	1512176	34	FRANCINA CARVAJAL	49552886									1	1		1045872	1512160	34
48	1045892	1510264	34	REINALDA BELEÑO	49552890			2					1	1			1045923	11512249	34
49	1045893	1510321	34	FRANCISCO MACHADO CARVAJAL	1712128								2		1		1045886	1512330	34
50	1045748	1512155	34	EMEL QUIROZ LERMA	18968607								1				1045719	1512155	34
51	1045730	1512169	34	JAVIER MACHADO	18968075								1				1045742	1512166	34
52	1045868	1512184	34	PABLO EMILIO BELEÑO	1712189							1			1		1045878	1512189	34
53	1045808	1512216	34	MARÍA DAVID MARTINA	26727974										1	1	1045280	1512208	34
54	1045978	1512155	34	RICARDO NAVARRO	5010651										1		1045976	1512153	34

55	1045799	1512225	34	JUAN EVANGELISTA CHÁVEZ	18973562			1	1	1				1	1			1045797	1512215	34
56	1045959	1512152		ISABEL LINARES	26726791									1				1045961	1512152	34

	COORDENADAS			COORDENADAS			COORDENADAS			ACUEDUCTO			COCCION DE LOS ALIMENTOS			ENERGIA ELECTRICA		
PUNTO	COORDENADAS PATIO 2		ALTURA 2	COORDENADAS PATIO 3		ALTURA 3	COORDENADAS PATIO 4		ALTURA 4									
	E	N	M	E	N	M	E	N	M	REGULAR	MALO	NO HAY	LEÑA	CILIN. GAS	ESTUFA ELECT	REGULAR	MALO	NO HAY
1	1045809	1512025	34	1045995	1512037	34	1045810	1512054	34	X			X	X	X	X		
2	1045831	1512013	34	1045809	1512025	34	1045823	1512046	34	X			X	X	X	X		
3	1045856	1512082	34	1045870	1512080	34	1045847	1512047	34	X				X	X	X		
4	1045882	1512111	34	1045870	1512080	34	1045856	1512082	34	X				X	X	X		
5	1045900	1512103	34	1045877	1512080	34	1045870	1512080	34	X				X		X		
6	1045902	1512100	34	1045888	1512071	34	1045870	1512080	34	X				X	X	X		
7	1045911	1512091	34	1045899	1512064	34	1045888	1512071	34	X				X	X	X		
8	1045935	1512079	34	1045917	1512039	34	1045889	1512064	34	X				X		X		
9	1045935	1512059	34	1045932	1512046	34	1045917	1512039	34	X			X	X		X		
10	1045962	1512066	34	1045954	1512048	34	1045917	1512039	34	X			X	X		X		
11	1045914	1512104	34	1045931	1512130	34	1045949	1512122	34	X				X		X		
12	1045899	1512112	34	1045917	1512138	34	1045931	1512130	34	X				X	X	X		
13	1045883	1512118	34	1045900	1512142	34	1045917	1512118	34	X				X		X		
14	1045871	1512120	34	1045884	1512151	34	1045900	1512142	34	X				X		X		
15	1045858	1512127	34	1045865	1512166	34	1045881	1512156	34	X				X	X	X		
16	1045843	1512166	34	1045849	1512171	34	1045865	1512166	34	X				X		X		
17	1045756	1512086	34	1045751	1512067	34	1045741	1512080	34	X			X			X		
18	1045740	1512110	34	1045728	1512122	34	1045737	1512136	34	X			X	X	X	X		
19	1045746	1512125	34	1045776	1512114	34	1045771	1512106	34	X				X		X		
20	1045761	1512109	34	1045771	1512106	34	1045763	1512093	34	X			X			X		
21	1045776	1512114	34	1045749	1512167	34	1045763	1512164	34	X			X	X		X		
22	1045795	1512037	34	1045797	1512027	34	1045801	1512046	34	X					X	X		
23	1045797	1512027	34	1045770	1512058	34	1045776	1512065	34	X			X			X		
24	1045770	1512058	34	1045756	1512086	34	1045733	1512080	34	X			X	X	X	X		

25	1045789	1512110	34	1045802	1512103	34	1045794	1512071	34	X			X			X		
26	1045972	1512228	34	1045996	1512203	34	1045973	1512165	34	X			X			X		
27	1045757	1512217	34	1045771	1512210	34	1045746	1512190	34	X			X			X		
28	1045727	1512230	34	1045735	1512225	34	1045722	1512191	34	X			X	X	X	X		
29	1045735	1512225	34	1045757	1512217	34	1045757	1512217	34	X			X			X		
30	1045802	1512191	34	1045820	1512183	34	1045806	1512153	34	X			X	X		X		
31	1045776	1512114	34	1045746	1512125	34	1045775	1512155	34	X			X	X		X		
32	1045786	1512110	34	1045773	1512113	34	1045787	1512152	34	X			X	X	X	X		
33	1045809	1512148	34	1045824	1512184	34	1045834	1512177	34	X			X	X		X		
34	1045802	1512065	34	1045809	1512077	34	1045833	1512068	34	X			X			X		
35	1045824	1512184	34	1045843	1512134	34	1045858	1512127	34	X				X		X		
36	1045809	1512148	34	1045809	1512189	34	1045820	1512208	34	X				X		X		
37	1045844	1512274	34	1045860	1512268	34	1045844	1512221	34	X			X		X	X		
38	1045843	1512134	34	1045809	1512148	34	1045841	1512211	34	X			X	X	X	X		
39	1045860	1512268	34	1045869	1512269	34	1045833	1512230	34	X					X	X		
40	1045869	1512269	34	1045876	1512242	34	1045853	1512220	34	X			X	X	X	X		
41	1045876	1512220	34	1045895	1512229	34	1045880	1512202	34	X			X			X		
42	1045958	1512238	34	1045972	1512228	34	1045934	1512181	34	X			X			X		
43	1045916	1512140	34	1045905	1512146	34	1045919	1512173	34	X			X	X	X	X		
44	1045905	1512146	34	1045880	1512153	34	1045900	1512186	34	X			X	X		X		
45	1045886	1512194	34	1045895	1512229	34	1045913	1512227	34	X			X	X		X		
46	1045797	1512027	34	1045770	1512058	34	1045776	1512065	34	X			X			X		
47	1045861	1512163	34	1045872	1512176	34	1045861	1512168	34	X				X		X		
48	1045916	1512227	34	1045871	1512249	34	1045885	1512268	34	X			X	X		X		
49	1045903	1512323	34	1045892	1512312	34	1045873	1512323	34	X			X			X		
50	1045721	1512111	34	1045715	1512125	34	1045742	1512166	34	X			X	X		X		
51	1045730	1512147	34	1045701	1512158	34	1045719	1512177	34	X				X		X		
52	1045861	1512163	34	1045850	1512170	34	1045862	1512183	34	X			X	X	X	X		
53	1045804	1512200	34	1045791	1512198	34	1045802	1512220	34	X				X		X		
54	1045999	1512217	34	1046008	1512203	34	1045987	1512149	34	X				X		X		
55	1045775	1512218	34	1045787	1512240	34	1045798	1512230	34	X				X		X		
56	1045950	1512124	34	1045945	1512128	34	1045952	1512155	34	X				X		X		

Tabla 7. Población de edades

POBLACIÓN DE EDADES	
0- 6 años	12
7- 14 años	30
15- 17 años	16
18- 26 años	13
27- 59 años	65
Más de 60 años	37
Total	173

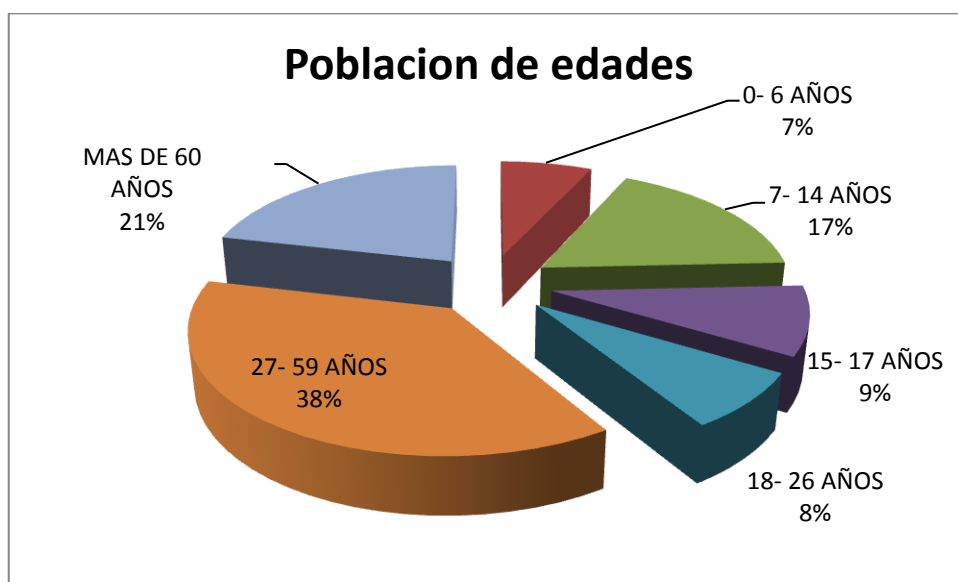


Figura 9 Porcentaje de poblacion de edades

El corregimiento de Guaimaral Cesar cuenta con una población de 173 habitantes conformadas por 56 familias.

Fuente: Pasante

3.3. CANTIDAD PROMEDIO FAMILIAS QUE USAN LA LEÑA, CILINDRO DE GAS, Y ESTUFA ELÉCTRICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS.

Tabla 8. Cantidad promedio del uso de leña, cilindro de gas y estufa electrica por familias

COCCION DE ALIMENTOS		
Tipo	Cant. familias	Porcentaje (%)
Leña	12	21%
Cilindro de gas	13	27%
Estufa Eléctrica	2	4%
Leña y Cilindro de gas	10	18%
Leña y Estufa eléctrica	1	2%
Cilindro gas y Estufa electica	6	11%
Leña, Estufa eléctrica y Cilindro de gas	10	18%
TOTAL	56	100%

“Al empezar a recopilar la información obtenida por el censo realizado a los habitantes del corregimiento de Guaimaral Cesar, encontramos que un 27% de la poblacion manifestaron que para la coccion de sus alimentos usan el cilindro de gas, y otro 21% de los mismos responden que cocinan con leña, lo anterior permite decir que el 18% corresponde al uso de la leña, y cilindro de gas simultáneamente, de igual modo el uso de leña, cilindro de gas y estufa eléctrica refleja un resultado de un 18%, mientras que el 11% utilizan cilindro de gas y estufa electica, con respecto a esto se puede decir que un 4% de las familias afirman el uso de la estufa electrica, y el 2% restantes corresponde al uso de leña y estufa electrica.”

Fuente: Pasante

3.4. ESTUDIO DE SUELO.

Éste estudio básico generará valores de profundidad del nivel freático en el corregimiento de Guaimaral Cesar.

3.4.1. *Prueba y ensayo de campo del nivel Freático.*

Ubicación del muestreo:

- *Georreferenciación de la casa*

Este/longitud = 1045814, Norte/latitud = 1512036 y Altura= 34 Msnm.



Fotografía 1. Georreferenciación lugar de la muestra del nivel freático

- *Georreferenciación para la toma de la muestra:*

Este/longitud= 1045801, Norte/latitud= 1512054 y Altura= 34 msnm

Dimensiones de apique: Ancho= 70 cm y de largo= 40 cm



Fotografía 2. Georreferenciación de la muestra



Fotografía 3. Lugar de la muestra



Fotografía 4. Profundidad de excavación de la muestra.

“Para la toma de la muestra se realizó un apique de 70 cm ancho por 40 cm de largo con una profundidad de 150 cm, se logró determinar a simple vista que el tipo de suelo es arcilloso permeable y el nivel freático está a mayor profundidad puesto que no se encontró el nivel del agua en éste punto.”

Fuente: Pasante.

CAPITULO 4. BALANCE DE MATERIA PRIMA QUE ABASTECERÁ AL BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE GAS, BASADO EN EL ESTUDIO ESTANDARIZADO.

Para el calculo de la cantidad necesaria de estiércol producidos diariamente utilizaremos un numero de 5 cerdos considerando un peso vivo promedio de 85 kg teniendo en cuenta que “los cerdos se pueden criar hasta cuando alcanzan aproximadamente entre 50 y 100 kg de peso vivo.” (Agricultura, 2015), Cuando no es posible obtener datos exactos sobre los desechos orgánicos en kg./día, puede estimarse utilizando la siguiente tabla. (ENERGÉTICA, 2003).

Tabla 9. Valores y características del estiércol de algunos animales.

Clase de animal	% por peso vivo:		% del material de digestión		Relación C/N	P - Producción de biogas (m ³ de gas / 1 kg SO)
	PE - Estiércol	PO - Orina	% EST Sólidos	% SO Sólidos orgánicos		
Vacunos	5	4	15-16	13	20	0.250
Cerdos	2	3	16	12	13	0.350
Caprinos, ovejas	3	1.5	30	20	30	0.200
Caballos	5	4	25	15	20	0.250
Avícolas, gallinas	4.5	4.5	25	17	5-8	0.400
Humanos	1	2	20	15	8	0.300

Fuente: Difusión de la tecnología del biogás en Colombia, GTZ, 1987

4.1. ESTIÉRCOL.

$$E = NA \times PVP \times \frac{PE}{100}$$

Donde,

E =Estiércol en kilogramos por día

NA =Número de animales por una especie (vacas, cerdos, caballos, humanos, etc)

PVP = Peso vivo promedio por animal

PE = Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo. (ENERGÉTICA, 2003)

$$E = (5) \times (85) \times \frac{(2)}{100}$$

$$E = 8,5 \text{ kg}$$

4.2. ORÍN.

$$O = NA \times PVP \times \frac{PO}{100}$$

Donde,

O = Orín día en kilogramos (se asume que 1 litro de orín pesa 1 kilogramo)

NA = Número de animales por una especie

PVP = Peso vivo promedio por animal

PO = Producción de orín por animal por día en porcentaje de peso vivo (se asume que 1 litro de orín pesa 1 kilogramo). (ENERGÉTICA, 2003)

$$O = (5) \times (85) \times \frac{(3)}{100}$$

$$O = 12,75 \text{ kg}$$

4.3. MATERIA PRIMA PARA LA CARGA.

$$MPC = E + O$$

Donde,

MPC = Materia prima para la carga en kilogramos por día.

E = Estiércol en kilogramos por día

O = Orín en kilogramos por día. (ENERGÉTICA, 2003)

$$MPC = 8,5 \text{ kg} + 12,75 \text{ kg}$$

$$MPC = 21,25 \text{ kg}$$

4.4. MASA DE AGUA PARA MEZCLA.

“Una mezcla recomendada es 4:1, Es decir 4 partes de agua por 1 parte de excreta fresca, pero se puede utilizar hasta 10 partes de agua por una de excreta” (PRONATTA).

$$M_{H_2O} = MPC \times 4$$

M_{H_2O} = Masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día. Se considera que 1 litro de agua tiene una masa de 1 kilogramo. (ENERGÉTICA, 2003)

$$M_{H_2O} = MPC \times 4$$

$$M_{H_2O} = 21,25 \text{ kg} \times 4$$

$$M_{H_2O} = 85 \text{ kg} \quad \text{ó} \quad M_{H_2O} = 85 \text{ litros}$$

4.5. CARGA DIARIA.

$$C = MPC + M_{H_2O}$$

Donde,

C = carga diaria para alimentar el digestor en kilogramos por día o litros por día (sea asume que un litro pesa un kilogramo).

MPC = Materia prima para carga en kilogramos por día.

M_{H_2O} = Masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día. (ENERGÉTICA, 2003)

$$C = 21,25 \text{ kg} + 85 \text{ kg}$$

$$C = 106,25 \text{ kg}$$

4.6. CÁLCULO 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. Se recomienda escoger el TR apropiado de acuerdo a la temperatura promedio del sitio en el cual se va a operar. Guaimaral Cesar, se encuentra a una temperatura promedio de 35°C, de acuerdo a esa temperatura calcularemos el tiempo de retención para su respectivo diseño. (ENERGÉTICA, 2003)

$$TR = -51,227 \times \ln(T^{\circ}\text{C}) + 206,72$$

Donde,

TR= Tiempo de retención en días

Ln= Logaritmo natural

T°C= Temperatura promedio en grados centígrados del sitio donde se instalará el biodigestor.

$$TR = -51,227 \times \ln(35^{\circ}\text{C}) + 206,72$$

$$TR = 24,59$$

$$TR \approx 25 \text{ días}$$

4.7. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

$$PG = MPC \times SO \times P$$

Donde,

PG = Gas producido en litros por día

MPC = Estiércol en kilogramos por día

SO = Porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie.

P = Producción aproximada de m³ de gas/1 kg de masa orgánica seca total. (ENERGÉTICA, 2003)

$$PG = (21,25 \text{ kg}) \times (0,12) \times (0,350 \text{ m}^3 \text{ de gas/kg})$$

$$PG = 0,8924 \text{ m}^3 \text{ por dia} \quad \text{ó} \quad PG = 892,4 \text{ litros por dia}$$

4.8. VOLUMEN DEL BIODIGESTOR.

$$V_d = C \times TR \times 1,2$$

Donde,

V_d = Volumen del digestor, en litros

TR = Tiempo de retención en días.

C = carga diaria para alimentar el digestor en kilogramos por día o litros por día (sea asume que un litro pesa un kilogramo). (ENERGÉTICA, 2003)

$$V_d = (106,25) \times (25) \times 1,2$$

$$V_d = 3187,5 \text{ litros} \quad \text{ó} \quad V_d = 3,1875 \text{ m}^3$$

4.8.1. Volumen del gas y la mezcla (agua-estiercol).

Para el volumen del gas se debe tomar un porcentaje del 25% del volumen del digestor y el resto debe ocupar un volumen del 75% para la mezcla. (ENERGÉTICA, 2003)

$$V_g = 0,25 \times V_d$$

V_g = Volumen del gas en litros ó m³.

V_m = Volumen de la mezcla (Agua-Estiercol) en litros ó m³.

$$V_g = 0,25 \times (3187,5 \text{ litros})$$

$$V_g = 796,875 \text{ litros} \quad \text{ó} \quad V_g = 0,796875 \text{ m}^3$$

- Volumen de la mezcla:

$$V_m = V_d - V_g$$

$$V_m = 3187,5 \text{ litros} - 796,875 \text{ litros}$$

$$V_m = 2390,625 \text{ litros} \quad \text{ó} \quad 2,39062 \text{ m}^3$$

4.8.2. Dimensiones para el diseño del biodigestor.

4.8.2.1. Sistema de fermentación

Teniendo en cuenta los volúmenes calculados, hallaremos las longitudes:

Profundidad, mezcla y gas, considerando que es un biodigestor cilíndrico vertical con

diámetro de 1,6 m.

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times L$$

Donde,

L= Longitud de profundidad del Biodigestor.

D = Diámetro del digestor.

V= Volumen.

$$L = \frac{4xV}{\pi x d^2}$$

- Longitud total del volumen del digestor:

$$L = \frac{4x(3,1875 \text{ m}^3)}{\pi x (1,6 \text{ m})^2} = 1,585 \text{ m} = 158,5 \text{ cm}$$

- Longitud del volumen de la mezcla:

$$L = \frac{4x(2,39062m^3)}{\pi x(1,6m)^2} = 1,188m = 118,8cm$$

- Longitud del volumen de gas:

$$L = \frac{4x(0,796875m^3)}{\pi x(1,6m)^2} = 0,396m = 39,6cm$$

4.8.2.2. Sistema de carga del biodigestor

Las dimensiones tomadas para el diseño del sistema de carga: 70 cm de ancho, 50 cm de alto y 70 cm de largo.

Volumen total:

$$V = 70cm \times 50cm \times 70cm = 245000cm^3 \quad o \quad V = 0,425m^3$$

- Teniendo en cuenta el volumen de la carga diaria y las dimensiones de los lados del sistema de carga, se calcula el límite máximo de la carga diaria usado como señalización para el llenado del sistema de carga.

$$\text{Volumen de la carga diaria: } V = 106,25 \text{ litros} \quad \acute{o} \quad V = 0,10625m^3$$

$$V = X.Y.Z$$

$$0,10625m^3 = (0,70m)(Y)(0,70m)$$

$$Y = \frac{0,10625m^3}{(0,7m)(0,70m)} = 0,2168m \quad \acute{o} \quad Y = 21,68cm$$

4.8.2.3. Sistema de descarga del biodigestor

Las dimensiones tomadas para el diseño sistema de descarga: 100 cm de ancho, 40 cm de alto y 100 cm de largo.

Volumen total:

$$V = 100 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 400000 \text{ cm}^3 \quad o \quad V = 0,400 \text{ m}^3$$

4.8.2.4. Depósito del fertilizante biol.

Las dimensiones tomadas para el diseño del deposito del fertilizante biol son : 200 cm de ancho, 150 cm de alto y 200 cm de largo.

Volúmen total:

$$V = 200 \text{ cm} \times 150 \text{ cm} \times 200 \text{ cm} = 6000000 \text{ cm}^3 \quad o \quad V = 6 \text{ m}^3$$

CAPITULO 5. PLANOS TÉCNICOS PARA DISEÑO DE BIODIGESTOR EN HERRAMIENTA CAD 3D (SOLIDWORKS).

5.1. BIODIGESTOR.

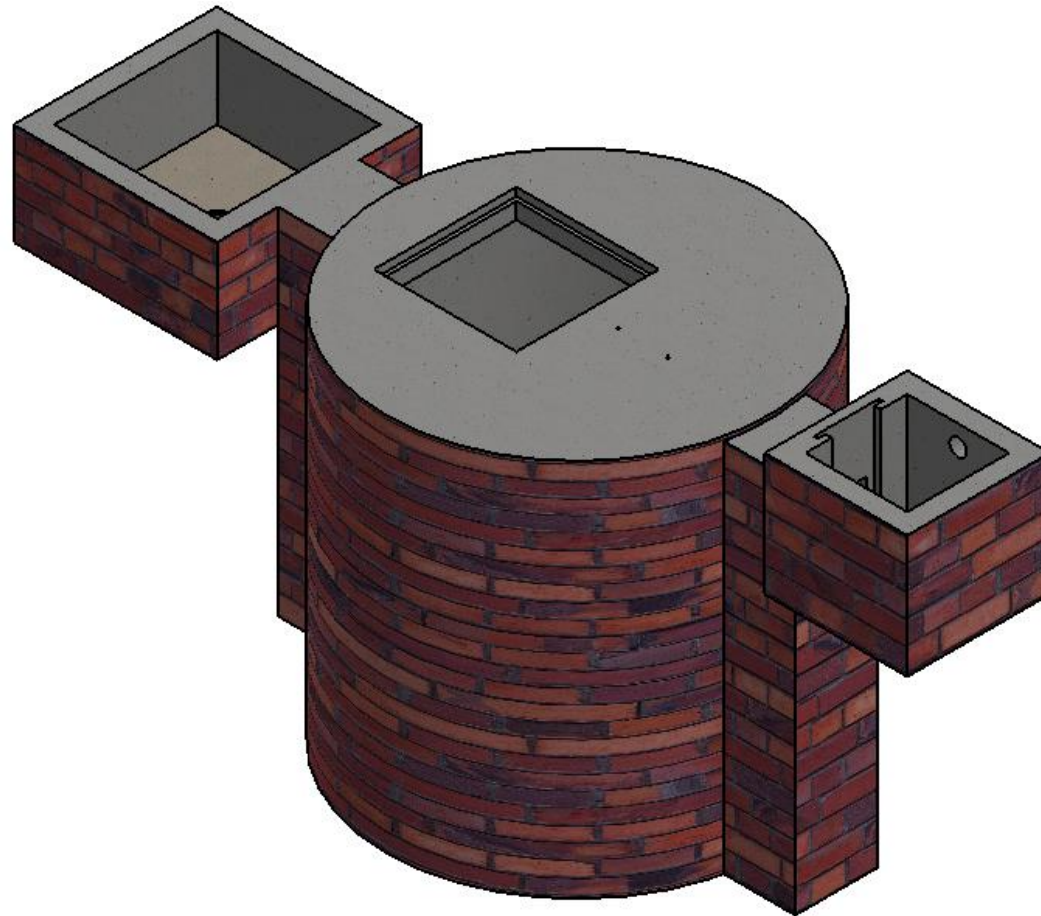
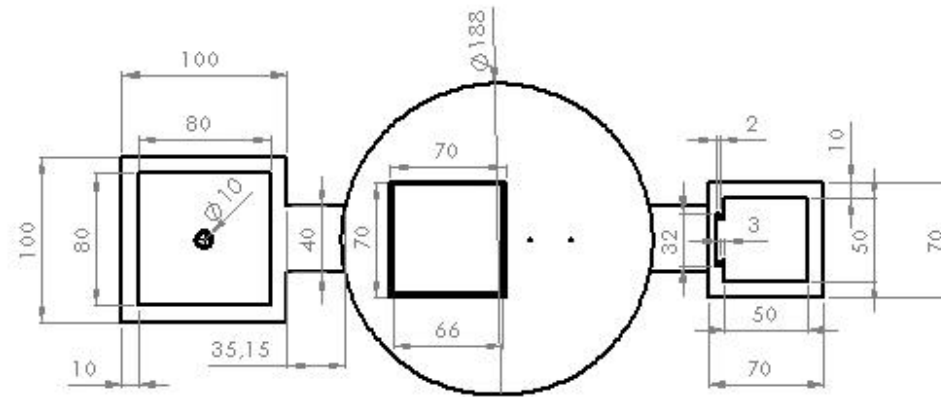
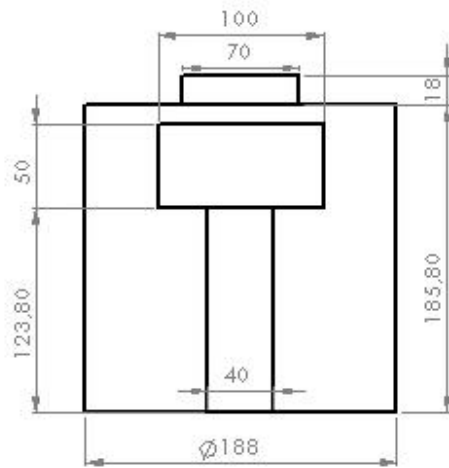


Figura 10. Pieza base biodigestor

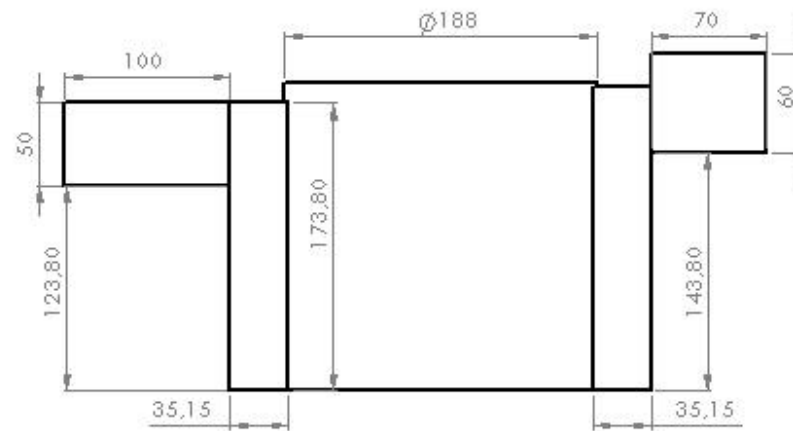
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA

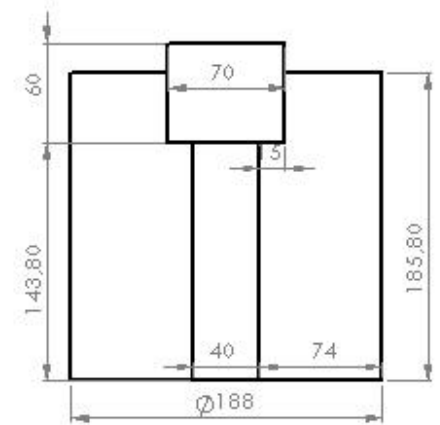


Figura 11. Vistas: frontal, lateral derecha, y superior biodigester.

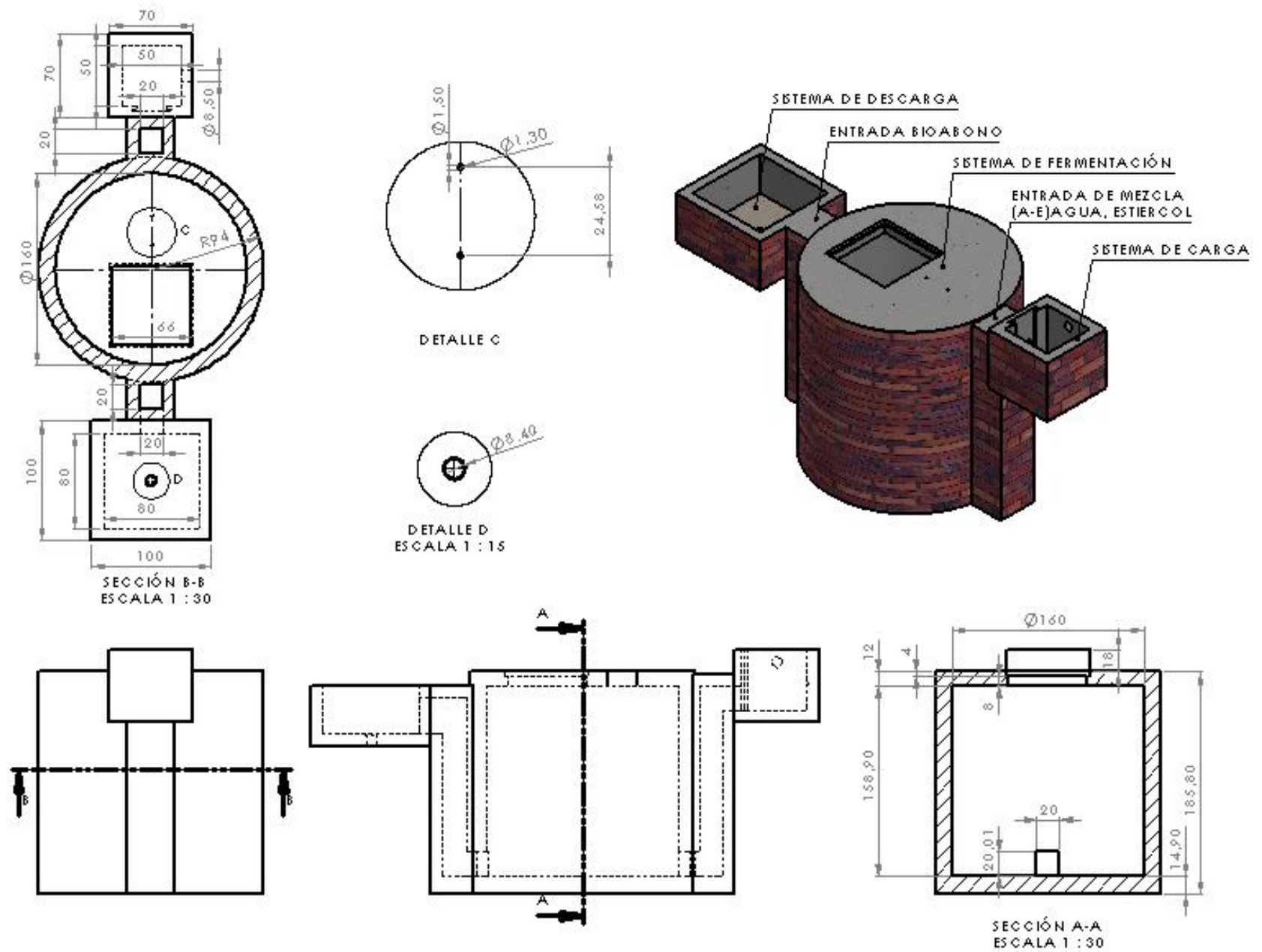


Figura 12. Vista por Secciones de biodigestor.

5.1.1. Diseño de tapas para el biodigestor.

5.1.1.1. Tapa para el sistema de carga.

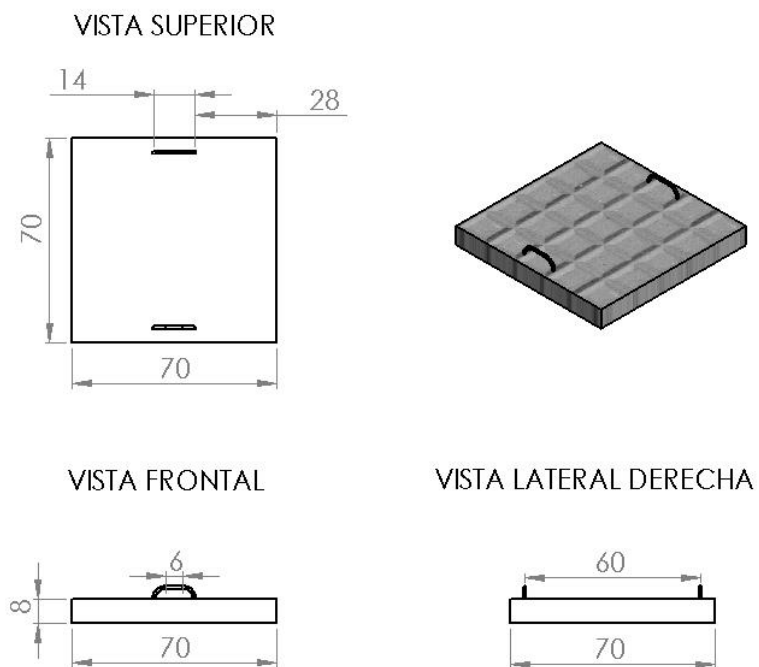


Figura 14. Tapa para el sistema de carga.

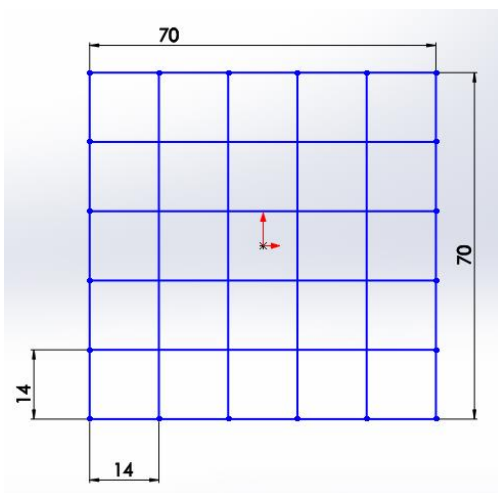


Figura 15. Vista de detalle tapa sistema de carga - varilla 3/8"

5.1.1.2. Tapa en hierro para el sistema de carga.

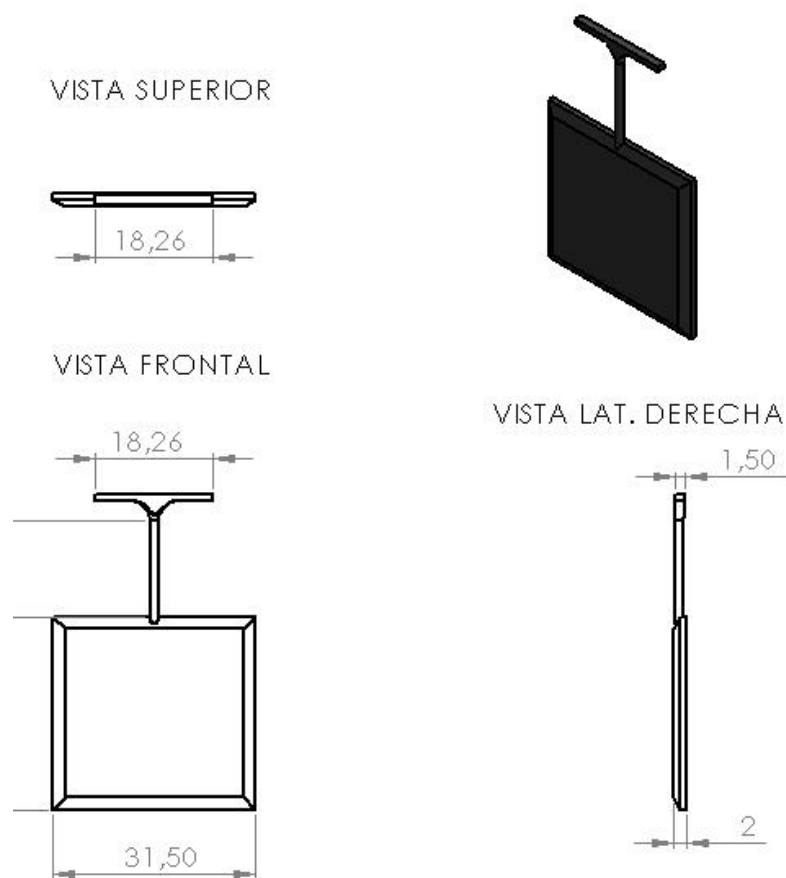


Figura 16. Tapa en hierro para el sistema de carga.

5.1.1.3. Tapa superior en hierro para el sistema de fermentación.

- Angulo en hierro.

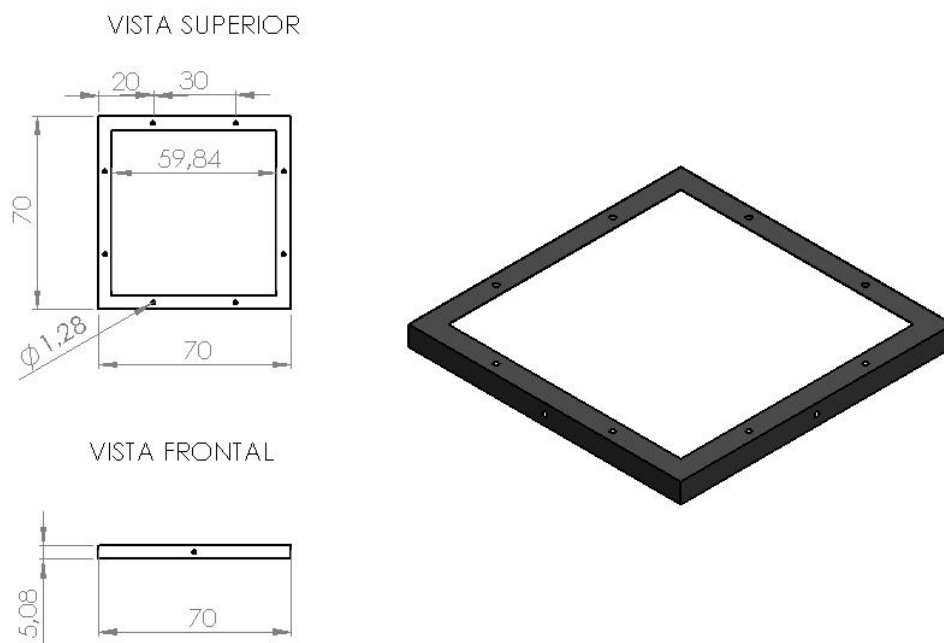


Figura 17. Angulo en hierro.

- Empaque de caucho.

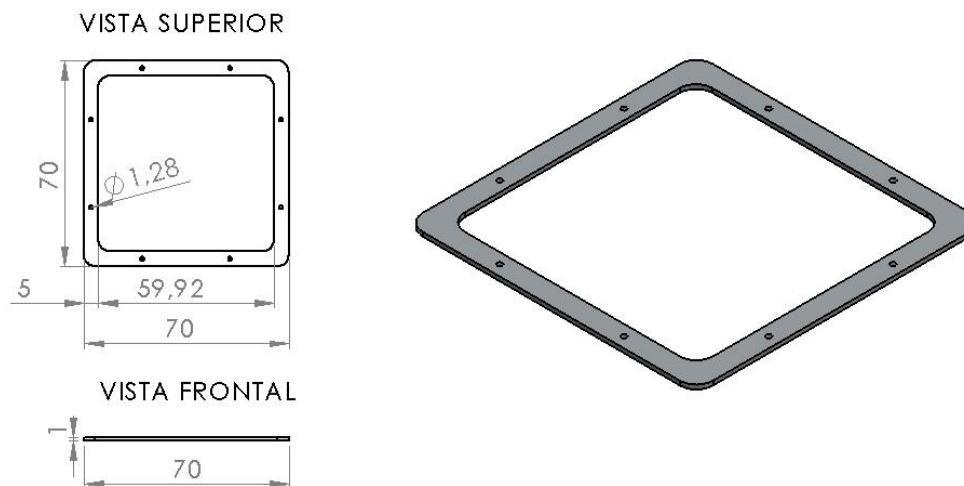


Figura 18. Empaque de caucho.

- **Lamina en hierro para tapa del sistema de fermentacion.**

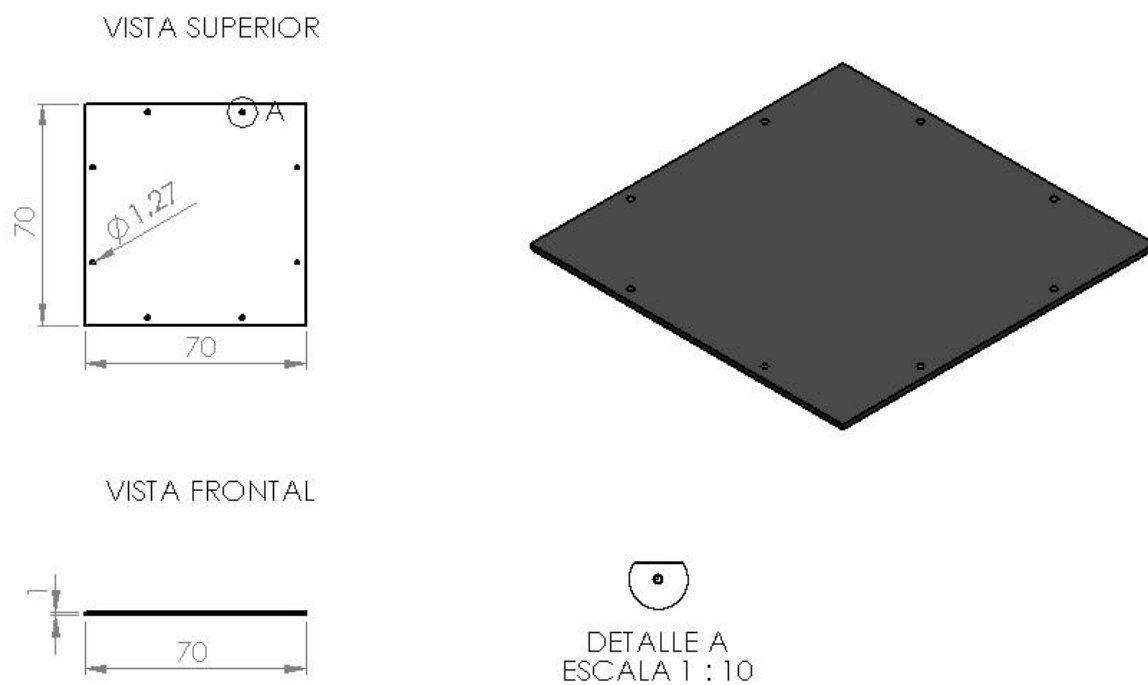


Figura 19. Lamina en hierro para tapa del sistema de fermentacion.

- **Tornillo, tuerca y arandela.**

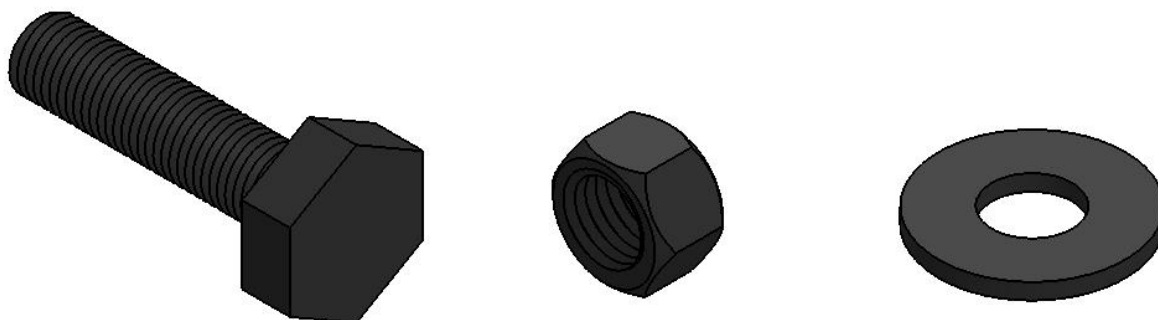


Figura 20. Tornillo, tuerca y arandela.

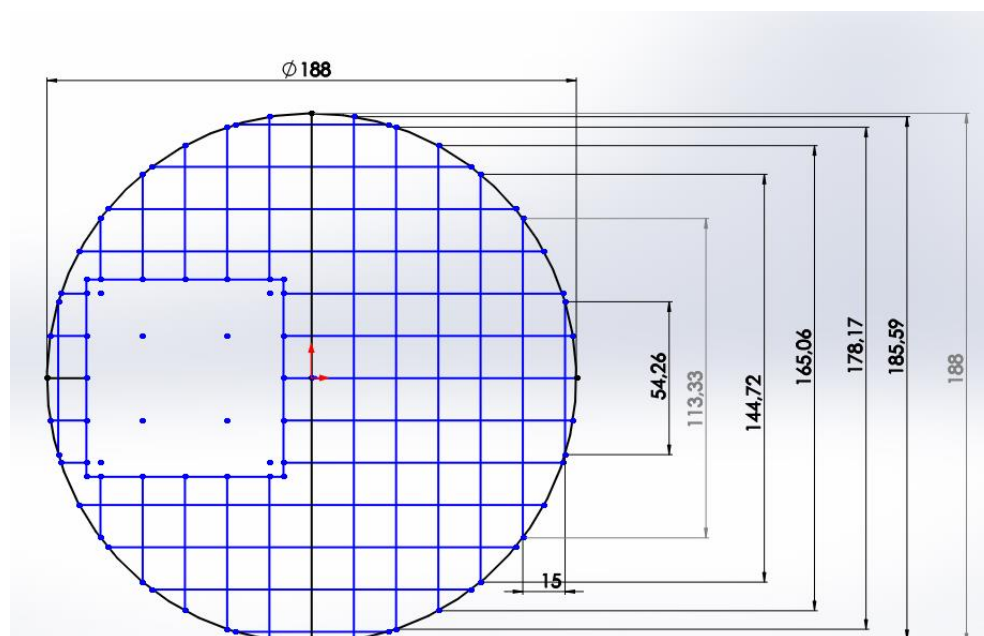
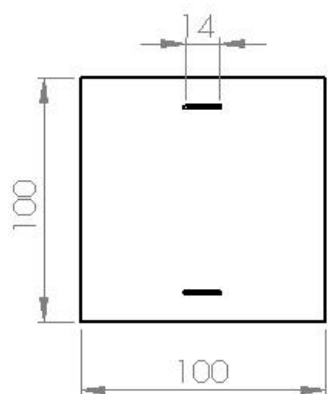


Figura 21. Vista de detalle tapa sistema de fermentacion – varilla 3/8"

5.1.1.4. Tapa para el sistema de descarga.

VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

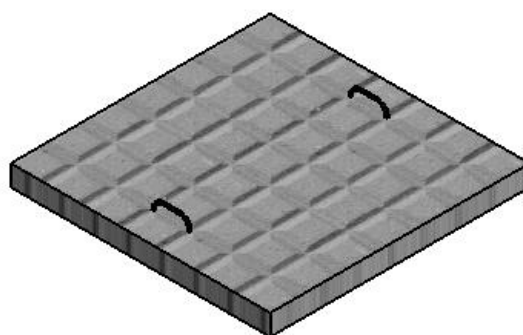
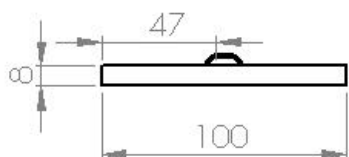


Figura 22. Tapa para el sistema de descarga.

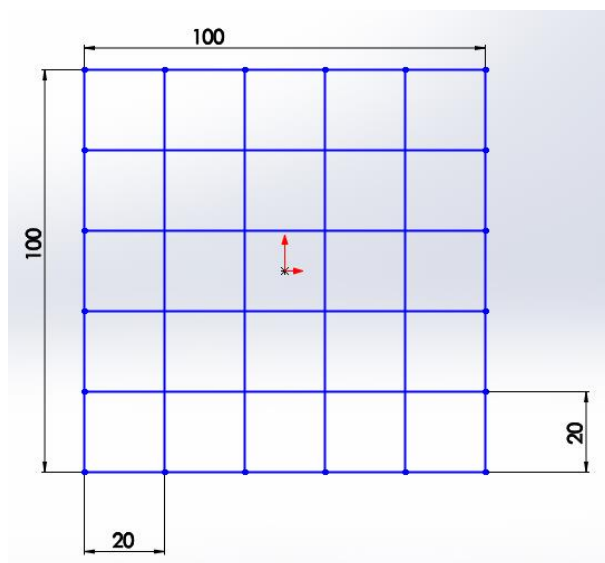


Figura 23. Vista de detalle tapa sistema de descarga – varilla 3/8”

5.2. DEPOSITO DEL BIOFERTILIZANTE.

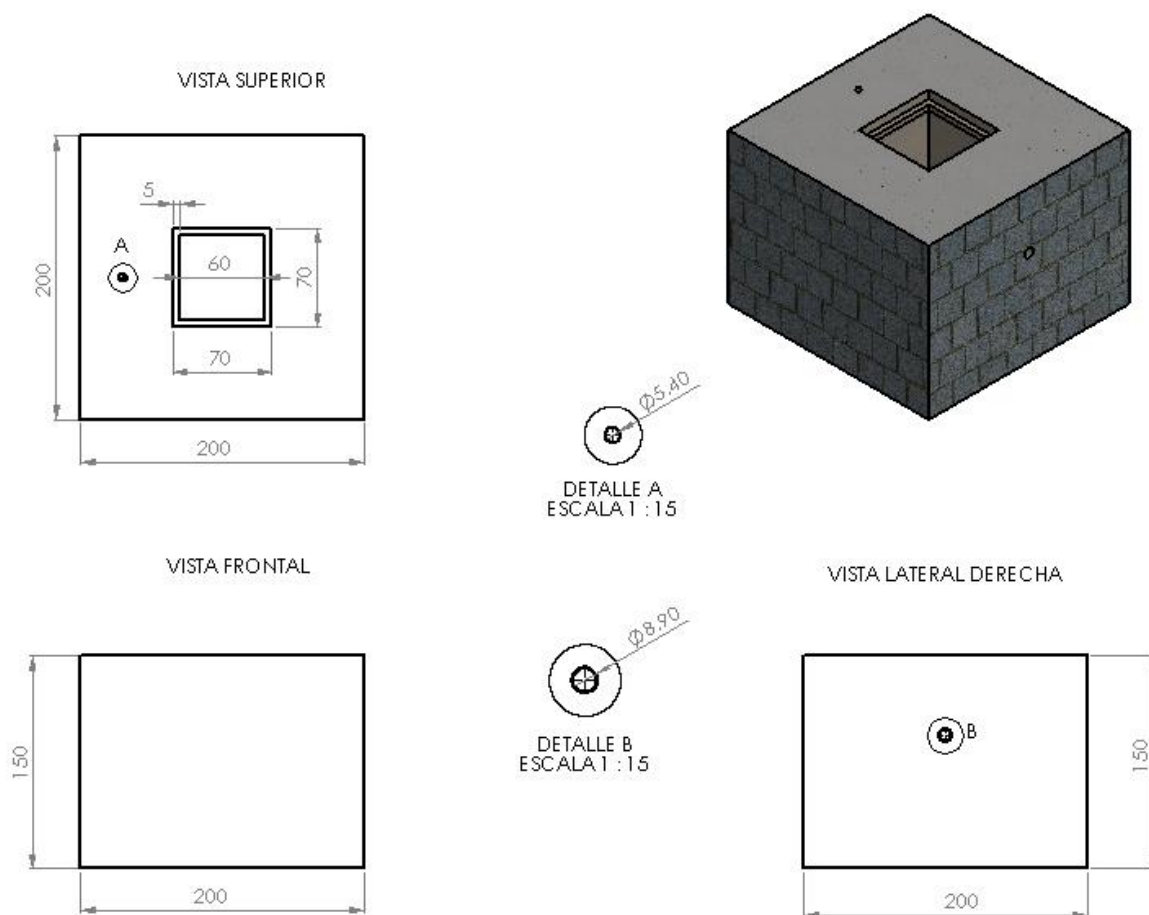


Figura 24. Deposito de Biofertilizante.

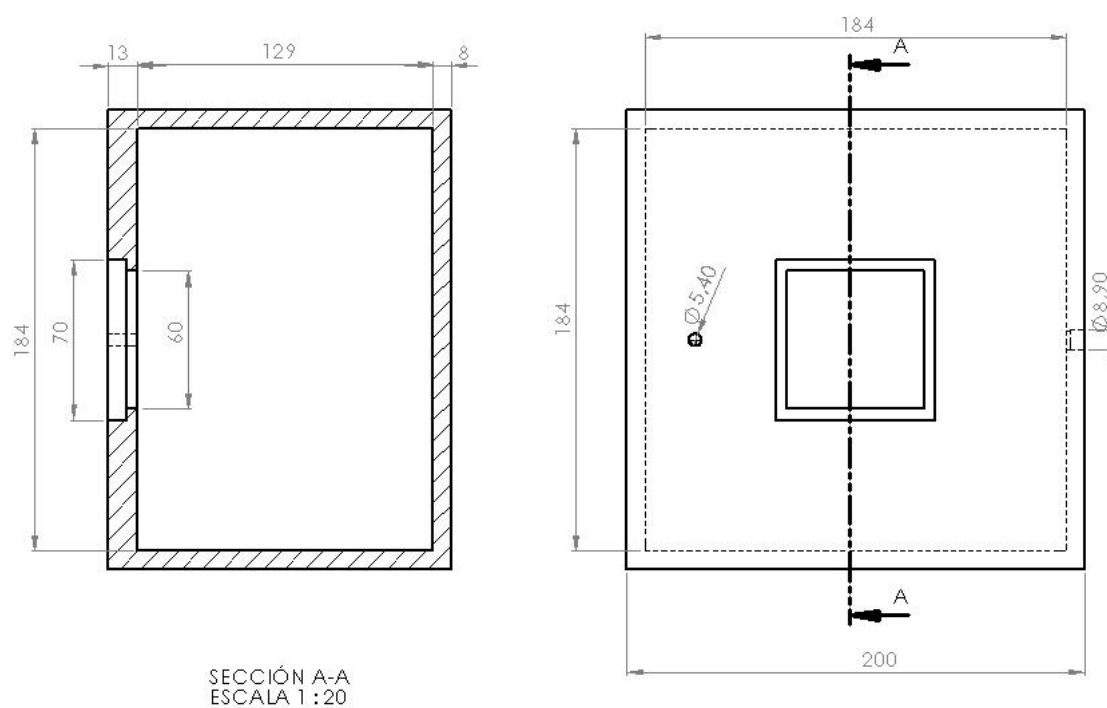


Figura 25. Vista de sección (A-A) deposito Biofertilizante.

5.2.1. Tapa del deposito biofertilizante.

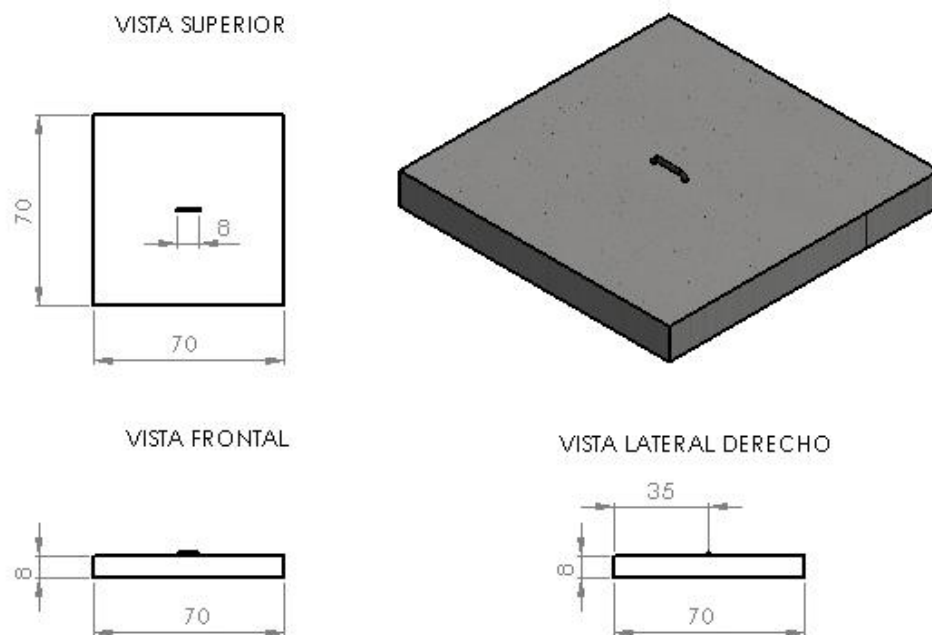


Figura 26. Vistas de tapa deposito biofertilizante (superior, Lat. Derecho, frontal).

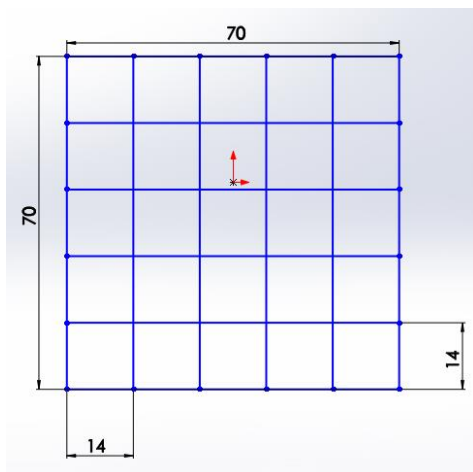


Figura 27. Vistas de detalle tapa deposito biofertilizante – varilla 3/8”.

5.3. GALPÓN DE CERDO.

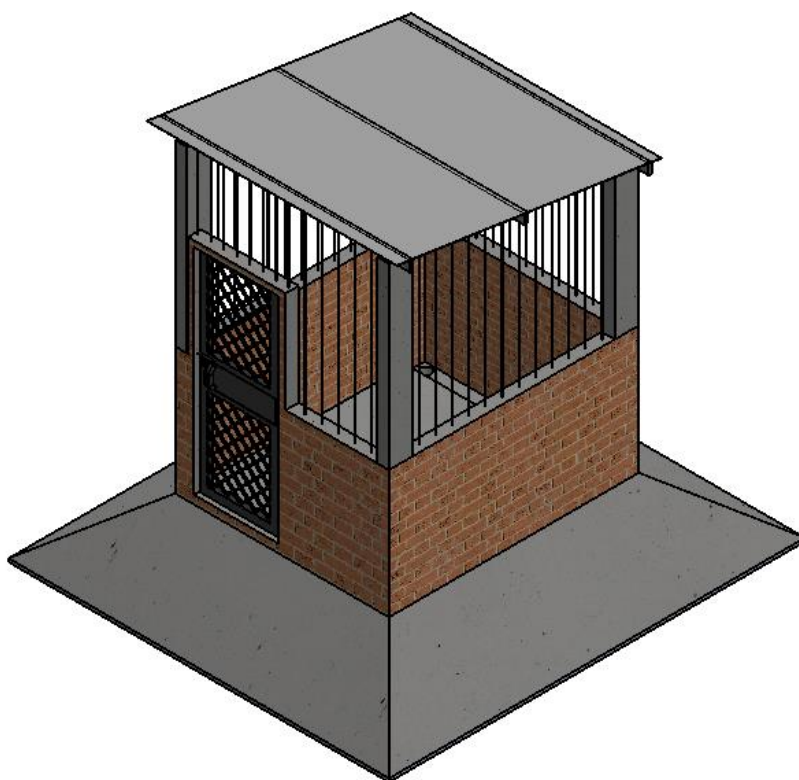


Figura 28. Galpón de cerdo.

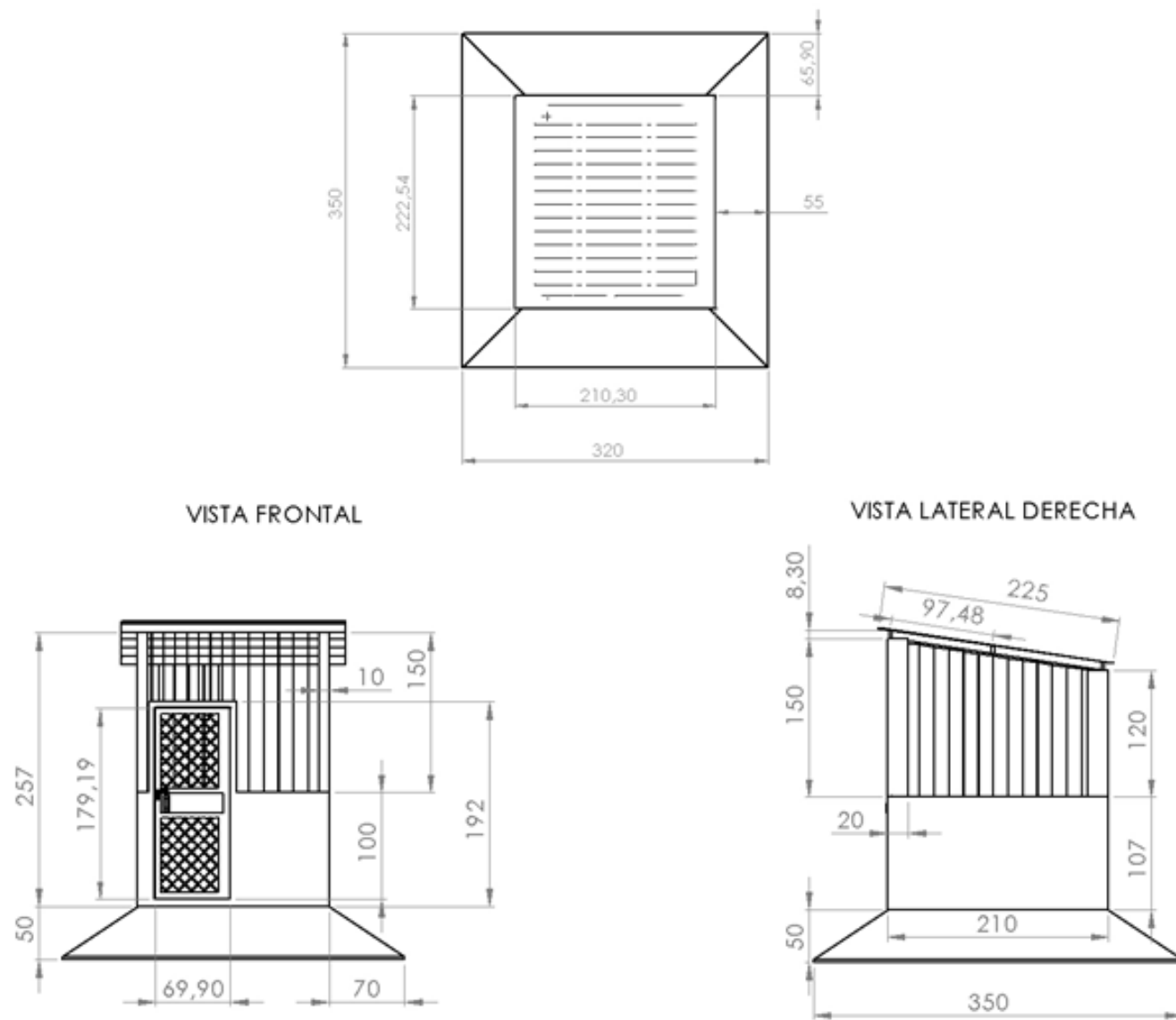


Figura 29. Vista Frontal, Lateral y Superior del Galpón de cerdo.

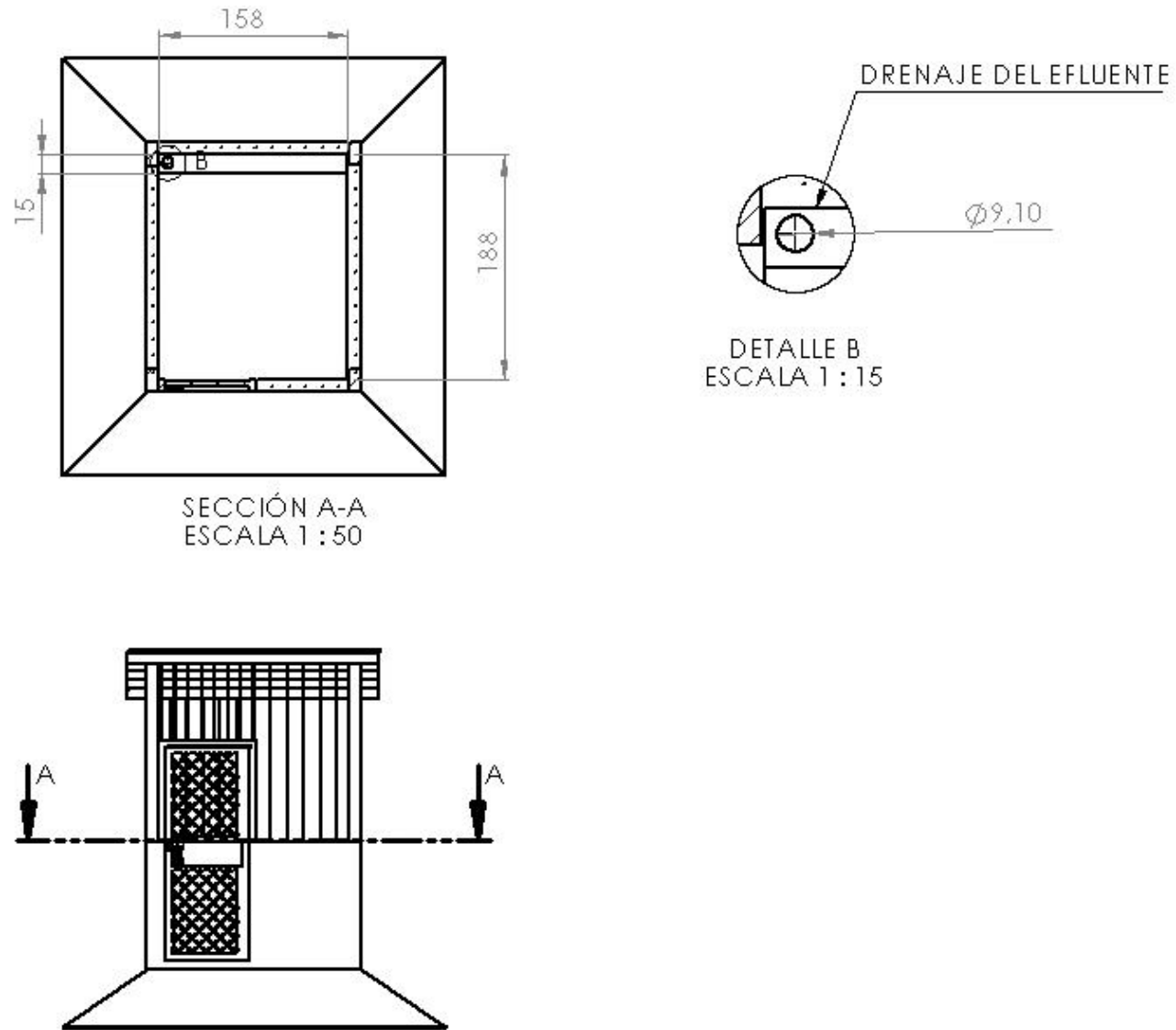


Figura 30. Vista de sección (A-A) Galpón de cerdo.

5.4. ESTRUCTURA PARA EL TANQUE ELEVADO.

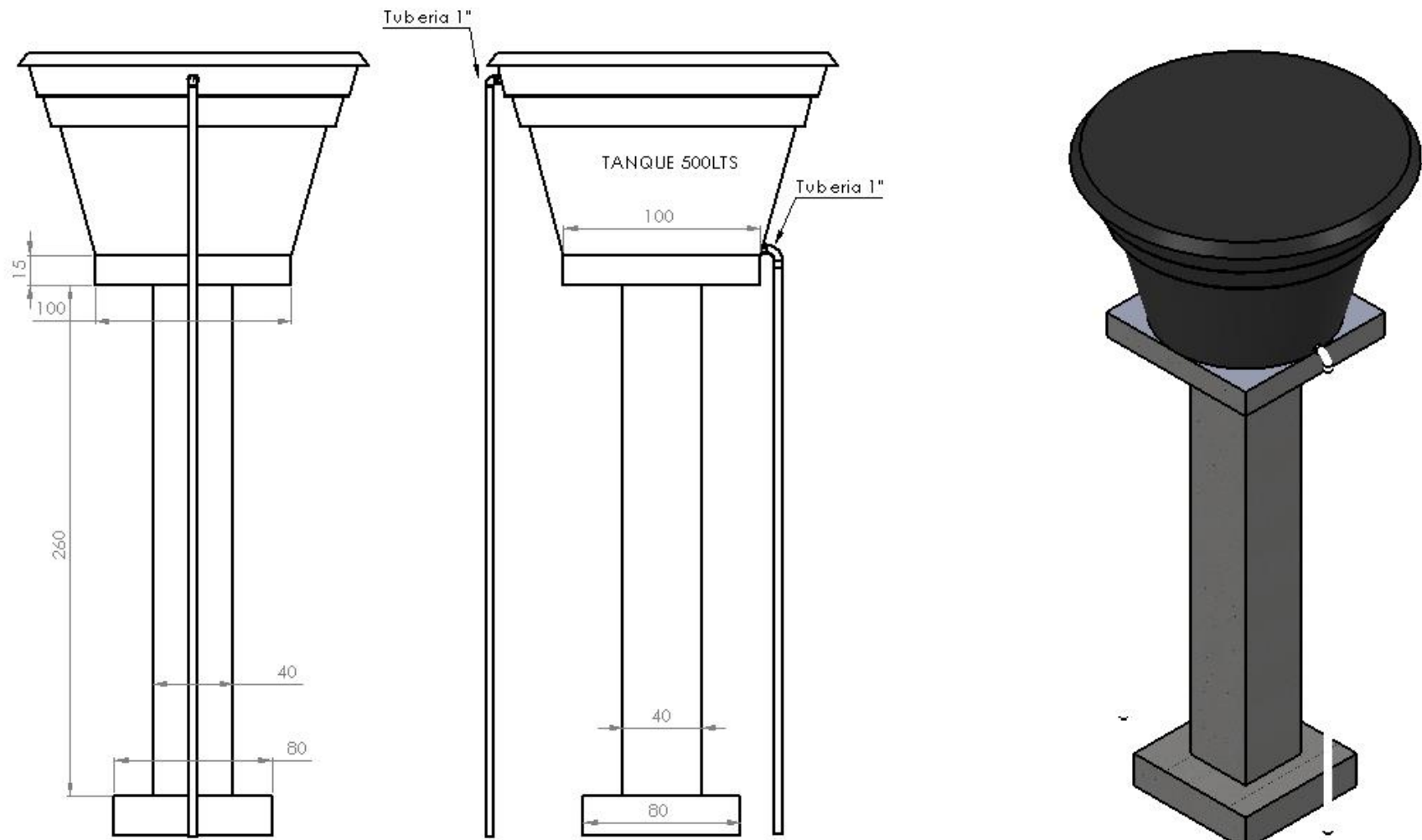


Figura 31. Estructura para tanque elevado.

5.5. TUBERIA Y ACCESORIOS PARA EL BIODIGESTOR.

5.5.1. *Rejilla para drenaje del Biol.*

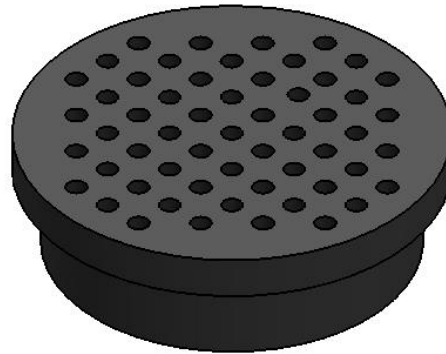


Figura 32. Rejilla para drenaje del Biol.

5.5.2. *Tubería y accesorios PVC Sanitaria.*



Figura 33. Tubería PVC Sanitaria de 2" y 3".

5.6. TUBERIA, ACCERORIOS PARA GAS Y OTROS.

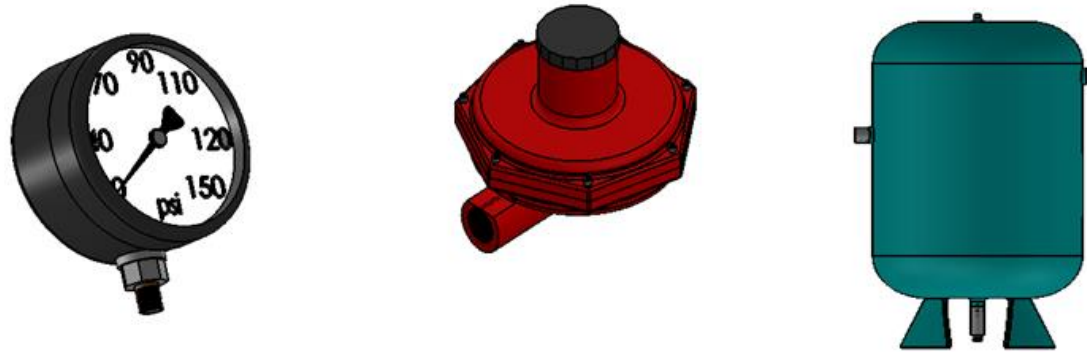


Figura 34. Manómetro de 150 PSI, regulador de gas y depósito de gas.



Figura 35. Accesorios y tubería galvanizada de ½ Pulg para el gas.



Figura 36. Tubería y terminal PE AL PE de ½" para gas.

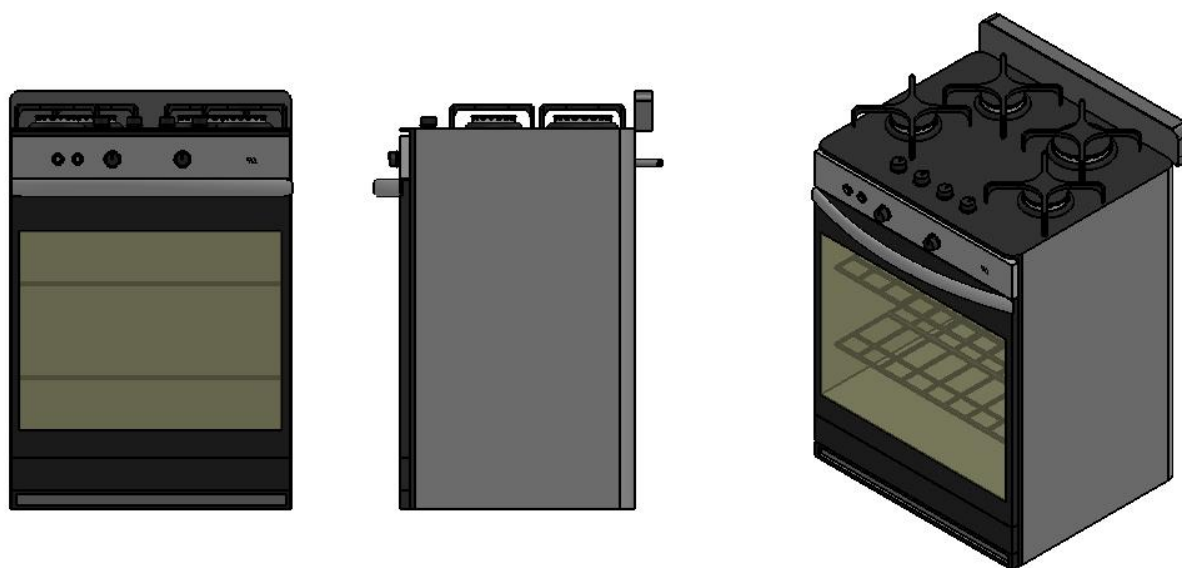


Figura 37. Estufa Ecológica.

5.7. ENSAMBLE DE BIODIGESTOR.

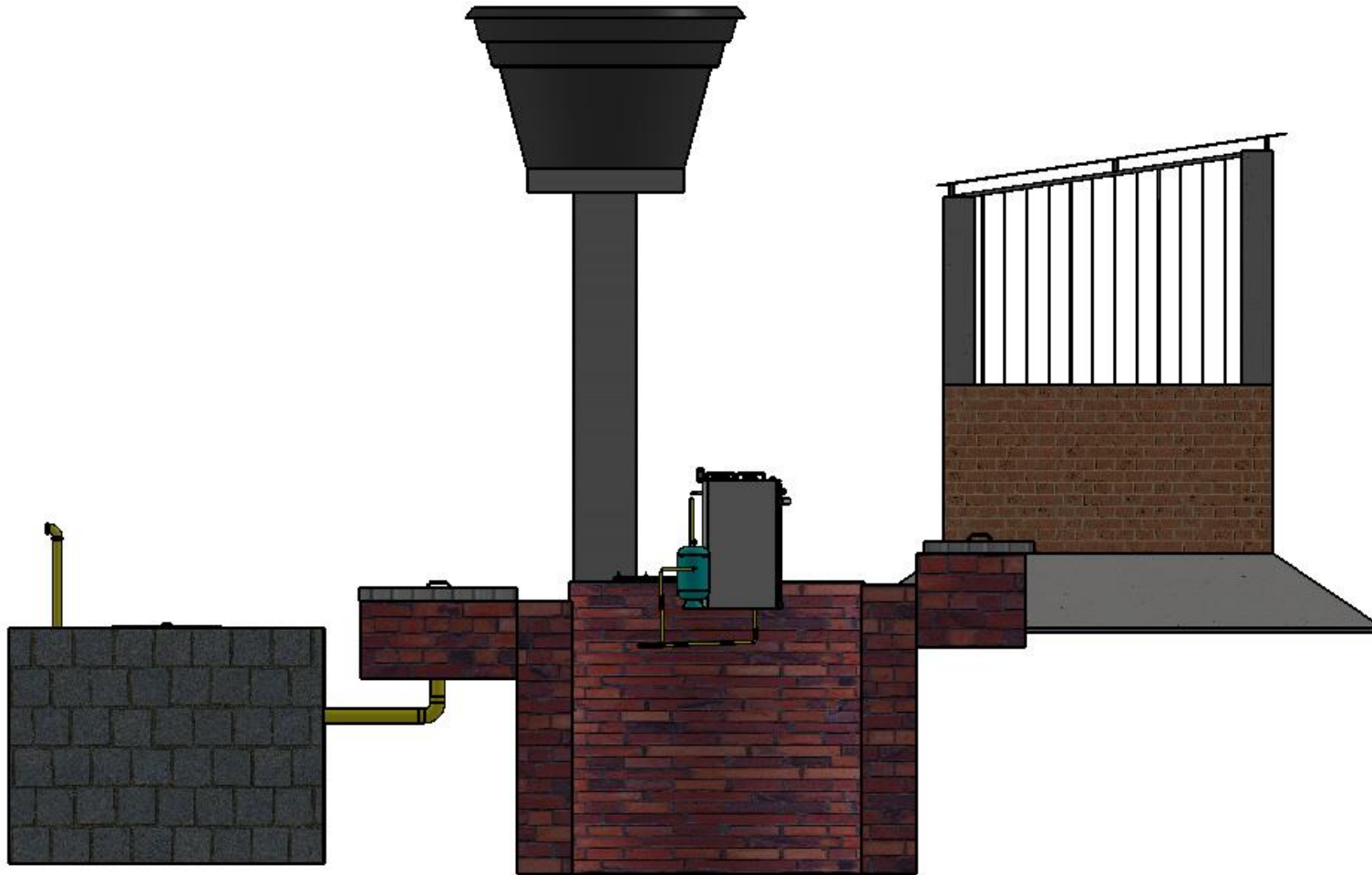


Figura 38. Ensamble biodigestor Vista Lateral Izquierda.

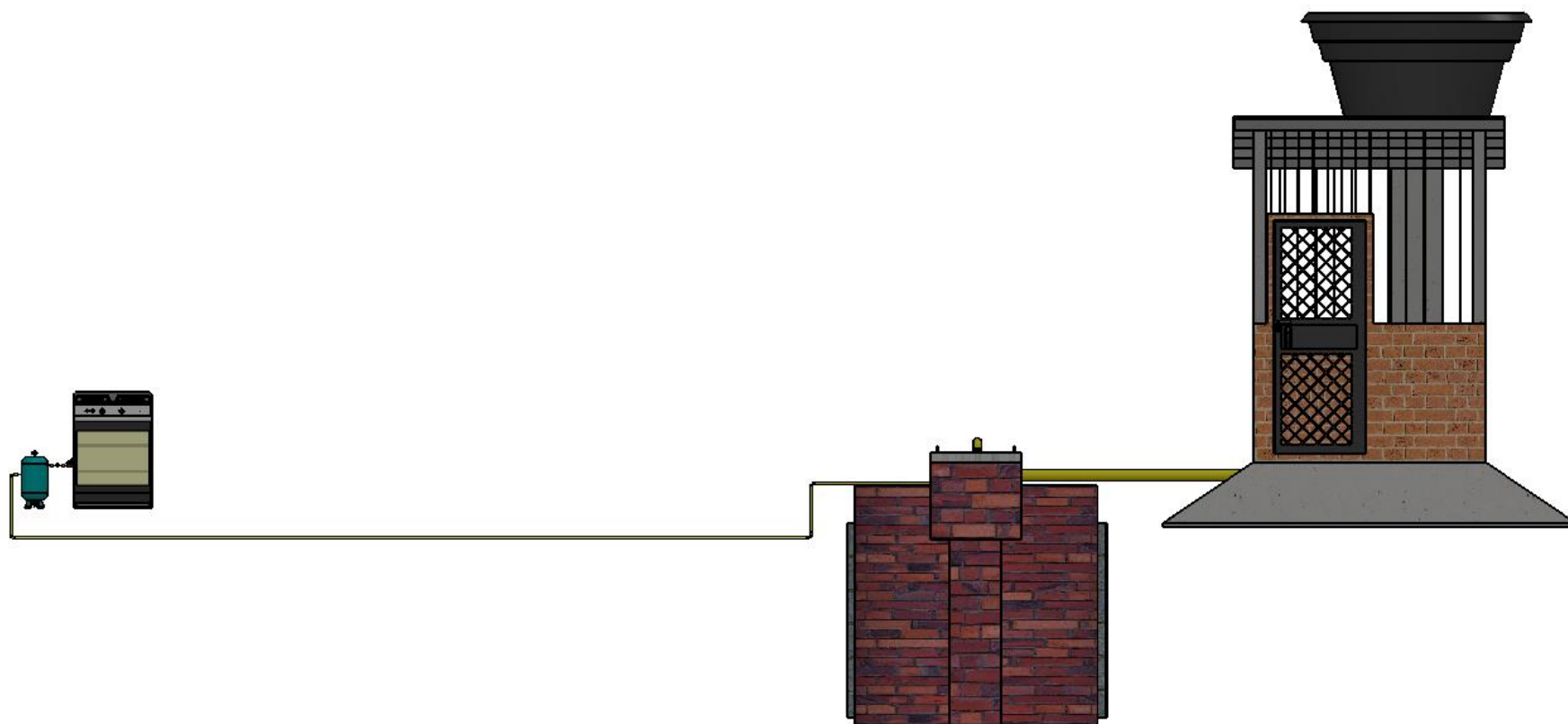


Figura 39. Ensemble biodigestor Vista frontal.

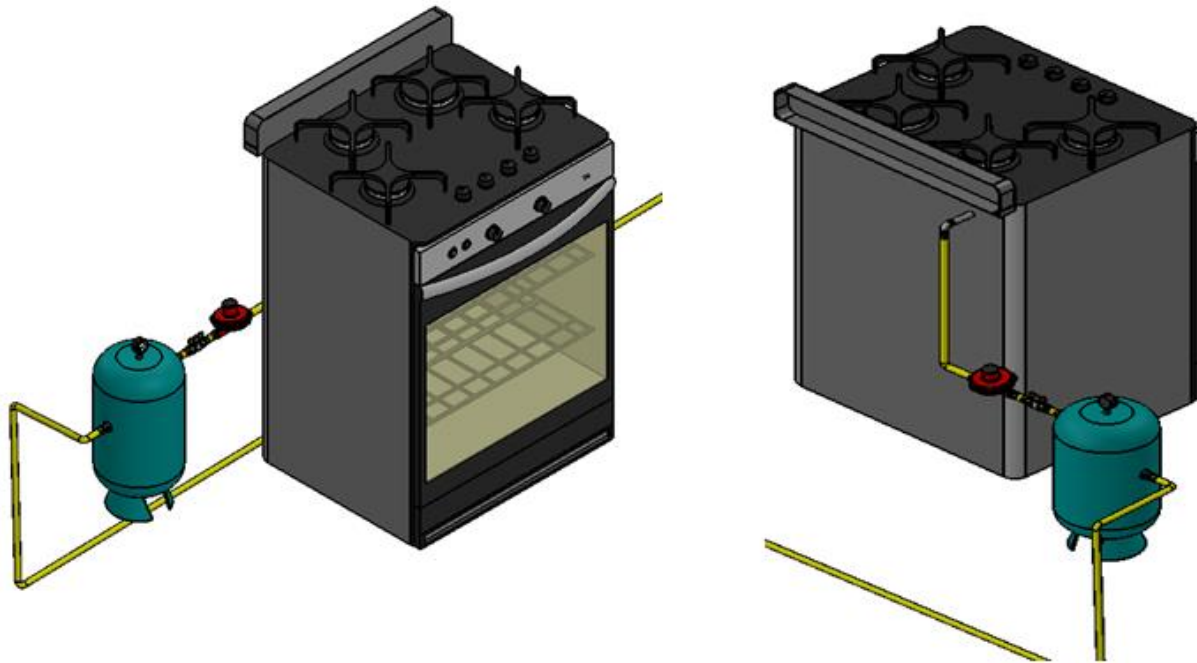


Figura 40. Conexión Estufa al Biodigestor.

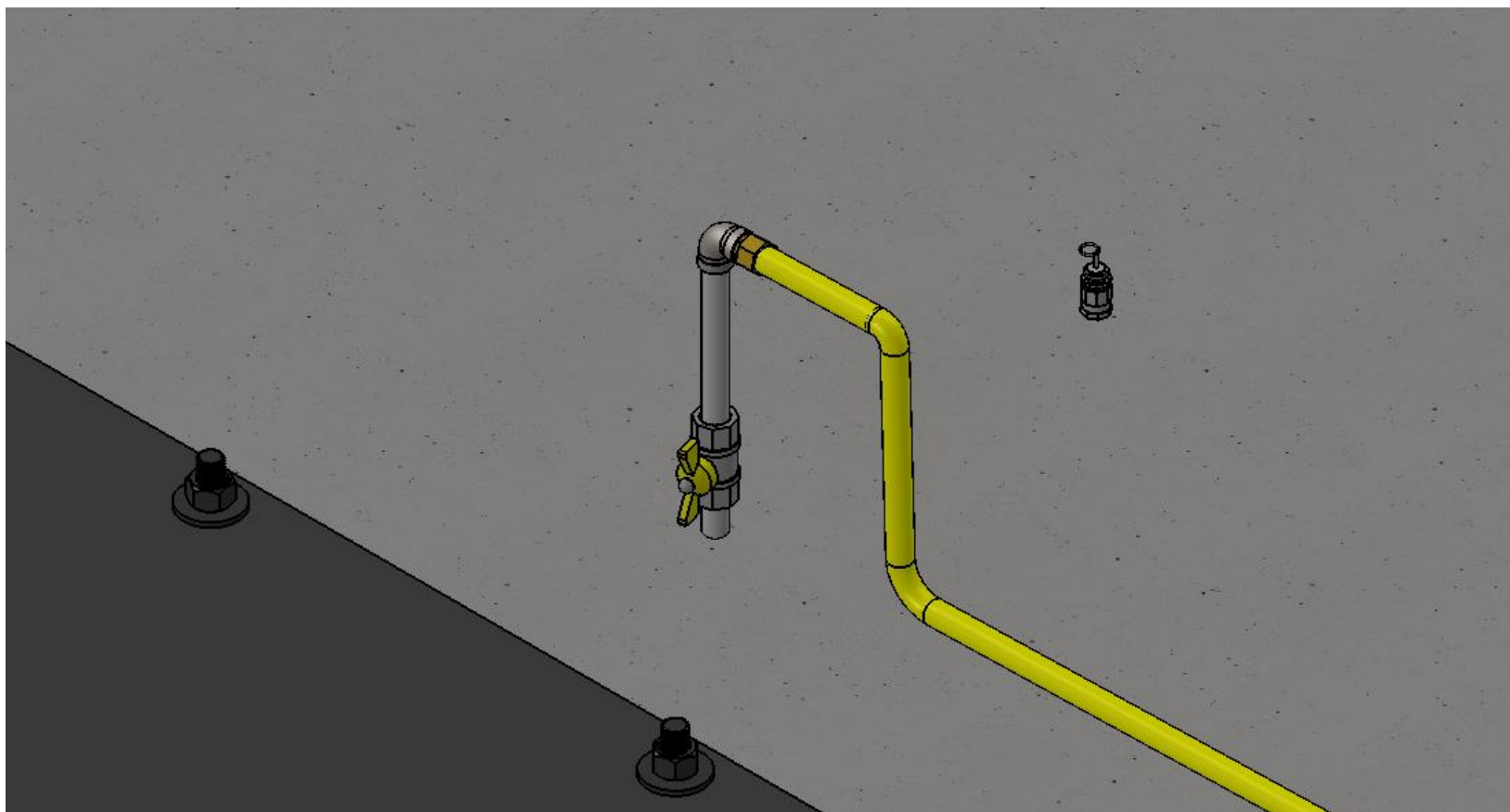


Figura 41. Conexcion de tuberia de gas.



Figura 42. Ensamble de biodigestor con todos sus componentes.

Fuente: Pasante.

CAPITULO 6. COSTOS DE INVERSIÓN DEL BIODIGESTOR PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA.

Tabla 10. Costos de inversión del biodigestor

COSTO DE INVERSIÓN DEL BIODIGESTOR					
ITEM	DESCRIPCION	Unidad	Cant.	Valor unitario	Precio Total
	Construcción de Biodigestor				
1	PRELIMINARES				
1.1	Trazado y replanteo	m ²	61,75	\$ 2.396,78	\$ 148.001,04
1.2	Limpieza	m ²	61,75	\$ 1.560,02	\$ 96.331,04
1.3	Adecuación y nivelación de terreno y de áreas exteriores	m ²	30,64	\$ 25.920,90	\$ 794.216,34
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 1.038.548,42
2	EXCAVACIONES				
2.1	Excavación manual cimiento galpón de cerdo e=0,3*0,3m	m ³	0,70	\$ 23.837,59	\$ 16.733,99
2.2	Excavación manual cimiento anden galpón de cerdo e=0,2*0,2m	m ³	0,55	\$ 23.837,59	\$ 13.082,07
2.3	Excavación manual cimiento caja sistema de carga e=0,7m	m ³	0,45	\$ 23.837,59	\$ 10.679,24
2.4	Excavación manual caja entrada mezcla (estiércol-agua)	m ³	0,41	\$ 23.837,59	\$ 9.725,74
2.5	Excavación manual sistema de fermentación D=1,88m	m ³	5,58	\$ 23.837,59	\$ 132.982,84
2.6	Excavación manual caja entrada bioabono	m ³	0,41	\$ 23.837,59	\$ 9.725,74
2.7	Excavación manual caja sistema de descarga	m ³	0,76	\$ 23.837,59	\$ 18.116,57
2.8	Excavación manual depósito del Fertilizante biol	m ³	6,72	\$ 23.837,59	\$ 160.188,59
2.9	Excavación manual zapata tanque de almacenamiento agua potable	m ³	1,00	\$ 23.837,59	\$ 23.837,59
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 395.072,35

3	CONSTRUCCION DE CIMIENTOS EN CONCRETO CICLOPEO 0,30*0,30, 60% CONCRETO 3000 PSI Y 40% PIEDRA MEDIA ZONGA				
3.1	Construcción en concreto ciclópeo galpón de cerdo e=0,3*0,3m	m ³	0,70	\$ 318.861,66	\$ 223.840,88
3.2	Construcción en concreto ciclópeo andén galpón de cerdo e=0,2*0,2m	m ³	0,55	\$ 318.861,66	\$ 174.991,28
3.3	Construcción en concreto ciclópeo caja sistema de carga e=0,7m	m ³	0,25	\$ 318.861,66	\$ 80.353,14
3.4	Construcción en concreto ciclópeo caja entrada mezcla (estiércol-agua)	m ³	0,14	\$ 318.861,66	\$ 45.916,08
3.5	Construcción en concreto ciclópeo sistema de fermentación D=1,88m	m ³	0,56	\$ 318.861,66	\$ 178.498,76
3.6	Construcción en concreto ciclópeo caja entrada bioabono	m ³	0,14	\$ 318.861,66	\$ 45.916,08
3.7	Construcción en concreto ciclópeo caja sistema de descarga	m ³	0,36	\$ 318.861,66	\$ 114.790,20
3.8	Construcción en concreto ciclópeo depósito del Fertilizante biol	m ³	0,72	\$ 318.861,66	\$ 229.580,39
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 1.093.886,80
4	ESTRUCTURAS EN CONCRETO				
4.1	Construcción de solado 2000 PSI para zapata	m ³	0,05	\$ 359.136,90	\$ 17.956,85
4.2	Construcción de concreto de 3000 PSI zapata	m ³	0,25	\$ 450.627,79	\$ 112.656,95
4.3	Construcción de concreto de 3000 PSI para columna, refuerzo de 4 barras D=1/2", sección 40*40 cm para tanque elevado	m ³	0,57	\$ 781.749,13	\$ 444.033,51
4.4	Construcción de concreto 3000 PSI placa tanque e=0,15 m	m ²	1,00	\$ 76.366,63	\$ 76.366,63
4.5	Construcción viga de cimentación en concreto 3000 PSI de 0,20*0,25	m ³	0,39	\$ 543.828,98	\$ 212.093,30
4.6	Construcción de viga sobre muro en concreto 3000 PSI de 0,10*0,20 m	m ³	0,12	\$ 781.749,13	\$ 97.249,59

4.7	Construcción de concreto de 3000 PSI para columnetas y refuerzo de 4 barras de D=3/8" sección de 10*20 cm	m³	0,19	\$ 781.749,13	\$ 151.346,63
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 1.111.703,46
5	RELLENOS				
5.1	Relleno en material seleccionado compactado e= 0,20 m	m³	0,59	\$ 75.156,46	\$ 44.648,95
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 44.648,95
6	MAMPOSTERIA				
6.1	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para galpón cerdo	m²	6,94	\$ 44.391,26	\$ 308.075,38
6.2	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para sistema de carga	m²	1,12	\$ 44.391,26	\$ 49.718,22
6.3	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para caja entrada mezcla (estiércol-agua)	m²	2,93	\$ 44.391,26	\$ 129.977,62
6.4	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para sistema de fermentación	m²	9,95	\$ 44.391,26	\$ 441.781,86
6.5	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para caja entrada bioabono	m²	2,56	\$ 44.391,26	\$ 113.641,64
6.6	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para sistema de descarga	m²	1,60	\$ 44.391,26	\$ 71.026,02
6.7	Muro sencillo 0,14*0,07*0,28, incluye mortero 1:4, para depósito del Fertilizante biol	m²	10,40	\$ 44.391,26	\$ 461.669,15

	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 1.575.889,89
7	PAÑETES				
7.1	Pañete allanado interiores para galpón cerdo	m²	6,28	\$ 14.817,72	\$ 93.055,25
7.2	Pañete allanado exteriores para galpón cerdo	m²	6,94	\$ 14.817,72	\$ 102.834,94
7.3	Pañete allanado interiores para sistema de carga	m²	1	\$ 14.817,72	\$ 14.817,72
7.4	Pañete allanado exteriores para sistema de carga	m²	1,4	\$ 14.817,72	\$ 20.744,80
7.5	Pañete allanado interiores para caja entrada mezcla (estiércol-agua)	m²	1,28	\$ 14.817,72	\$ 18.966,68
7.7	Pañete allanado interiores para sistema de fermentación	m²	8,04	\$ 14.817,72	\$ 119.167,62
7.9	Pañete allanado interiores para caja entrada bioabono	m²	1,19	\$ 14.817,72	\$ 17.662,72
7.11	Pañete allanado interiores para sistema de descarga	m²	1,28	\$ 14.817,72	\$ 18.966,68
7.13	Pañete allanado interiores para depósito del Fertilizante biol	m²	9,57	\$ 14.817,72	\$ 141.775,90
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 547.992,30
8	PLANTILLA EN CONCRETO				
8.1	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para galpón cerdo e=0,07 m	m²	2,97	\$ 30.239,79	\$ 89.824,29
8.2	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para sistema de carga e=0,10 m	m²	0,28	\$ 30.239,79	\$ 8.467,14

8.3	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para caja entrada mezcla (estiércol-agua) e=0,16 m	m ²	0,07	\$ 30.239,79	\$ 2.116,79
8.4	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para sistema de fermentación e=0,16 m	m ²	2,01	\$ 30.239,79	\$ 60.800,86
8.5	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para caja entrada bioabono e=0,16 m	m ²	0,07	\$ 30.239,79	\$ 2.116,79
8.6	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para sistema de descarga e=0,10 m	m ²	0,67	\$ 30.239,79	\$ 20.260,66
8.7	Plantilla en concreto 3.000 PSI, para depósito del fertilizante biol e=0,08 m	m ²	3,39	\$ 30.239,79	\$ 102.379,85
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 285.966,37
9	PLACA MACIZA CONCRETO 3.000 PSI				
9.1	Placa maciza de concreto tapa de 3000 PSI, para sistema de carga e=0,08	m ²	0,49	\$ 76.366,63	\$ 37.419,65
9.2	Placa maciza de concreto de 3000 PSI, para sistema de fermentación e=0,15	m ²	2,59	\$ 76.366,63	\$ 197.719,49
9,3	Placa maciza de concreto tapa de 3000 PSI, para sistemas de descarga e=0,08	m ²	1,00	\$ 76.366,63	\$ 76.366,63
9.3	Placa maciza de concreto de 3000 PSI, para depósito del fertilizante biol e=0,08	m ²	3,64	\$ 76.366,63	\$ 277.974,54
9.4	Placa maciza de concreto tapa de 3000 PSI, para depósito del fertilizante biol	m ²	0,36	\$ 76.366,63	\$ 27.491,99
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 616.972,30

10	TAPA SUPERIOR DE HIERRO				
10.1	Marco en áng. 1 1/2"x1 1/2"x1/4" y refuerzo para tapa en platina 3x3/16" con parrilla en varilla 3/8 cada 10cm para Caja distribución de 0.65x0.65m	unidad	1	\$ 98.000,00	\$ 98.000,00
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 98.000,00
11	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (INCLUYE ALAMBRE NEGRO)				
11.1	Acero para zapata	kg	24,00	\$ 3.393,51	\$ 81.444,20
11.2	Acero para columna, refuerzo de 4 barras D=1/2", sección 40*40 cm para tanque elevado	kg	16,00	\$ 3.393,51	\$ 54.296,13
11.3	Acero para placa tanque barras D=1/2"	kg	24,00	\$ 3.393,51	\$ 81.444,20
11.4	Acero para viga de cimentación	kg	31,20	\$ 3.393,51	\$ 105.877,46
11.5	Acero de viga sobre muro 4 barras de 3/8"	kg	17,47	\$ 3.393,51	\$ 59.291,38
11.6	Acero para columnetas y refuerzo de 4 barras de D=3/8" sección de 10*20 cm	kg	25,40	\$ 3.393,51	\$ 86.200,54
11.7	Acero para tapa del sistema de carga D=3/8"	kg	4,70	\$ 3.393,51	\$ 15.963,06
11.8	Acero para el sistema de fermentación D=3/8"	kg	20,944	\$ 3.393,51	\$ 71.073,64
11.9	Acero para el sistema de descarga D=3/8"	kg	6,72	\$ 3.393,51	\$ 22.804,38

11.10	Acero para el depósito de fertilizante biol D=3/8"	kg	26,88	\$ 3.393,51	\$ 91.217,50
11.11	Acero para flejes de la columna D=1/4"	kg	9,30	\$ 3.393,51	\$ 31.559,63
11.12	Acero para flejes de las columnetas D=1/4"	kg	8,90	\$ 3.393,51	\$ 30.202,22
11.13	Acero para flejes de viga de cimentación galpón de cerdo D=1/4"	kg	11,05	\$ 3.393,51	\$ 37.498,27
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 768.872,62
12	PUERTA PARA GALPON DE CERDO				
12.1	Puerta para galpón de cerdo 1,80x0,70 m	m²	1,26	\$ 207.919,72	\$ 261.978,84
12.2	Marcos puertas lamina cal. 20, incl. Anticorrosivo y esmalte.	m	4,30	\$ 12.203,65	\$ 52.475,68
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 314.454,52
13	ANDEN PERIMETRAL GALPON DE CERDO				
13.1	Plantilla en concreto 3.000 PSI e=0,07 m para anden perimetral galpón de cerdo	m²	13,4	\$ 30.239,79	\$ 405.213,25
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 405.213,25
14	MALLA ESLABONADA				

14.1	Malla eslabonada calibre 60 mm	m ²	8,72	\$ 51.644,12	\$ 450.104,35
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 450.104,35
15	TAPA DE HIERRO CON MANIGUETA PARA ENTRADA DE BIODIGESTOR				
15.1	Tapa de Hierro con manigueta 32X30 cm	unidad	1,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 50.000,00
16	CUBIERTA				
16.1	Cubierta para galpón de cerdo en lámina de zinc	m ²	8,7	\$ 28.231,27	\$ 245.612,01
16.2	Correas metálicas 2Ø3/8-1 Ø1/2 Y Celosías de Ø3/8"- altura .20- luz hasta 4mt-Incl. Anticorrosivo y esmalte	ml	10,8	\$ 27.347,74	\$ 295.355,57
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 540.967,58
17	TUBERIA Y ACCESORIOS PVC				
17.1	Tubería hidráulica PVC D=1/2" para tanque elevado	ml	15,00	\$ 8.797,36	\$ 131.960,33
17.2	Tubería sanitaria PVC D=2" depósito de fertilizante biol para respiradero	ml	1,00	\$ 18.182,18	\$ 18.182,18
17.3	Tubería sanitaria PVC D=3" conexión del sistema de descarga al depósito de fertilizante biol	ml	1,00	\$ 21.122,37	\$ 21.122,37

17.4	Tubería sanitaria PVC D=3" conexión del galpón de cerdo al sistema de carga del biodigestor.	ml	2,50	\$ 21.122,37	\$ 52.805,92
17.5	Rejilla sosco 3X2 aluminio	unidad	1,00	\$ 6.630,00	\$ 6.630,00
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 230.700,80
18	TUBERIA, ACCESORIOS PARA GAS Y OTROS				
18.1	Estufa Haceb dos puestos	unidad	1,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
18.2	Cilindro de gas vacío 225 PSI	unidad	1,00	\$ 180.000,00	\$ 180.000,00
18.3	Codo de 90° galvanizada de 1/2"	unidad	2,00	\$ 2.500,00	\$ 5.000,00
18.4	Tubería galvanizada de 1/2"	ml	1,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
18.5	Herramienta tarraja para rosca tubería galvanizada de 1/2 Pulg	unidad	1,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
18.6	Válvula de paso galvanizada de 1/2"	unidad	2,00	\$ 12.000,00	\$ 24.000,00
18.7	Unión hembra galvanizada de 1/2"	unidad	6,00	\$ 1.500,00	\$ 9.000,00
18.8	Válvulas de seguridad galvanizada 150 psi, de 1/2"	unidad	1,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
18.9	Terminal macho de tubería PE AL PE de 1/2"	unidad	6,00	\$ 4.000,00	\$ 24.000,00
18.10	Tubería PE AL PE de 1/2"	ml	15,00	\$ 2.500,00	\$ 37.500,00

18.11	Regulador Gas Propano R-18	unidad	1,00	\$ 19.500,00	\$ 19.500,00
18.12	Manómetro de 150 Psi	unidad	1,00	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
18.13	Bebedero para cerdo	unidad	2,00	\$ 6.000,00	\$ 12.000,00
18.14	Tornillo Bulón Cabeza Hexagonal con tuerca 1/2 x2 Pulg	unidad	8,00	\$ 10.000,00	\$ 80.000,00
18.15	Chazo metálico	unidad	4,00	\$ 500,00	\$ 2.000,00
18.16	Teflón	unidad	5,00	\$ 500,00	\$ 2.500,00
18.17	Cerdo criollo de ceba 20 kg	unidad	5,00	\$ 180.000,00	\$ 900.000,00
VALOR CAPITULO		SUBTOTAL			\$ 1.419.500,00
19	TANQUE PLASTICO PARA RESERVA DE AGUA 500 LT-INCL. ACCESORIOS NECESARIOS PARA SU INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO				
19.1	Tanque plástico para agua potable de 500 litros y accesorios	unidad	1,00	\$ 404.301,61	\$ 404.301,61
	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL			\$ 404.301,61
20	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL				
20.1	Aseo y limpieza de la obra	global	1,00	\$ 124.677,65	\$ 124.677,65

	VALOR CAPITULO	SUBTOTAL	\$ 124.677,65
TOTAL COSTOS DIRECTOS		SUBTOTAL	\$ 11.517.473,21
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 30%		SUBTOTAL	\$ 3.455.241,96
AIU	ADMINISTRACION	20%	\$ 2.303.494,64
	IMPREVISTOS	5%	\$ 575.873,66
	UTILIDAD	5%	\$ 575.873,66
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			\$ 3.455.241,96
TOTAL COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS			\$ 14.972.715,18
INTERVENTORIA		7,50%	\$ 1.122.953,64
TOTAL CONSTRUCCION BIODIGESTOR			\$ 16.095.668,81

Fuente: Pasante

variables para su respectivo diseño.	Analizar la cantidad promedio del consumo de gas por familia de la población Guaimaral Cesar.																
	Balance de materia prima que abastecerá al biodigestor para la producción de gas, basado en el estudio estandarizado y cantidad de animales en la guaimaral cesar.																
	Cálculo de la capacidad del tanque.																
Determinar las características adecuadas de diseño y presupuesto del biodigestor para la obtencion de biogas.	-Dibujo del diseño en herramienta CAD (solidwork).																
	Analizar el costos de inversión del Biodigestor para el																

Fuente: Pasante

DIAGNÓSTICO FINAL.

Al momento de diseñar el biodigestor, se tuvo en cuenta una descripción de los nuevos sistemas biodigestoras biobolsas. “Los sistemas biodigestoras biobolsa no pueden almacenar grandes cantidades de gas, porque la presión almacenada se encuentra a presión atmosférica y no son eficientes para el uso de estufas LP” (Biobolsas, 2016, pág. 2). Por lo tanto el diseño de éste biodigestor anaeróbico se construirá en material hormigón, que son capaces de retener gran parte de su producción, ya que nos proporcionará mayor rendimiento y confiabilidad para el tratamiento de la mezcla (estiércol-agua).

CONCLUSIONES.

La utilización del biodigestor ofrecerá grandes ventajas en el aprovechamiento de éste recurso natural orgánico; ya que disminuirá la contaminación ambiental, además nos proporcionará gran parte de combustible gas metano, de igual manera, conducirá al crecimiento económico con la obtención de bioabono fertilizante, sin la presencia de malos olores, dándonos como resultado, el crecimiento en la producción agroindustrial, trayendo como beneficio el mejoramiento de la calidad de vida al corregimiento de Guaimaral municipio de Curumani Cesar.

Los resultados económicos cambiarán un 100% con el uso de éste novedoso sistema. Ya que no habrá la necesidad de talar árboles y comprar un combustible para la cocción de los alimentos. Del mismo modo con la implementación de un galpón de cerdo que alimentará directamente al biodigestor, se convertirá en un proyecto productivo rentable, que generará ingresos al corregimiento de Guaimaral convirtiéndola en una población pionera, con la producción de cerdos que abastecerá al municipio de Curumani Cesar.

RECOMENDACIONES.

La tecnología de hoy en día, nos puede proporcionar grandes avances para el diseño de este biodigestor. Con la implementación de un sistema eléctrico agitador, se lograría obtener mayores cantidades de gas metano, teniendo en cuenta que será un valor agregado que afectara directamente el costos de inversión del biodigestor.

REFERENCIA

- Agricultura, D. d. (2015). *fao*. Obtenido de CRÍA DE CERDOS:
<http://www.fao.org/docrep/V5290S/v5290s23.htm>
- Biobolsas, S. (Julio de 2016). Obtenido de <http://sistemabiobolsa.com/wp-content/uploads/2016/07/PREGUNTAS-FRECIENTES-Biodigestores-SISTEMA-BIOBOLSA.pdf>
- Cesar, A. d. (24 de Septiembre de 2008). *curumani-cesar*. Obtenido de http://www.curumani-cesar.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcMapas%20Pol%EDticos-1-&x=2073584
- COLOMBIA, C. P. (1991).
- Emet. (2007). Obtenido de
<https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070515171430AAIb8VZ>
- ENERGÉTICA, U. D. (2003). GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE BIOGAS . *FORMULACIÓN DE UN PROGRAMA BÁSICO DE NORMALIZACION PARA APLICACIONES DE ENERGIA ALTERNATIVA Y DIFUSION* , (págs. 34-37). Bogotá, D.C.
- Energia, C. (28 de Abril de 2010). Recuperado el 5 de Abril de 2017, de
<https://energiacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>
- Energia, C. (Agosto de 2012). Recuperado el 5 de Abril de 2017, de
<https://energiacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>
- GoogleMaps. (s.f.). Obtenido de
<https://www.google.com.co/maps/place/Guaimaral,+Curuman%C3%AD,+Cesar/@9.229805,-73.6612834,433m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8e5e3cb622d57d91:0xae66e505b9c652be!8m2!3d9.2298025!4d-73.6601865>
- GUEVARA V., A. (1996). Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores. En C. P. –, *Producción de gas y saneamiento de efluentes*. Lima.
- MÁRQUEZ K., M. (2005). *Estudio del tratamiento de lodos provenientes de pisciculturas mediante un sistema de digestión anaerobio*. Obtenido de
http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2622/Informe_Final.pdf?sequence=1
- MORA-FIGUEROA, D. A. (14 de diciembre de 2005). *El Estudio Geotécnico para Edificación* . Las Palmas de Gran Canaria.

- PRONATTA. (s.f.). *Manejo de excretas y Biodigestores*. Obtenido de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4716/1/20061127162154_Manejo%20de%20excretas%20y%20biodigestores.pdf
- RAMÓN, J., ROMERO, L., & SIMANCA, J. (2006). Diseño de un biodigestor de canecas en serie para obtener gas metano y fertilizantes a partir de la fermentación de excrementos de cerdo. *Revista Ambiental: Aire, Agua y Suelo.*, 1, 15-23.
- Sallas, J. (30 de Junio de 2014). *WordPress*. Obtenido de OBTENCIÓN DE ENERGÍA POR COMBUSTIÓN DE BIOMASA: <https://jaimesalles.wordpress.com/2014/06/30/maquina-biodigestor-cobertizo/>
- SANTANDER, U. F. (1996). *ESTATUTO ESTUDIANTEL - ACUERDO 065*. Cucuta Norte de Santander.
- sites.google. (s.f.). *Parámetros de operacion*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/proyectobiodigestor6to/foda>
- Suelos, C. p. (5 de sept. de 2012). Obtenido de <https://es.slideshare.net/fredyteran/suelos-para-construir>
- Unidas, N. (1998). *PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN*.
- VARGAS P., M. (2006). Introducción a las energías alternativas con experimentos sencillos. La Paz.
- YANK, L., MARTINA, P., CORACE, J., & AEERHARD, A. (Enero de 2009). *Construcción de un biodigestor pequeño para su uso en investigación y docencia. Primeros ensayos. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Argentina*. Obtenido de <http://arandu.org.ar/pub/digestororiginal1.pdf>

APÉNDICES

Apéndice 1. Análisis de Precios Unitarios

(APU) ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
COSTO DE INVERSION DEL BIODIGESTOR					
CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL , MUNICIPIO DE CURUMANI, DEPARTAMENTO DEL CESAR					
ALCALDIA MUNICIPAL DE CURUMANI CESAR					
CONSULTOR: ING - TOP : GONZALO CERVANTES PADILLA Y/O GESTIPRO LTDA Y FUNDESPAZ					
AÑO: MARZO DE 2017.					
ITEMS	DESCRIPCION	UN	CANT	VR. UNIT	VR. PARCIAL
1,00	PRELIMINARES				
1,10	LOCALIZACION Y REPLANTEO CON EQUIPO	m ²			\$ 2.396,78
	Estaca de madera	unidad	0,25	\$ 300,00	\$ 75,00
	Puntilla con cabeza 2	lb	0,0027	\$ 2.500,00	\$ 6,75
	Equipo de topografía	mese	0,0002	\$ 2.130.000,00	\$ 426,00
	Cadenero 1	MES	0,0001	\$ 1.100.000,00	\$ 110,00
	Cadenero 2	mes	0,0001	\$ 990.000,00	\$ 99,00
	Topógrafo	mes	0,0001	\$ 1.800.000,00	\$ 180,00
	Mano de obra	hc	0,07	\$ 21.428,97	\$ 1.500,03

1,20	DESCAPOTE Y LIMPIEZA A MAQUINA H=0,30 INCL.RETIRO SOBRANTE A 2KM	m ²			\$ 1.560,02
	Motoniveladora cat 12-f	h	0,003	\$ 150.000,00	
	Volqueta 6 m3	vj	0,003	\$ 90.000,00	\$ 270,00
	Cargador frontal	d	0,0030	\$ 130.000,00	\$ 390,00
	Transporte motoniveladora	h	0,001	\$ 940.000,00	
	Herramienta menor 5%		5\$	\$ 857,16	\$ 42,86
	Mano de obra	hr	0,040	\$ 21.428,97	\$ 857,16
1,30	ADECUACION Y NIVELACION DE TERRENO Y DE AREAS EXTERIORES				\$ 25.920,90
	Cuadrilla 0x1	d	0,10	\$ 62.338,82	\$ 6.233,88
	Volqueta 5m3	vj	0,26	\$ 75.000,00	\$ 19.500,00
	Herramientas menores 0,03	% mo	0,03	\$ 6.233,88	\$ 187,02
2,00	EXCAVACION MANUAL	m ³			\$ 23.837,59
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 23.143,29	\$ 694,30
	Mano de obra	hc	1,08	\$ 21.428,97	\$ 23.143,29
3,00	CONCRETO CICLOPEO 0,3*0,3, 60% CONCRETO 3000 PSI Y 40% PIEDRA MEDIA ZONGA	m ³			\$ 318.861,66
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	0,60	\$ 326.191,00	\$ 195.714,60

	Piedra	m ³	0,40	\$ 74.940,00	\$ 29.976,00
	Desperdicio	%	0,05	\$ 225.690,60	\$ 11.284,53
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 79.501,48	\$ 2.385,04
	Mano de obra	hc	3,71	\$ 21.428,97	\$ 79.501,48
4	ESTRUCTURAS EN CONCRETO				
4,10	Solado concreto 2.000 psi, exp. 0.05	m ³			\$ 359.136,90
	Concreto 1:3:4 elaborado en obra	m ³	1,00	\$ 275.189,00	\$ 275.189,00
	Desperdicio	%	0,05	\$ 275.189,00	\$ 13.759,45
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 68.144,13	\$ 2.044,32
	Mano de obra	hc	3,18	\$ 21.428,97	\$ 68.144,13
4,20	Concreto zapata 3000 psi mezclado en obra(no incluye refuerzo)	m ³			\$ 450.627,79
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	1,05	\$ 326.191,00	\$ 342.500,55
	Desperdicio	%	0,05	\$ 342.500,55	\$ 17.125,03
	Vibrador con operador	d	0,10	\$ 104.400,00	\$ 10.440,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 78.215,74	\$ 2.346,47
	Mano de obra	hc	3,65	\$ 21.428,97	\$ 78.215,74

4,30	VIGAS DE AMARRE SOBRE MURO, CONCRETO 3.000 PSI, SECCION .10x.20	m ³			\$ 1.905.227,81
	Puntilla con cabeza 2	lb	4,00	\$ 275.189,00	\$ 1.100.756,00
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	1,00	\$ 326.191,00	\$ 326.191,00
	Desperdicio	%	0,03	\$ 1.426.947,00	\$ 42.808,41
	Vibrador con operador	d	0,04	\$ 104.400,00	\$ 4.176,00
	Andamio tubular	d	5,00	\$ 812,00	\$ 4.060,00
	Formaleta para vigas sobre muro 11.11ml o .3x.3	m ³	2,00	\$ 103.259,00	\$ 206.518,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 214.289,71	\$ 6.428,69
	Mano de obra	hc	10,00	\$ 21.428,97	\$ 214.289,71
4,40	Placa maciza espesor 0.10 concreto 3.000 psi	m ²			\$ 76.366,63
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	0,10	\$ 326.191,00	\$ 32.619,10
	Desperdicio	%	0,03	\$ 32.619,10	\$ 978,57
	Costo adicional bombeo	m ³	0,06	\$ 23.780,00	\$ 1.426,80
	Vibrador con operador	d	0,01	\$ 104.400,00	\$ 1.044,00
	Formaleta para placas aéreas	m ²	1,00	\$ 7.190,40	\$ 7.190,40
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 32.143,46	\$ 964,30
	Mano de obra	hc	1,50	\$ 21.428,97	\$ 32.143,46

4,50	Viga de piso en concreto 3.000 psi, de ,30x,30	m ³			\$ 543.828,98
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	1,00	\$ 326.191,00	\$ 326.191,00
	Puntilla con cabeza 2	lb	0,74	\$ 2.500,00	\$ 1.837,50
	Desperdicio	%	0,05	\$ 328.028,50	\$ 16.401,43
	Repisa ordinario 3 m	m	5,50	\$ 3.000,00	\$ 16.500,00
	Tabla burra ordinario 0.30	m	6,50	\$ 2.300,00	\$ 14.950,00
	Vibrador con operador	d	0,04	\$ 104.400,00	\$ 4.176,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 159.002,96	\$ 4.770,09
	Mano de obra	hc	7,42	\$ 21.428,97	\$ 159.002,96
4,60	VIGAS DE AMARRE SOBRE MURO, CONCRETO 3.000 PSI, SECCION .10x.20	m ³			\$ 781.749,13
	Puntilla con cabeza 2	lb	4,00	\$ 2.500,00	\$ 10.000,00
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	1,00	\$ 326.191,00	\$ 326.191,00
	Desperdicio	%	0,03	\$ 336.191,00	\$ 10.085,73
	Vibrador con operador	d	0,04	\$ 104.400,00	\$ 4.176,00
	Andamio tubular	d	5,00	\$ 812,00	\$ 4.060,00
	Formaleta para vigas sobre muro 11.11ml o .3x.3	m ³	2,00	\$ 103.259,00	\$ 206.518,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 214.289,71	\$ 6.428,69

	Mano de obra aa	hc	10,00	\$ 21.428,97	\$ 214.289,71
4,70	COLUMNETAS Y VIGAS SOBRE MURO, CONCRETO 3.000 PSI, SECCION .10x.20.	m ³			\$ 437.536,40
	Puntilla con cabeza 2	lb	4,00	\$ 2.500,00	\$ 10.000,00
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	1,00	\$ -	\$ -
	Desperdicio	%	0,03	\$ 10.000,00	\$ 300,00
	Vibrador con operador	d	0,04	\$ -	\$ -
	Andamio tubular	d	5,00	\$ -	\$ -
	Formaleta para vigas sobre muro 11.11ml o .3x.3	m ³	2,00	\$ 103.259,00	\$ 206.518,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 214.289,71	\$ 6.428,69
	Mano de obra	hc	10,00	\$ 21.428,97	\$ 214.289,71
5	RELLENOS				
5,10	Relleno seleccionado, incl. suministro y compactación	m ³			\$ 75.156,46
	Relleno seleccionado	m ³	1,00	\$ 55.978,00	\$ 55.978,00
	Porcentaje por compactación	m ³	0,30	\$ 25.000,00	\$ 7.500,00
	Vibro- compactador tipo rana	d	0,03	\$ 92.800,00	\$ 2.320,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 9.085,88	\$ 272,58

	Mano de obra	hc	0,42	\$ 21.428,97	\$ 9.085,88
6,00	MAMPOSTERIA				
	Muro sencillo 0.15, ladrillo común .07x.11x.22 incluye mortero 1:4-cuchillas	m ²			\$ 44.391,26
	Ladrillo corriente .07x.11x.22	unidad	35,00	\$ 600,00	\$ 21.000,00
	Mortero 1:4	m ³	0,04	\$ 272.084,00	\$ 10.339,19
	Desperdicio	%	0,10	\$ 31.339,19	\$ 3.133,92
	Andamio tubular	d	0,20	\$ 812,00	\$ 162,40
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 9.471,61	\$ 284,15
	Mano de obra	hc	0,44	\$ 21.428,97	\$ 9.471,61
7,00	PAÑETE IMPERMEABILIZADO EN MUROS 1:4	m ²			\$ 14.817,72
	Andamio tubular	d	0,40	\$ 812,00	\$ 324,80
	Mortero 1:4 impermeabilizado	m ³	0,03	\$ 335.392,00	\$ 8.384,80
	Desperdicio	%	0,03	\$ 4.957,28	\$ 148,72
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 5.785,82	\$ 173,57
	Mano de obra	hc	0,27	\$ 21.428,97	\$ 5.785,82

8,00	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-ESP. 0.07 MT.	m ²			\$ 30.239,79
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	0,07	\$ 326.191,00	\$ 22.833,37
	Desperdicio	%	0,05	\$ 22.833,37	\$ 1.141,67
	Formaleta	d	0,30	\$ 650,00	\$ 195,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 5.892,97	\$ 176,79
	Mano de obra	hc	0,25	\$ 23.571,87	\$ 5.892,97
9,00	PLACA MACIZA ESP 0.10 CONCRETO 3.000 PSI	m ²			\$ 76.366,63
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	0,10	\$ 326.191,00	\$ 32.619,10
	Desperdicio	%	0,03	\$ 32.619,10	\$ 978,57
	Costo adicional bombeo	m ³	0,06	\$ 23.780,00	\$ 1.426,80
	Vibrador con operador	d	0,01	\$ 104.400,00	\$ 1.044,00
	Formaleta para placas aereas	m ²	1,00	\$ 7.190,40	\$ 7.190,40
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 32.143,46	\$ 964,30
	Mano de obra	hc	1,50	\$ 21.428,97	\$ 32.143,46
10,00	TAPA SUPERIOR DE HIERRO				

	Marco en ang. 1 1/2"x1 1/2x1/4" y refuerzo para tapa en platina 3x3/16" con parrilla en varilla 3/8 cada 10cm para Caja distribución de 0.65x0.65m	unidad	1,00		\$ 98.000,00
11,00	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI(INCLUYE ALAMBRE NEGRO)	kg			\$ 3.393,51
	Alambre negro	kg	0,025	\$ 3.900,00	\$ 97,50
	Acero de refuerzo pdr-60	kg	1,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
	Desperdicio	%	0,03	\$ 2.597,50	\$ 77,93
	Segueta nicholson	unidad	0,02	\$ 3.900,00	\$ 78,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 621,44	\$ 18,64
	Mano de obra	hc	0,029	\$ 21.428,97	\$ 621,44
12,00	PUERTA PARA GALPON DE CERDO				
12,10	Puerta metálica en aluminio cal 18 2x1.0 (incluye montaje en vidrio, cerradura y pintura en esmalte sintético)	m ²			\$ 207.919,72
	Cerradura 20 mm	unidad	1,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
	Esmalte sintético	gl	0,05	\$ 44.108,00	\$ 2.205,40
	Puerta metálica en aluminio cal 181.0x2.0	unidad	1,00	\$ 140.000,00	\$ 140.000,00
	Visor en vidrio	unidad	1,00	\$ 14.000,00	\$ 14.000,00

	Cuadrilla 1x1	d	0,01	\$ 171.431,77	\$ 1.714,32
12,20	MARCOS PUERTAS LAMINA CAL. 20, INCL. ANTICORROSIVO Y ESMALTE.	ml			\$ 12.203,65
	Soldadura 6011x1/8"	kg	0,08	\$ 7.500,00	\$ 600,00
	Anticorrosivo 507 gris	gl	0,02	\$ 36.500,00	\$ 608,33
	Lámina cold rolled 1.00x2.00 cal.18	un	0,10	\$ 58.250,00	\$ 5.825,00
	Pintura esmalte sintet	gl	0,02	\$ 44.108,00	\$ 735,13
	Tinner	gl	0,03	\$ 16.000,00	\$ 533,33
	Desperdicio	%	0,05	\$ 8.301,80	\$ 415,09
	Sub-contrato de ornamentación	%	0,40	\$ 8.716,89	\$ 3.486,76
13,00	ANDEN PERIMETRAL GALPON DE CERDO				
13,10	Plantilla en concreto 3.000 psi-esp. 0.07 mt.	m ²			\$ 30.239,79
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	0,07	\$ 326.191,00	\$ 22.833,37
	Desperdicio	%	0,05	\$ 22.833,37	\$ 1.141,67
	Formaleta	d	0,30	\$ 650,00	\$ 195,00
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 5.892,97	\$ 176,79
	Mano de obra	hc	0,25	\$ 23.571,87	\$ 5.892,97

14,00	MALLA ESLABONADA				
14,10	Malla eslabonada 60mm-tubo galvanizado cerramiento de 2 1/2"- incluye suministro y colocación-para altura de 2.00mt y apoyos cada 3mt	m ²			\$ 51.644,12
	Malla eslabonada 60 mm x 2.00	m ²	1,00	\$ 21.050,52	\$ 21.050,52
	Soldadura	gb	0,30	\$ 2.000,00	\$ 600,00
	Concreto 1:2:3 elaborado en obra	m ³	0,02	\$ 318.312,00	\$ 7.639,49
	Desperdicio	%	0,05	\$ 42.617,05	\$ 2.130,85
	Transporte	%	0,00	\$ 44.747,91	\$ -
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 19.634,23	\$ 589,03
	Mano de obra incl. armado, instalación, corte, soldadura y pintura	hc	0,90	\$ 21.815,82	\$ 19.634,23
15,00	TAPA DE HIERRO CON MANIGUETA PARA ENTRADA DE BIODIGESTOR				
15,10	Tapa de Hierro con manigueta 32X30 cm	unidad	1,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
16,00	CUBIERTA				
16,10	Cubierta en lamina de zinc	m ²			\$ 28.231,27
	Lamina de zinc no. 6	unidad	0,67	\$ 29.645,00	\$ 19.862,15
	Ganchos	unidad	1,3	\$ 269,12	\$ 349,86
	Amarres n. 16	unidad	0,65	\$ 116,00	\$ 75,40
	Desperdicio	%	0,03	\$ 20.287,41	\$ 608,62
	Transporte	%	0	\$ 20.896,03	\$ -
	Andamio tubular	d	0,2	\$ 928,00	\$ 185,60
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 6.941,40	\$ 208,24
	Mano de obra	hc	0,35	\$ 19.832,56	\$ 6.941,40

16,20	Correas metalicas 2ø3/8-1 ø1/2 y celosias de ø3/8"-altura .20-luz hasta 4mt-incl. Anticorrosivo y esmalte	ml			\$ 27.347,74
	Acero de ø3/8	ml	2,00	\$ 1.125,00	\$ 2.250,00
	Acero de ø1/2	ml	1,00	\$ 2.076,00	\$ 2.076,00
	Acero de ø3/8-celosias	ml	2,88	\$ 1.125,00	\$ 3.240,00
	Anticorrosivo gris	gl	0,04	\$ 36.138,64	\$ 1.445,55
	Esmalte sintético pintulux	gl	0,04	\$ 63.687,00	\$ 2.547,48
	Tinner	gl	0,08	\$ 17.160,00	\$ 1.372,80
	Soldadura 6011x1/8	kg	0,21	\$ 9.399,00	\$ 1.973,79
	Transporte	%	0,00	\$ 14.905,62	\$ -
	Andamio tubular	d	0,20	\$ 928,00	\$ 185,60
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 11.899,54	\$ 356,99
	Mano de obra	hc	0,50	\$ 23.799,07	\$ 11.899,54
17,00	TUBERIA Y ACCESORIOS PVC				
17,10	Red suministro pvc 1/2	ml			\$ 8.797,36
	Tubo presión /21 pvc 1/2	ml	1,00	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00
	Codo 90° presión pvc 1/2	unidad	0,01	\$ 200,00	\$ 2,00
	Soldadura pvc liquida 1/4	unidad	0,01	\$ 51.000,00	\$ 306,00
	Limpiador pvc liquida 1/4	unidad	0,01	\$ 25.000,00	\$ 150,00
	Unión presión pvc 1/2	unidad	0,17	\$ 200,00	\$ 33,40
	Desperdicio	%	0,05	\$ 3.291,40	\$ 164,57
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 5.185,81	\$ 155,57

	Mano de obra	hc	0,22	\$ 23.571,87	\$ 5.185,81
17,20	Tubería red sanitaria pvc 2- incl. Excavación y tape	ml			\$ 18.182,18
	Unión PVC sanitaria 2	unidad	0,17	\$ 1.350,00	\$ 225,45
	Soldadura PVC liquida 1/4	unidad	0,01	\$ 51.000,00	\$ 510,00
	Limpiador PVC liquida 1/4	unidad	0,01	\$ 25.000,00	\$ 250,00
	Codo 90° 1/4 cxc sanitario 2	unidad	0,01	\$ 1.700,00	\$ 17,00
	Tubo pvc sanitario 2	M	1,00	\$ 8.400,00	\$ 8.400,00
	Desperdicio	%	0,03	\$ 9.402,45	\$ 282,07
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 8.250,15	\$ 247,50
	Mano de obra	hc	0,35	\$ 23.571,87	\$ 8.250,15
17,3 Y 17,40	Red sanitaria pvc 3- incl. Excavación y tape	ml			\$ 21.122,37
	Soldadura pvc liquida 1/4	unidad	0,02	\$ 51.000,00	\$ 1.020,00
	Limpiador pvc liquida 1/4	unidad	0,02	\$ 25.000,00	\$ 500,00
	Tubo pvc sanitario 3	m	1,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
	Codo sanitario pvc cxc de 45° de 3	unidad	0,01	\$ 6.900,00	\$ 69,00
	Unión pvc sanitaria 4	unidad	0,17	\$ 4.000,00	\$ 668,00
	Desperdicio	%	0,03	\$ 12.257,00	\$ 367,71

	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 8.250,15	\$ 247,50
	Mano de obra	hc	0,35	\$ 23.571,87	\$ 8.250,15
17,50	Rejilla sosco 3x2 aluminio	unidad			\$ 6.630,00
	TUBERIA, ACCESORIOS PARA GAS Y OTROS				
	Codo 90 Gal. 1/2 Pulg	unidad	1,00	\$ 2.500,00	
	Tubería Gal. de 1/2 Pulg	ml	1,00	\$ 8.000,00	
	Herramienta para rosca tubería galvanizada de 1/2 Pulg	unidad	1,00	\$ 35.000,00	
	Válvula de Paso Gal. 1/2 Pulg	unidad	1,00	\$ 12.000,00	
	Unión hembra Gal. de 1/2 Pulg	unidad	1,00	\$ 1.500,00	
	Válvulas de seguridad galvanizada 150 psi, 1/2"	unidad	1,00	\$ 15.000,00	
	Terminal macho de Tubería PE AL PE	unidad	1,00	\$ 4.000,00	
	Tubería PE AL PE	ml	1,00	\$ 2.500,00	
	Regulador Gas Propano R-18	unidad	1,00	\$ 19.500,00	
	Manómetro de 150 Psi	unidad	1,00	\$ 16.000,00	
	Cilindro de gas vacío de 225 Psi	unidad	1,00	\$ 180.000,00	
	Bebedero para cerdo	unidad	1,00	\$ 6.000,00	
	Chazo metálico	unidad	1,00	\$ 500,00	
	Tornillo Bulón Cabeza Hexagonal con tuerca 1/2 x2 Pulg	unidad	1,00	\$ 10.000,00	
	Estufa Haceb dos puestos	unidad	1,00	\$ 50.000,00	
	Teflón	unidad	1,00	\$ 500,00	
	Cerdo criollo de ceiba de 20 kg	unidad	1,00	\$ 180.000,00	
	TANQUE PLASTICO PARA RESERVA DE AGUA 500 LT- INCL. ACCESORIOS NECESARIOS PARA SU INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO	unidad			\$ 404.301,61
19,00	Tanque plastico 500 lt	unidad	1,00	\$ 165.000,00	\$ 190.000,00

	Flotador ø 3/4"	unidad	1,00	\$ 32.310,00	\$ 32.310,00
	Cheque de paso ø 3/4" red witte o similar	unidad	1,00	\$ 32.900,00	\$ 32.900,00
	Llave de paso ø 3/4" red witte o similar	unidad	2,00	\$ 25.720,00	\$ 51.440,00
	Adaptador macho 3/4	unidad	7,00	\$ 440,00	\$ 3.080,00
	Tubo presión pvc 3/4	ml	1,05	\$ 5.700,00	\$ 5.985,00
	Desperdicio	%	0,05	\$ 5.985,00	\$ 299,25
	Herramientas menores	%mo	0,03	\$ 85.715,88	\$ 2.571,48
	Mano de obra	hc	4,00	\$ 21.428,97	\$ 85.715,88
20,00	LIMPIEZA GENERAL				\$ 124.677,65
	Cuadrilla 0x2	d	1,00	\$ 124.677,65	\$ 124.677,65

Fuente: Pasante.