

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PORTÁTIL AGROECOLÓGICO
DE FLUJO SEMICONTÍNUO DE CÚPULA FIJA, EN LA
COMUNIDAD DE BARRANCA, MUNICIPIO
GENERAL PEDRO MARÍA FREITES,
DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Realizado por:

Galindo G., Reinaldo J.

Marcano A., Winston J.

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial
para optar por el Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Junio 2022.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PORTÁTIL AGROECOLÓGICO
DE FLUJO SEMICONTÍNUO DE CÚPULA FIJA, EN LA
COMUNIDAD DE BARRANCA, MUNICIPIO
GENERAL PEDRO MARÍA FREITES,
DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Realizado por:

Galindo G., Reinaldo J.

Marcano A., Winston J.

Prof. Álvarez, Jesús S.
Tutor Académico

Cantaura, Junio 2022.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PORTÁTIL AGROECOLÓGICO
DE FLUJO SEMICONTÍNUO DE CÚPULA FIJA, EN LA
COMUNIDAD DE BARRANCA, MUNICIPIO
GENERAL PEDRO MARÍA FREITES,
DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.**

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Prof. González, Anabel.
Jurado Principal

Prof. Rojas, Laurimar.
Jurado Principal

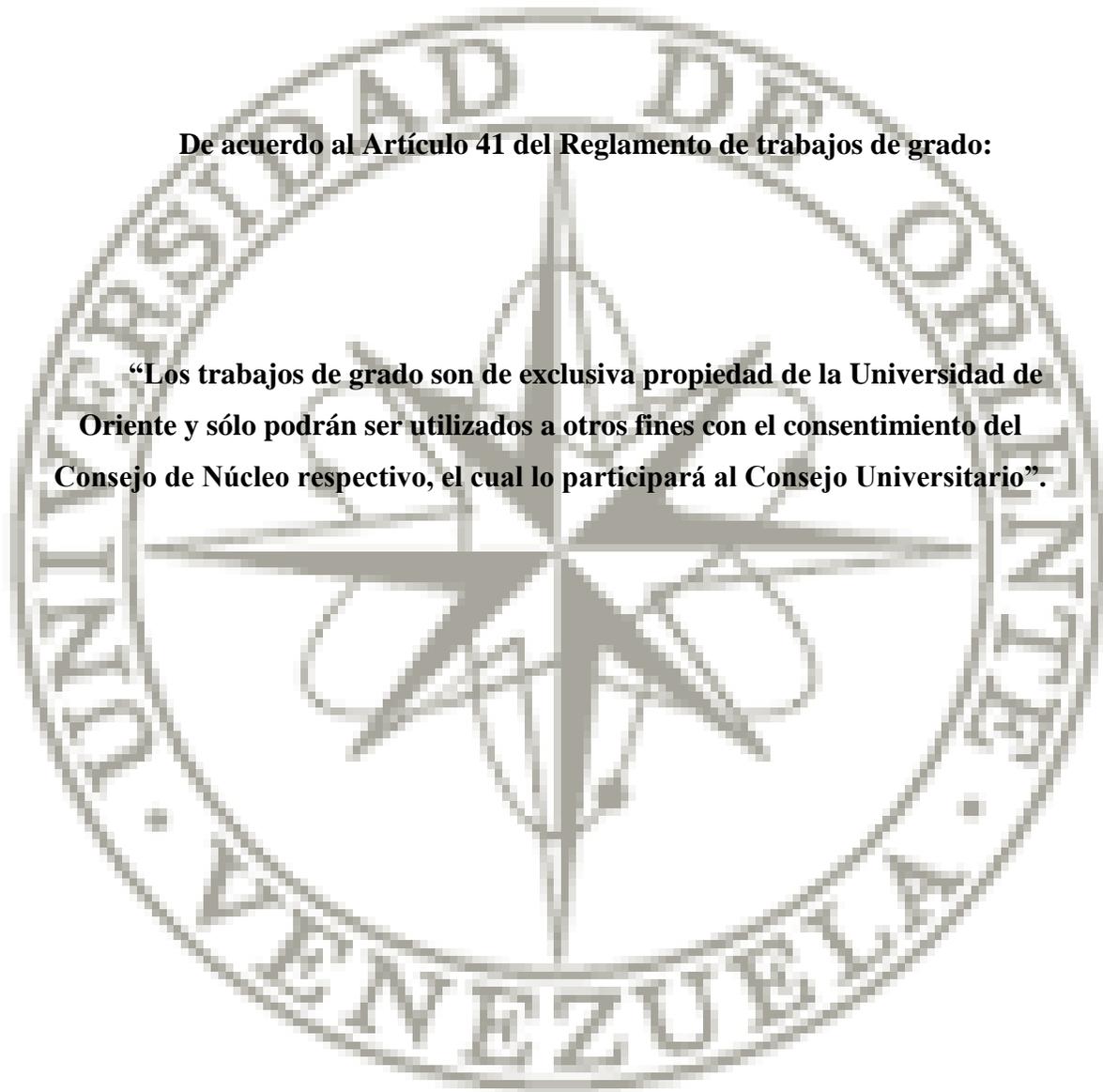
Prof. Álvarez, Jesús S.
Tutor Académico

Cantaura, Junio 2022.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”.



DEDICATORIA

Principalmente a **Dios**, por haberme dado salud, vida, conocimiento y voluntad necesaria para emprender mis estudios, permitiéndome llegar a superar todos los objetivos planteados a lo largo de mi carrera Universitaria, así como, vencer las dificultades más arduas que en esta se me presentaron.

A MI MADRE, por brindarme todo su amor, cariño y haberme apoyado en todo momento siendo pilar fundamental en mi vida, por estar allí dándome sus sabios consejos, cuando más la necesite.

A MI PADRE, por haberme apoyado en todo momento de mi vida y ser una pieza clave en mi desarrollo como persona.

A MIS HERMANOS, por brindarme todo su amor y cariño incondicional en todo momento cuanto más lo necesite, grandes ejemplo en mí día a día.

A MI ESPOSA E HIJO, que son motivo de inspiración y motor para seguir adelante.

Y POR ULTIMO A TODAS, aquellas personas que estuvieron a mi lado en el paso a paso de mi vida Universitaria, aquellas que de alguna u otra forma fueron contribuyentes en el desarrollo académico que en esta presente.

Galindo G., Reinaldo J.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedicó principalmente a Dios por guiarme, acompañarme y darme la fuerza de seguir adelante y enseñándome a encarar las adversidades y problemas que se presentaban.

A mi familia por apoyarme en todo momento, principalmente a mis padres por su amor, sacrificio, trabajo y motivarme a seguir luchando por mis metas; gracias a ellos he logrado estar hasta aquí y ser lo que soy.

Al ingeniero Jesús Álvarez por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación y desarrollo de este proyecto.

A los profesionales de la ingeniería por seguir renovando los conocimientos científicos y tecnológicos para continuar siempre mejorando y transformando a la sociedad.

Marcano A., Winston J.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO SEÑOR, por guiarme en el sendero correcto para alcanzar las metas propuestas en el camino del saber, por brindarme vida y salud. Por darme paciencia, sabiduría, constancia, esperanza, dedicación y empeño para alcanzar la meta deseada.

Le doy gracias a mi madre y padre por haberme enseñado a ser perseverante y constante en todas mis metas. Sin ustedes no sería posible este logro obtenido. Los amo plenamente.

A mis hermanos por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por estar siempre a mi lado en cada una de mis metas fijadas. Los amo. A mis amigos y colegas, en especial a Wiston mi compañero de tesis y José Cabello, por haber sido mis compañeros de estudio, por estar conmigo en las buenas y malas compartiendo buenos y malos momentos gracias.

Agradecido con el profesor y tutor académico Jesús Salvador Álvarez, por brindarme su apoyo y atención en todo momento y por ser pieza fundamental en el desarrollo de mi carrera.

A gradezco a todos los profesores de la Universidad De Oriente Extensión Cantaura, los cuales fueron y seguirán siendo de gran importancia para mí ya que contribuyeron enormemente en el arduo camino del aprendizaje, eternamente agradecido por su excelencia.

Agradecido con todo el personal que labora en mi casa de estudio ya que sin ellos. No me cansare de estar agradecido con todas aquellas personas que de alguna u otra manera fueron colaboradores directos o indirectamente en este logro obtenido, a todas muchísimas gracias.

Galindo G., Reinaldo J.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme y dame la oportunidad de llegar hasta donde eh llegado y dándome salud, sabiduría y fortaleza para continuar, a mis Padres por haberme dado la educación, y apoyo en todo momento dándome ejemplos dignos de superación y entrega, gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, a mis hermanos por haber incrementado en mí el deseo en superación y triunfo en la vida.

A mi tutor de tesis ingeniero Jesús Álvarez por la orientación y el conocimiento aprendido en la elaboración de este proyecto, que me permitieron aprender mucho más de lo estudiado.

Gracias a la Universidad de Oriente por haberme dado la oportunidad de formarme en ella como profesional. Gracias a los profesores y aquellas personas que estuvieron de manera directa e indirectamente en este proceso, ya que fueron responsables de realizar su pequeño aporte para la culminación de este proyecto.

Marcano A., Winston J.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PORTÁTIL AGROECOLÓGICO DE
FLUJO SEMICONTÍNUO DE CÚPULA FIJA, EN LA COMUNIDAD
DE BARRANCA, MUNICIPIO GENERAL PEDRO MARÍA
FREITES, DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Tutor:

Prof. Álvarez, Jesús S.

Autores:

Galindo G., Reinaldo J.

Marcano A., Winston J.

Fecha: Julio 2022.

RESUMEN

Este proyecto se basó en la propuesta para la construcción de un biodigestor portátil de flujo semicontinuo de cúpula fija, el cual tiene como objetivo reutilizar las aguas residuales de la localidad de Barranca para la creación de fertilizante, biogás o aguas para riego, se elaboró una investigación de campo descriptiva debido a que se amplió y profundizó los conocimientos mediante la observación, análisis e interpretación de datos documentales obtenidos y registrados por otros investigadores y a su vez las visitas al área en estudio para recolección de datos y proyección de estructura, una vez obtenida la información necesaria se elaboraron los cálculos y planos necesarios, tales como; cálculos de diámetro de tuberías, volumen, esfuerzo a corte, flexión y compresión. Este estudio se realizó con el objetivo de mejorar la calidad de vida de una población mediante alternativas ecológicas obteniendo un biodigestor que cumple con las necesidades presentadas.

Palabras claves: Biodigestor, Biogás, alternativa ecológica, cúpula.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
ÍNDICE GENERAL	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 EL PROBLEMA	16
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
CAPITULO II	20
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	20
2.1 Antecedentes de la investigación	20
2.2 Bases teóricas referenciales	21
2.2.1 Biodigestor	22

2.2.2 Tipos de biodigestores	23
2.2.3 Cálculos hidráulicos.....	28
2.2.4 Cálculos estructurales	34
CAPITULO III.....	57
MARCO METODOLÓGICO	57
3.1 Consideraciones generales.....	57
3.2 Tipo de Investigación	57
3.3 Diseño de Investigación.....	57
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	58
3.4.1 Revisión Bibliográfica.....	58
3.4.2 Observación Directa	58
3.4.2 Entrevista no estructurada.....	59
3.4.3 Herramientas y Equipos.....	59
CAPITULO IV	60
DESARROLLO.....	60
4.1 Identificar las aguas servidas de la comunidad de Barranca, Estado Anzoátegui.	60
4.2 Calcular hidráulica y estructuralmente el Biodigestor anaeróbico agroecológico.	61
4.2.1 Cálculos hidráulicos.....	61
4.2.2 Cálculos estructurales	71
4.3 Dibujar planos de ingeniería del biodigestor, empleando el uso del software AutoCAD 2015.	111
4.4 Realizar prototipo del biodigestor anaeróbico portátil agroecológico... 114	

4.5 Elaborar guía de operación y mantenimiento del biodigestor anaeróbico portátil agroecológico.....	118
CAPITULO V.....	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
5.1 Conclusiones.....	120
5.2 Recomendaciones.....	121
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA	122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biodigestor modelo chino.	24
Figura 2. Biodigestor modelo indio.....	25

INTRODUCCIÓN

Al pasar del tiempo, los métodos constructivos de las infraestructuras han evolucionado, incursionando notoriamente en materia ambiental, por lo cual la importancia del medio ambiente es hoy en día innegable y esto tiene que ver con el abuso y el desgaste que el ser humano genera de manera, cada vez, más notoria sobre los complejos fenómenos naturales, provocando alteraciones al medio ambiente que afectan no sólo a otros seres vivos sino también a sí mismo.

Buscando una alternativa económica y ambientalmente rentable, se realizó un estudio, basado en los datos suministrados por diferentes fuentes, más los factores observados en la localidad de Barranca en el municipio Bolivariano General Pedro María Freites, obteniendo como resultado el impacto ambiental generado por la presencia de aguas residuales y la ausencia de un sistema de drenaje adecuado, a pesar de su poca población, se busca solucionar y prevenir problemas futuros.

Para maximizar la fiabilidad de este trabajo de investigación se realizó mediante la siguiente estructura;

CAPITULO I: Se muestra el problema, el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación en cuestión.

CAPITULO II: Marco Teórico Referencial. Se anexan los aportes de otros investigadores con referencia a la investigación realizada, siendo estos la base de inicio de la investigación.

CAPITULO III: Marco Metodológico. Se describe la metodología a emplear en el desarrollo de la investigación, con el fin de soportar el trabajo realizado de forma científica, tomando como referencia autores especialistas en la materia.

CAPITULO IV: Desarrollo. Se desarrollan los objetivos planteados en este trabajo de investigación, mostrando todos los resultados y análisis obtenidos.

CAPITULO V: Conclusiones y Recomendaciones. Finalizada la investigación se analizan los resultados obtenidos, presentando las conclusiones y recomendación que se crean de mayor importancia.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 EL PROBLEMA

Los pozos de infiltración o pozos negros, son excavaciones en el terreno, cubierto de paredes que reciben las descargas de aguas negras directamente de las viviendas. El incremento de los mencionados pozos de infiltración sin sistema de tratamiento previo, amenaza cada vez más a los acuíferos de contaminarlos con materia fecal, en las zonas rurales donde no existen una red de cloacas, a los habitantes les corresponde la tarea de diseñar sus propios afluentes cloacales y en algunos casos la solución no suele ser la más idónea, por lo cual, el crecimiento exponencial de este tipo de pozos de infiltración domiciliarios se han vuelto un foco de contaminación de las aguas subterráneas.

De esta situación no está exenta la localidad de Barranca, caserío o sitio poblado del municipio Gral. Pedro María Freites en el estado Anzoátegui, ubicado aproximadamente a 26,84 kms de la ciudad Cantaura, una zona rural que ha sido ocupada por familias de forma desmesurada sin planificación urbanística y sin el diseño de una red de cloacas, una zona carente de los servicios públicos y con niveles de vida deficientes que a medida que transcurre el tiempo la población aumenta territorialmente sin ningún acompañamiento proporcional de red de cloacas, por ello, también aumentan los niveles de contaminación.

Por consiguiente, para preservar los cuerpos de agua con las condiciones mínimas que son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, el sistema de riego o fuentes de energía de gas doméstico son una opción. Estas aguas residuales, antes de ser vertidas en la masa receptora deben recibir un tratamiento adecuado, que modifique sus condiciones físicas, químicas y

microbiológicas para evitar que su disposición pueda volverse un agente potencialmente nocivo para los seres vivos.

Bajo las anteriores consideraciones, se evaluó el diseño de un biodigestor portátil agroecológico para la localidad de Barranca para tratar las aguas residuales con el propósito del aprovechamiento de materia orgánica. El biodigestor es una opción sustentable para reusar aguas residuales, las mismas debidamente tratadas para ser utilizadas posteriormente para el riego de sembradíos, en búsqueda de alternativas que apunten al desarrollo sustentable.

En estos términos, el propósito de dicha investigación, fue generar acciones en pro de los habitantes de la comunidad de Barranca presentando el diseño de un biodigestor anaeróbico portátil agroecológico, para implementarlo como alternativa sustentable para la gestión de los residuos orgánicos y su posterior reutilización garantizando considerablemente la disminución del índice de contaminación de las aguas residuales por excretas, además de mantener un equilibrio ambiental y mejorar la estructura del suelo, ya que disminuye la cantidad de desechos vertidos en los ecosistemas.

Expuesto esto, esta investigación se realizara bajo la metodología de Bolívar y Ramírez (2012), en la cual se realizó un estudio visual para determinar el estado actual de la zona, en materia de disposición final de los desechos residuales y el punto de construcción de la estructura, la cual será diseñada bajo los criterios de la norma Covenin 2004:1998, Estructuras de concreto armado, análisis y diseño, para soportar las diferentes acciones generadas por uso o agentes externos, para prevenir el mal funcionamiento de la misma.

En tal sentido, el alcance de la elaboración del siguiente trabajo de investigación generó un cambio innovador positivo, con el diseño de un biodigestor portátil que sería la opción más favorable para reemplazar el uso de pozos de infiltración, en pro de los

pobladores y también visitantes de la comunidad antes mencionada, logrando por ende un ambiente agradable y estimulante para todos.

Sin embargo, el diseño de este tipo de estructuras no es el primero en su clase, debido a que existen trabajos de investigación similares en cuanto a diseño de biodigestores para diferentes áreas y diferentes funcionamientos cuyo fin es el mismo, pero ninguno realizado para la comunidad de Barranca, Estado Anzoátegui, el cual va orientado a cubrir sus necesidades y en miras de contribuir con el desarrollo de las comunidades de zonas rurales.

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación dará los primeros pasos para dejar una importante huella de todos los conocimientos, habilidades y destrezas prácticas profesionales adquiridas por los estudiantes de la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, para satisfacer una necesidad social a través de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad de Barranca que permita sentar precedentes en pro del crecimiento y desarrollo referente a implementar el uso de este tipo de tecnología para esta importante zona rural perteneciente al Estado Anzoátegui.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un biodigestor anaeróbico portátil agroecológico de flujo semicontínuo de cúpula fija para la comunidad de Barranca Municipio General Pedro María Freites, Estado Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las aguas servidas de la comunidad de Barranca, Estado Anzoátegui.
- Calcular hidráulica y estructuralmente el biodigestor anaeróbico agroecológico.
- Dibujar planos de ingeniería del biodigestor, empleando el uso del software AutoCAD 2015.
- Realizar prototipo del biodigestor anaeróbico agroecológico.
- Elaborar guía de operación y mantenimiento del biodigestor anaeróbico agroecológico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Una vez reducido el problema a términos precisos y explícitos, es necesario situar el marco de referencia teórica que orienta el estudio en todos sus aspectos. En el desarrollo del marco teórico de la investigación se tomará en consideración en todo momento a los objetivos planteados: en primer lugar los antecedentes, en el que se refiere y se hace mención a otras investigaciones relacionadas con el objeto de estudio a desarrollar; las bases teóricas que definirán el paradigma hipotético que orienta el sentido de esta; y las normas que se deben regir para sustentar a los aspectos señalados en el proceso de estudio.

2.1 Antecedentes de la investigación

Se llevó a cabo de manera detallada un análisis y revisión bibliográfica en la cual se seleccionarán los trabajos e investigaciones previamente realizadas, relacionadas con la temática planteada, que a su vez sirvió de apoyo y consulta para la elaboración de la presente investigación.

En tal sentido, Rodríguez y García (2017), llevaron a cabo una investigación para la producción de biogás y biol, a partir de heces caninas, el proyecto lo realizaron con el propósito de promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía con materiales adecuados que sean menos susceptibles para la retención de este tipo de materia, solucionando de esta manera los problemas sanitarios que ponen en riesgo la salubridad, donde aportaron al presente trabajo de investigación la importancia de implementar el uso de un biodigestor como la opción más conveniente para solucionar problemas de tipo sanitario para generar fuentes de energía y fertilizantes

líquidos, a su vez, brindara el conocimiento del tratamiento previo que requiere la estructura para que no se vea afectado por la emisión de gases, humedad o alteración físico químicas que se produzcan en dicho proceso.

De la misma manera, Silva (2013), ejecuto una investigación para la obtención de gas metano y biol, a partir de cáscaras de naranja y mango, el proyecto lo realizó en varias etapas, tomando en cuenta las condiciones ambientales, las alternativas del tratamiento del sustrato, así como criterios técnicos y económicos. La modalidad fue proyecto factible y el diseño fue una investigación de campo. En razón de lo anterior, el aporte al presente trabajo de investigación será seguir el patrón de los estudios más importantes que deben llevarse a cabo en un proyecto de diseño de un biodigestor para una zona rural, tomando en cuenta criterios técnicos y económicos para implementar este tipo de alternativa sustentable que facilite el uso de residuos orgánicos, del mismo modo, facilitara métodos de construcción para reducir costos y mantener su funcionalidad.

De igual forma Rodríguez (2017), en su investigación especifica la importancia de aprender sobre el diseño de biodigestores para implementarlos en aquellos lugares donde se dispone de la materia prima necesaria para su funcionamiento como las zonas rurales, para lograr con ello beneficios de tipo ambiental, socio-económico y tecnológicos. Del mismo modo, el aporte al presente trabajo de investigación es la orientación para el diseño de biodigestores, con las pautas necesarias para llevar acabo tal fin. La implementación de este tipo de contenedores contribuye al aprovechamiento de residuos orgánicos, utilizando una tecnología económica y sostenible para obtener recursos en zonas rurales.

2.2 Bases teóricas referenciales

Con el propósito de sustentar ampliamente la realización de esta propuesta, se presentan una serie de teorías y conceptos afines con la problemática planteada y se

desglosará de manera detallada las teorías consultadas que guardan estrecha relevancia con el tema a abordar en este trabajo de investigación:

2.2.1 Biodigestor

Bolívar y Ramírez (2012), definen un digestor biológico o biodigestor, como un tanque herméticamente cerrado, donde la materia orgánica contenida (estiércol principalmente de ganado vacuno, cerdos y aves y/o humanos, así como otros desechos orgánicos), se fermentan por medio de bacterias y microorganismos anaeróbicos, transformándose en biogás y bioabono (Biol), el cual puede ser utilizado como fertilizante ya que es rico en altos niveles de nitratos inorgánicos (NO_3^-), potasio (K) y fósforo (P).

También establecen que el fenómeno de digestión ocurre porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que, al actuar sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, producen una mezcla de gases con alto contenido de metano (CH_4) llamado biogás, que es utilizado como combustible. Como resultado de este proceso se generan residuos con un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica (ideales como fertilizantes), que pueden ser aplicados frescos, pues el tratamiento anaeróbico elimina los malos olores y la proliferación de moscas. Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la (DQO) y la (DBO), hasta en un 90%. (*op. Cip., p 48*).

Por otro lado, Rodríguez (2017) añade que este tipo de tecnología tiene un gran potencial para el cuidado del ambiente, ya que disminuye la cantidad de desechos vertidos a los ecosistemas y además se produce una fuente de energía relativamente limpia. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidrogenación y pos tratamiento (filtro y piedras).

Los biodigestores de tipo comunitario son utilizados por pequeñas poblaciones, instituciones educativas, hospitales y áreas rurales, es habitual que se ubiquen entre varias viviendas cercanas, las cuales generalmente combinan sus residuos para obtener una mayor eficiencia. Es un sistema sencillo de implementar con materiales económicos y se está introduciendo en comunidades rurales aisladas para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental.

2.2.2 Tipos de biodigestores

2.2.2.1 Biodigestor de flujo semicontínuo

Según el Manual de Biogás (2011), este tipo de biodigestor por lo general necesita menos mano de obra y de una mezcla más fluida y movilizadora de manera mecánica, La carga del material a fermentar y la descarga del efluente líquido se realiza de manera continua. Los biodigestores semicontínuo sirven para purificar el agua contaminada por diferentes fosas.

Existen tres clases de biodigestores de flujo semicontínuo:

- De cúpula fija (chino)
- De cúpula móvil o flotante (hindú)
- De salchicha.

Modelo chino: Se originó 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. El digestor almacena solo pequeño volumen de gas generado en el interior, por lo que requiere un contenedor diferente construido para tal fin (gasómetro). (*op. Cit., p. 34*).

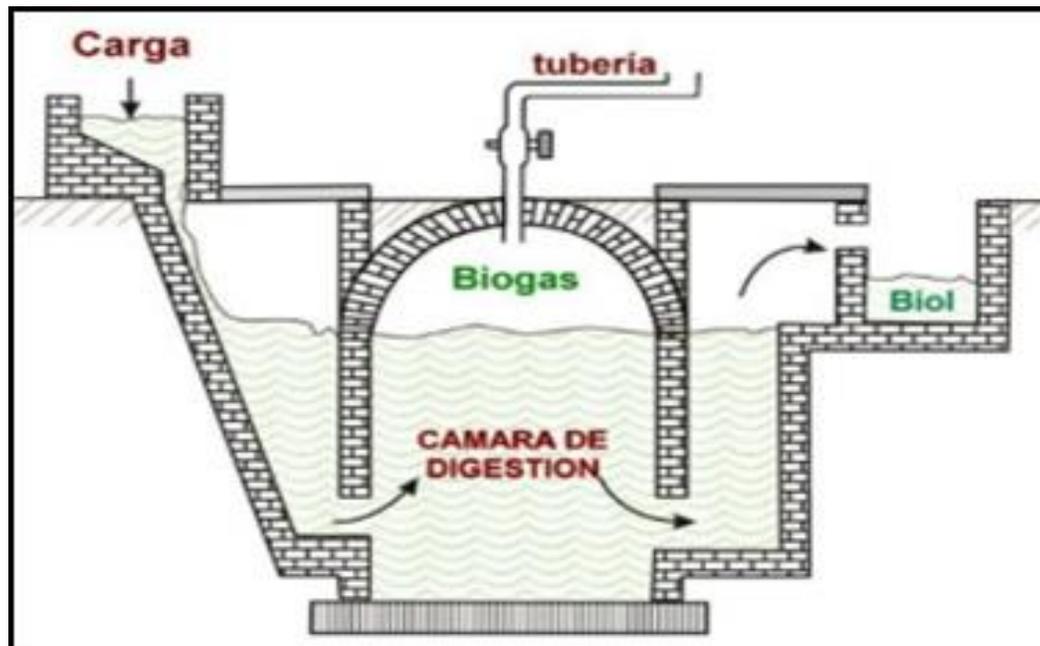


Figura 1. Biodigestor modelo chino.
Fuente: GTZ-GATE. (1999).

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 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.

Tienen la ventaja que no necesitan un contenedor externo para almacenar el gas generado. Este se mantiene a una presión relativamente constante al interior del domo, lo que es muy ventajoso. Una variación a este modelo lo constituyen los biodigestores que presentan una película de polietileno flexible en la parte superior en sustitución del domo flotante. Haciéndolos más económicos y accesibles socialmente. (*op. Cit., p. 65*).

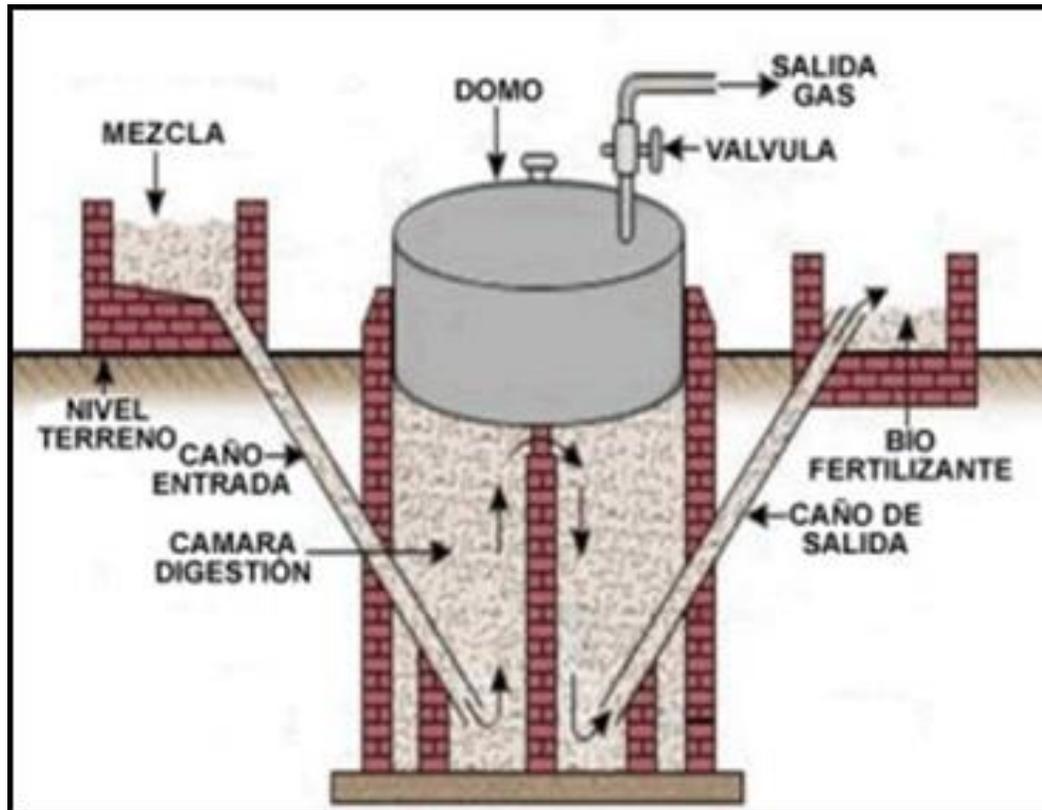


Figura 2. Biodigestor modelo indio.
Fuente: GTZ-GATE. (1989).

2.2.2.2 Aguas servidas

En su investigación, Díaz, Alvarado y Camacho (2012), son las aguas residuales domésticas, producidas por las actividades cotidianas de las personas, a través de los lavaplatos, artefactos sanitarios y cañerías en todas las urbes y zonas rurales. Estas aguas tienen gran cantidad de contaminantes químicos, físicos y biológicos, heces fecales, orina, restos de alimentos, basura, entre otros. Provocan una contaminación causando un efecto negativo sobre el medio ambiente, como son: la destrucción de la capa de ozono, la pérdida y destrucción de la biodiversidad, desaparición de hábitats de distintas especies, disminución de la reproducción y muerte de peces, proliferación de organismos patógenos y parásitos en animales de mares que son capturados y

consumidos por el ser humano e incluso sobre las aves que están en su estado migratorio.

El proceso de recolección de estas aguas se inicia a través del sistema de alcantarillado público, que se compone de uniones domiciliarias y cañerías de desagüe, las que desembocan en los colectores, los que están instalados a mayor profundidad en el suelo. Los residuos que son recolectados y que se descargan en los colectores de grandes diámetros, son los que conducen sus aguas hacia las estaciones elevadoras y a las plantas de tratamiento.

El objetivo final del tratamiento de aguas servidas son: 1) La remoción de patógenos para prevenir la transmisión de enfermedades relacionadas a las excretas humanas. 2) Remoción de sólidos en suspensión y material orgánico 3) Al final del tratamiento el afluyente pueda ser utilizado en diferentes campos de manera segura para labores de riego. (*op. Cit., p. 57*).

2.2.2.3 Aguas servidas usadas para riego

Basados en Albernas (2016), el cual establece que la posibilidad de reutilizar desechos y obtener ciertos beneficios, mediante el uso de tecnologías no convencionales, es un sendero que en la actualidad se considera necesario a la hora de realizar diversos tipos de proyectos e inversiones. En lo particular, lo referido se ajusta a la actividad agropecuaria, que dispone de materia prima en exceso. En ese sentido el uso de biodigestores es la mejor alternativa sustentable ya que estabiliza los afluentes, mantienen la calidad ambiental y puede considerarse como el proceso productivo, donde los desperdicios orgánicos constituyen la materia prima y el combustible y aditivo de nutrientes para el cultivo, el producto final.

El uso de aguas residuales para la producción de cultivos agrícolas, ha sido empleado en varios siglos de una forma u otra. Las principales razones entre otras: el incremento del grado y superficies de aguas contaminadas, la escasez de alternativas

de suministro de agua y la necesidad de incrementar la producción local de alimentos. El uso de aguas residuales para el riego de cultivos de consumo humano, trae como consecuencia, si no es tratada como lo indican los métodos, incrementa los factores de riesgo para la salud de la población. Las situaciones endémicas de diarreas, parasitismo, fiebre tifoidea, cólera y salmonelosis no son más que el reflejo de esta crítica situación. (*op. Cit., p. 59*).

En los últimos años, el interés en controlar el uso de estas aguas en riego de cultivos agrícolas, relacionado en particular con la protección de la salud de los consumidores, ha tomado gran importancia, debido fundamentalmente al inadecuado manejo de las mismas, en áreas donde las aguas residuales son usadas de manera directa o indirecta para el riego de cultivos, los trabajadores y sus familias, así como los pobladores cercanos, corren riesgo de contraer algún tipo de infección. Dentro de las aguas residuales se destacan, fundamentalmente, las de origen doméstico, con un alto contenido de microorganismos patógenos. (*op. Cit., p. 60*).

El riesgo potencial de enfermedades existe, cuando no son manejadas ni tratadas adecuadamente, la primera medida a tomar sería la de realizar un tratamiento al agua, ya que contribuye a la eliminación o reducción de los niveles de patógenos. El tratamiento más adecuado es aquel que produce un afluente con la calidad microbiológica recomendada, de bajo costo y un mínimo de requerimiento de operación y mantenimiento. Como medidas alternativas que se adecuen a las condiciones locales desde el punto de vista estructural y económico que garanticen la protección de la población y el medio ambiente. (*op. Cit., p. 64*).

Es necesario puntualizar que los productores, así como aquellos que manipulen los cultivos, en dependencia del método de riego empleado: riego por aspersión o riego de jardines con acceso público en contacto directo con aguas residuales, deben usar guantes y botas de agua para prevenir el contacto directo con los patógenos en cultivos de no consumo humano y en otros de consumo animal.

En el mismo sentido tomar las debidas precauciones para mantener elevados los niveles de higiene mientras se disminuye el riesgo para el consumidor, cuando se manipulan cultivos de consumo humano que no entran en contacto directo con aguas residuales, que no son cosechados del suelo y que el riego por aspersión no debe ser usado como: cultivos de árboles frutales y viñedos; cultivos normalmente consumidos después de cocidos (papa, remolacha, berenjena); cultivos que su cascara no es ingerida (melones, cítricos, plátano y nueces). Por tanto se deben realizar revisiones para determinar si el agua puede ser empleada para el riego del cultivo siempre que se tengan en cuenta las normas establecidas y que el sistema de filtrado a utilizar esta en concordancia con lo que exige la tecnología de riego empleada.

Acorde a los criterios de sustentabilidad, se resalta la importancia que demanda el cuidado del medio ambiente y de la disposición correcta de desechos orgánicos que pueden ser aprovechados como fuentes energéticas alternativas, el uso del biodigestor se enmarca dentro de las directrices del tratamiento de aguas residuales, abonos orgánicos y energías residuales para su aplicación y desarrollo sustentable de la comunidad. (*op. Cit., p. 67*).

2.2.3 Cálculos hidráulicos

Los pasos para correcto dimensionado de un biodigestor son los siguientes:

- a) Calcular kg de excretas al día** para determinar la carga orgánica que tendrá que soportar el biodigestor cuando esté en funcionamiento, lo que a su vez determinará su volumen.

La carga orgánica proviene de los habitantes de una pequeña zona rural. Para ello se disponen de los datos indicados en la tabla 1:

Tabla 1.Datos para el cálculo de un biodigestor

	Cantidad de habitantes	Peso vivo Promedio PVp (Kg)	Peso vivo Equivalente PVe (kg)	Cantidad de excreta (kg)
Personas	100	75*	80*	0,40*

Nota: Los valores que poseen un * fueron obtenidos de estudios realizados anteriormente

Fuente: Guardado, J. (2007)

Cantidad de personas x (PVp / PVe) x cantidad de excreta x N° excretas diarias

Conociendo el total de la carga orgánica, se calcula el caudal diario del biodigestor, tomando en cuenta la proporción excreta-agua 1:1. Es decir, por criterios de diseño la dilución recomendada es de 1 kg de agua al día:

$$\text{Caudal diario (Qd)} = \text{Carga orgánica} + (\text{Dilución recomendada} + \text{carga orgánica})$$

Se convertirá este valor a m³/día, considerando que un recipiente de 1 litro pesa 1 kg. Entonces:

Para que la carga orgánica se estabilice se recomienda 60 días de retención

Por criterios de diseño se recomienda que las dimensiones mínimas de un biodigestor sean de 12 m³ -----Volumen total del biodigestor.

b) Cálculo de m³ de gas y radio de la cúpula: Conociendo la carga orgánica, determinar el volumen de gas al día. Este valor es necesario para calcular el radio de la cúpula

En un biodigestor, el 70% de su volumen es ocupado por la carga orgánica a tratar y el 30% será ocupado por el biogás (Guardado, 2007). Por lo tanto:

$$V_{\text{biogas}} = \text{Volumen digestor} \times 30\%$$

Determinado el volumen de gas en la cúpula, se puede calcular el radio de la misma con la formula siguiente:

$$V. \text{ Esfera} = 1,33 \times \pi \times R^3 \text{ ----- Despejando el Radio}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{v}{1,33 \times \pi}}$$

- c) **Calculo del volumen de las paredes cilíndricas y su altura:** Determinar la altura de las paredes cilíndricas del biodigestor conociendo que el radio del mismo es igual al radio de la cúpula.

$$V. \text{ cilindro} = V. \text{ total del biodigestor} - V. \text{ cúpula}$$

Para calcular la altura H del cilindro

$$V. \text{ cilindro} = \pi \times R^2 \times H \text{ ----- Se despeja la altura (H)}$$

$$H = \frac{V. \text{ cilindro}}{\pi \times R^2}$$

$$\text{Altura total del biodigestor} = \text{altura cilindro} + \text{altura cúpula}$$

2.2.3.1 Cálculo de tubería para la conducción del biogás

La Fórmula de Renoard es la comúnmente utilizada para el cálculo de tuberías relacionadas con el gas. La misma se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta P = 0,176067 \times dr \times L_{ex} \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Donde:

ΔP = Diferencia de presión

dr = Densidad relativa

L_{ex} = Longitud equivalente (20% de la longitud real)

Q = Caudal

D = Diámetro

Despejando el diámetro de la formula anterior, se tiene que:

$$D = \sqrt[4,82]{\frac{0,176067 \times dr \times L_{ex} \times Q^{1,82}}{\Delta P}}$$

En la Tabla 2 se indican las propiedades del biogás, las cuales serán necesarias para el cálculo del diámetro de tubería.

Tabla 2. Propiedades del biogás

Propiedades del Biogás	
Diferencia de presión promedio ΔP (mbar)	1,2
Densidad relativa o dr (kg/m ³)	1,25

Poder calorífico Superior o PCS (KWh/m ³)	6,27
Potencia de 1m ³ biogás (KWh)	2,2

Fuente: Moncayo (2017)

$$CaudalQ = \frac{Potencia\ de\ 3,6m^3\ de\ biogas}{PCS}$$

$$\Delta P = 1,2\ mbar \text{ ----- } 0,12\ MPa$$

$$1\ MPA \text{ ----- } 101971621\ kg/m^2$$

2.2.3.2 Volumen del tanque de mezcla y tubería de influente

Las dimensiones dependen del gasto diario, la cual es de 0,15m³/día de acuerdo a cálculos anteriores. En base a este valor se diseñará el diámetro de la tubería de influente, la cual une el tanque de mezcla con el fondo del digestor. La distancia entre estos dos elementos es de 1,5 m.

$$Caudal\ (Q) = \text{Velocidad del fluido} \times \text{área de tubería}$$

$$\text{Velocidad del fluido} = \frac{Distancia}{tiempo}$$

Despejando el área de la fórmula de caudal:

$$\text{Área tubería} = \frac{Caudal\ diario}{velocidad\ fluido}$$

$$\text{Área círculo} = \pi \times R^2 \text{ -----Despejando el radio}$$

$$\text{Radio} = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\pi}}$$

Por criterios de diseño, el diámetro de las tuberías de influente por donde se desplazará el material orgánico, debe oscilar entre 3” y 4” para biodigestores. Si el valor obtenido en los cálculos es muy bajo, por lo que se asumirá un diámetro de tubería de 3”, que es el mínimo permitido (Guardado, 2007).

El tanque de mezcla será cuadrado y deberá tener un volumen interno mínimo un poco mayor que el volumen de carga diario, entre 10-20 %.

$$\text{Volumen mínimo del tanque de mezcla} = 0,20\text{m}^3$$

2.2.3.3 Dimensiones del tanque de absorción y tubería de efluente

La tubería de efluente se diseñará en base al Caudal diario con la siguiente formula:

$$Q_{\text{aguas-tratadas}} = Q_D \times k$$

K = Según la Gaceta oficial 4044 de normas sanitarias, en Venezuela el factor K para aguas tratadas oscila entre 1,2 y 1,5. Para fines de cálculo se asumirá un valor medio de 1,3.

La distancia entre el digestor y el tanque de absorción será de 3m.

$$\text{Velocidad del fluido} = \frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}}$$

Despejando el área de la fórmula de caudal:

$$\text{Área tubería} = \frac{\text{Caudal agua tratadas}}{\text{velocidad fluido}}$$

Área círculo = $\pi \times R^2$ -----Despejando el radio

$$\text{Radio} = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\pi}}$$

En el tanque de absorción serán vertidas las aguas tratadas y tendrá una forma circular con un diámetro mínimo de 1m y la altura se calcula con la formula siguiente:

$$h1 = \frac{\text{Areadigestor}}{\pi \times \text{diametro tanque absorcion}}$$

2.2.3.4 Tubería de extracción de sólidos o bio-fertilizante

Por norma esta tubería debe tener 4" de diámetro, de PVC hidráulico.

De acuerdo a Guardado (2007) los biodigestores de 12 m² de forma cilíndrica con cúpula fija producen un total de 2 toneladas de bio-abono orgánico al año, lo que representa 5,50 kg de bio-fertilizante diario.

2.2.4 Cálculos estructurales

2.2.4.1 Calculo estructural de la cúpula

-Presión del biogás

Fórmula para el cálculo de Fuerzas verticales en superficies curvas:

Fv = peso específico (Y) x Volumen cúpula (V)

$$V_{\text{semiesfera}} = \frac{\frac{4}{3} \times \pi \times R^3}{2}$$

El peso específico de un biogás es de 1,25 kg/m³

$F_v = \text{peso específico (Y)} \times \text{Volumen (V)}$

Fórmula para el cálculo de Fuerzas horizontales en superficies curvas:

$$F_h = \text{peso específico (Y)} \times \left(\frac{\text{Área de la esfera}}{2} \right) \times \left(\text{bordelibre} + \frac{\text{diámetro}}{2} \right)$$

-Fuerza resultante

$$F_r = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

-Cálculo de la presión, conociendo que la misma está definida como la fuerza que ejerce el gas sobre un área de superficie de un objeto:

$$\text{Área semiesfera interna} = \frac{4 \pi R^2}{2}$$

$$\text{Área semiesfera externa} = \frac{4 \pi R^2}{2}$$

$$\text{Presión} = F_r \times \text{Área}$$

En la figura 4 se muestra la estática de la cúpula semiesférica

-Cálculo de cortantes N1 y N2 (meridianos y paralelos respectivamente) de acuerdo a lo descrito en la figura 5

$$N_1 = - \frac{R x g}{1 + \cos \varphi}$$

Donde:

$g = -$ peso propio cúpula + fuerza ejercidas por el biogás

$$N_2 = -R x g \left(\cos \varphi - \frac{1}{1 + \cos \varphi} \right)$$

-Verificar tensiones de compresión

Es necesario verificar que las tensiones de compresión originadas por los esfuerzos a los que está sometida la cúpula no sobrepase las tensiones admisibles del material con la siguiente formula:

Según la UBC (2007) la fórmula para calcular la tensión admisible asumido de bloques de concreto es la siguiente:

$$F_b = \frac{1}{3} \times f'_m$$

Donde:

$f'_m = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$\sigma'_{b1} = \frac{N1}{t(cm) \times 100cm} < \sigma'_{adm}$$

Por lo tanto, la cúpula resiste tensiones de compresión.

-Cálculo de cuantía mínima de acero

La cuantía debe ser de 0,5% para adsorber los esfuerzos de tracción por variaciones de temperatura, flexiones debidas a cargas eventuales o perturbaciones de borde

$$F_e = 0,005 \times t \times 100$$

Para esfuerzos de tracción según los paralelos, la armadura se distribuye en el ancho de un metro y cumplir con la siguiente condición:

$$F_{e_{anular}} = \frac{N2}{\sigma_{adm}} \geq 0,006 \times t \times 100cm$$

Las armaduras, sean principales o de repartición, llevarán las direcciones de los paralelos y de los meridianos irán por el centro del espesor de la lámina.

-Verificación al pandeo

$$\sigma_{\text{critico}} = 0,075 \times E \times \frac{t}{R}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad de mampostería de bloques de 15cm

t = espesor

R = radio

γ = coeficiente de seguridad. Puede tomarse igual a 3

Debe cumplirse que $\sigma_{\text{adm}} \leq \sigma'_{\text{adm}}$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{critico}}}{\gamma}$$

-Cálculo del anillo del borde inferior

En todos los casos deberá cumplirse que la tensión que produce el esfuerzo N_1 o V_1 , sea menor que la tensión admisible del acero $f_s = \frac{1}{2} \times f_y$

$$\sigma_{b3} = \frac{N_1}{d_1 \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm}} = < f_s = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

Donde d_1 siempre está en función del espesor (t) o algo menor

En este caso corresponde, siempre que el anillo de tracción esté apoyado en toda su longitud.

Se coloca acero en el anillo para que adsorba los esfuerzos de tracción (Figura 6).

$$T = N1x \frac{Diametro}{2}$$

$$FE_3 = \frac{N1}{fs}$$

-Cálculo del anillo del borde Superior

La parte superior de la cúpula tiene una apertura circular que corresponde al cuello, tal como se muestra en la figura 7. La carga P corresponde a su peso propio, la cual se descompone en dos direcciones. Una es la dirección de la tangente al meridiano (N_{1P}). La otra dirección será la dirección horizontal H_2 , cuyo esfuerzo deberá tomarse con un anillo de compresión.

- Peso propio del cuello de la cúpula

Volumen de las paredes del cuello = Perímetro x Altura x espesor

Peso propio = volumen del cuello x peso específico bloques con mortero

$$\text{Sen}\varphi_0 = \frac{P}{N_{1P}} \text{-----} N_{1P} = \frac{P}{\text{Sen}\varphi_0}$$

$$\text{Tang}\varphi_0 = \frac{P}{H_2} \text{-----} H_2 = \frac{P}{\text{tang}\varphi_0}$$

El anillo se calcula con una fuerza C

$$C = H_2 X \frac{D_0 (\text{diametro del cuello})}{2}$$

Y se dimensiona como si fuese una columna

$$C \times \gamma = F_b \times [\sigma'_{bk} + \mu_0 \times \sigma_{ek}]$$

Se despeja F_b

$$F_b = \frac{C \times \gamma}{\sigma'_{adm} + (\mu_0 \times f_s)}$$

Donde:

$$\gamma \geq 2,5$$

$$\mu_0 = 1\%$$

2.2.4.2 Calculo estructural de las paredes cilíndricas

- Chequeo de estabilidad contra volteo:

Para realizar el análisis de volteo es necesario calcular los momentos resistentes de acuerdo al centro del biodigestor, como se muestra en la figura 7. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 3. Cargas actuantes en base al peso de los elementos y momentos resistentes tomados respecto al centro del biodigestor

Fuerza	Peso (kg) (Altura x espesor x peso específico)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
W1	2,4*1300 = 3120	1,275	3978
W2	0,15*1,97*1300 = 384,15	1,275	489,79
W3	2,4*1,77*1130,7 = 4803,20	0,60	2881,92
W4	2,7 *0,15 *2400 = 972	0,675	656,10

Total	$WT = 6877,67$	$\Sigma MR = 8005,81$
-------	----------------	-----------------------

Fuente: Los Autores (2022)

Una vez calculados los momentos resistentes se procede a calcular las fuerzas actuantes en el muro de cilíndrico de mampostería a cada tercio de altura, las cuales se muestran en la figura 10.

- Presión del suelo (F_E) sobre paredes del biodigestor

Para el cálculo de la fuerza de empuje del suelo sobre el muro cilíndrico se dispone de los siguientes datos:

Tipo de suelo = Arcilla dura

Angulo de fricción interna (ϕ)= 30°

Peso volumétrico (γ_m) = $1,35 \text{ ton/m}^3$

Altura del muro (H) = $1,97\text{m}$

-Cálculo del esfuerzo vertical

$$\sigma_v = H \times \gamma_m$$

-Cálculo del esfuerzo horizontal

σ_H = esfuerzo vertical (F_v) x Coeficiente K_a

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\text{Angulo fricción interna } (\phi)}{2}\right)$$

Transformar ton/m^2 a KN/m^2

- **Calculo de la fuerza de empuje (F_E) del suelo sobre la pared del biodigestor**

$$F_{E1} = \frac{\sigma_H \times H}{2} = \frac{8,62 \frac{KN}{m^2} \times 1,97 m}{2}$$

- **Calculo de la ubicación del centro de presión**

$$\frac{1}{3} \times H$$

A dos tercios (1,31m) de altura medidos desde el fondo de la losa la fuerza de empuje F_{E2} es de 4,28 KN/m

- **Presión del material orgánico (F) sobre las paredes del biodigestor:**

Conociendo que la masa del material orgánico es de 9000 kg (150 kg diarios por 60 días de retención), se calcula la presión ejercida por la misma a cada tercio de altura:

Localización del centro de presión medida desde la losa de fondo:

A un tercio de altura --- $\frac{\text{Alturadelcilindro}}{3}$

A dos tercios de altura -- $\frac{2 (\text{Alturadelcilindro})}{3}$

Calculo de la presión a cada altura

$$P_1 = \frac{(\text{peso especifico } (\gamma) \times H/3) + (\text{peso especifico } (\gamma) \times 2H/3)}{2}$$

$$\gamma = \frac{\text{Peso} \quad \text{masaxgravedad}}{\text{Volumen} \quad \text{Volumen}}$$

$$P_2 = \frac{(\text{peso especifico } (\gamma) \times \text{alturadelcentrodeP2})}{2}$$

-Cálculo de la tensión o fuerza de empuje

$$F_1 = \frac{P_1 \times \text{Diametro}}{2}$$

$$F_2 = \frac{P_1 \times \text{Diametro}}{2}$$

En la tabla 4 se indican las presiones y fuerzas de empuje tanto del material orgánico como del suelo sobre las paredes de digestor a cada tercio de altura

Tabla 4. Presiones ejercidas por el material orgánico y el suelo sobre paredes cilíndricas del biodigestor

		Altura desde el fondo (m)	Tensión o fuerza de empuje (N/m)
Presión del suelo	F _{E1}	0,66	8490
	F _{E2}	1,31	4280
Presión del material orgánico	F ₁	0,60	11978,53
	F ₂	1,20	7986,31

Fuente: Los Autores (2022).

-Cálculo de momentos de volteo

Para chequear el momento de volteo (Tabla 5) primero se analizará que el muro resista las presiones ejercidas por el suelo.

Tabla 5. Momentos de volteo de muro cilíndrico con mampostería de bloque reforzado haciendo momento en el fondo de la losa (Fuerzas de empuje del suelo)

<i>F</i>	Fuerza (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
<i>F_{E1}</i>	865,44	0,66	571,19

F_{E2}	436,29	1,31	571,54
Total	$\Sigma FA = 1301,73$		$\Sigma MV = 1142,73$

Fuente: Los autores (2022).

Haciendo el chequeo de estabilidad contra volteo:

$$FSV = \Sigma MR / \Sigma MV$$

- Chequeo de estabilidad contra deslizamiento

Para chequear el deslizamiento se analizará que el muro resista las presiones ejercidas por el material orgánico. Como ya se conocen las fuerzas actuantes, corresponde ahora calcular la fuerza de fricción (FF).

$$FF = 0.9 * \tan \varphi * WT$$

$$\Sigma FR = F_T + FF$$

Donde FT es la sumatoria de las fuerzas de empuje del material orgánico en Kg/m, las cuales se muestran en la Tabla 3

Haciendo el chequeo contra deslizamiento:

$$FSD = \Sigma FR / \Sigma FA$$

- Área de acero de acuerdo a fórmulas del código ACI 318-05

Como ya se conocen las cargas actuantes (Figura 11), se procede a calcular los momentos actuantes a cada tercio de altura. Esto es necesario para realizar el diseño del acero en un muro de bloques:

Primer caso de carga: Presiones del suelo (Biodigestor vacío)

Analizando $H = 1,31m (0,66m+0,66m)$

-Fuerza actuante

$$V = 865,44 \text{ kg}$$

-Se calcula el cortante último

Puesto que los empujes laterales se consideran cargas vivas, se usa un factor de 1,7 y el incremento de un 10% por sismo en las fuerzas actuantes:

Agregando los factores de cargas de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_m} * b * d$$

Dónde:

$$t = 15 \text{ cm} \text{ --- espesor del muro}$$

$$d = 7,5 \text{ cm} \text{ ----- (espesor - recubrimiento (7,5cm))}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$f'_m = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

-Se calcula el momento actuante último

$$M = 571,19 \text{ kg-m} \quad (\text{Ver tabla 4}) \curvearrowright$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0007 * b * t$$

$$A_{S_{req}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 \times f' m}} \right] \times \left(\frac{0,85 f' m}{f_y} \right)$$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

Para H = 0,66m

-Fuerza actuante

$$V = 436,29 \text{ kg} \text{ ----- } V = 436,29 \text{ kg} \leftarrow$$

-Se calcula el cortante último

Agregando el factor de carga viva de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f' m} * b * d$$

Donde:

$$t = 15 \text{ cm} \text{ --- espesor del muro}$$

$$d = 7,5 \text{ cm} \text{ ----- (espesor - recubrimiento (7,5cm))}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$f' m = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

-Se calcula el momento actuante último

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{min}} = 0,0007 * b * t = 0,0007 * 100\text{cm} * 15\text{cm}$$

$$A_{S_{req}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 * f' m}} \right] * \left(\frac{0,85 f' m}{f_y} \right)$$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

Segundo caso de carga: Presiones del material orgánico y suelo (Biodigestor en funcionamiento)

Analizando H/3

-Fuerzas actuantes (Ver tabla 3)

Fuerza de empuje del material orgánico (F_1) = $V = 1121,05 \text{ kg}$

Fuerza de empuje del suelo (F_{E1}) = $V = 865,44 \text{ kg}$

-Se calcula el cortante último

$$V - F_1 + F_{E1} = 0$$

Puesto que los empujes laterales se consideran cargas vivas, se usa un factor de 1,7 y el incremento de un 10% por sismo en las fuerzas actuantes

Agregando los factores de cargas de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

- Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'm} * b * d$$

Donde:

t = 15 cm --- espesor del muro

d = 7,5 cm ----- (espesor – recubrimiento (7,5cm))

b = 100 cm

$f'm = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{55 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 7,5 \text{ cm}$$

-Se calcula el momento actuante último

$$M = (F_1 * 1,20) + (F_{EI} * 1,31)$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0007 * b * t$$

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 * f'm}} \right] * \left(\frac{0,85 f'm}{f_y} \right)$$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f'm b} \right]}{100}$$

Para 2H/3

-Fuerzas actuantes (Ver tabla 3)

Fuerza de empuje del material orgánico (F_2) = $V = 814,10$ kg

Fuerza de empuje del suelo (F_{E2}) = $V = 436,29$ kg

-Se calcula el cortante último

$$V - F_2 + F_{E2}$$

Puesto que los empujes laterales se consideran cargas vivas, se usa un factor de 1,7 y el incremento de un 10% por sismo en las fuerzas actuantes

Agregando los factores de cargas de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'm} * b * d$$

Donde:

$t = 15$ cm --- espesor del muro

$d = 7,5$ cm ----- (espesor – recubrimiento (7,5cm))

$b = 100$ cm

$f'm = 55$ kg/cm² -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

-Se calcula el momento actuante último

$$M - (F_2 * 0,60) + (F_{E2} * 0,66)$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0007 \times b \times t$$

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_{U^b}}{0,003825 \times f' m}} \right] \times \left(\frac{0,85 f' m}{f_y} \right)$$

Como $A_{S_{\min}} < A_{S_{\text{req}}}$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

En la tabla 6 se resume las áreas de acero obtenidas de acuerdo a las presiones tanto del suelo como del material orgánico almacenado que debe soportar las paredes de biodigestor

Tabla 6. Áreas de acero a cada tercio de altura medidas desde una altura de 1,97m hasta el fondo del digestor

	<i>F</i>	Altura desde fondo (m)	Fuerza empuje (kg)	Área de acero (cm ²)
<i>Presión suelo</i>	F_{E1}	0,66	865,44	5,75
	F_{E2}	1,31	436,29	2,20
<i>Presión material orgánico + suelo</i>	$V = F_1 - F_{E1}$	0,60	377,81	1,60
	$V = F_2 - F_{E2}$	1,20	255,61	1,50

Fuente: Los autores (2022).

El primer caso de carga corresponde a las presiones ejercidas por el suelo sobre las paredes del biodigestor cuando aún no está en funcionamiento, las cuales requieren las mayores áreas de acero de acuerdo a los cálculos.

El segundo caso de carga (presión suelo + presión material orgánico) requiere menor área de acero, esto debido a que las presiones del suelo se contrarrestan con las ejercidas por el material orgánico una vez que el biodigestor está a su máxima capacidad.

-Área de acero por temperatura (acero que se colocará en las soleras)

$$A_{\text{temp}} = 0.0025bt \text{ (UBC 1997 CAP 2106.1.12.4)}$$

$$A_{\text{temp}} = 0.0025bt$$

-Tercer caso de carga: Presión ejercida por la cúpula sobre la pared cilíndrica (Refuerzo horizontal)

-Cálculo de Momento de acuerdo al UBC (1997)

$$M = V_u \times \text{altura del muro}$$

-Cálculo de coeficiente K

$$K = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n \cdot f_b}}$$

Donde

$$F_s = \frac{1}{2} \times f_y \text{ (2100 kg/cm}^2\text{)}$$

$$F_b = \frac{1}{3} \times f'_m \text{ (18,33 kg/cm}^2\text{)}$$

$$n = \frac{E_s}{E_m}$$

$E_s = 2,03e6 \text{ kg/cm}^2$ (Modulo de elasticidad del acero)

$E_m = 750 * f'm$

$$n = \frac{2,03e6 \text{ kg/cm}^2}{41250 \text{ kg/cm}^2} = 49,21$$

-Cálculo de coeficiente j

$$J = 1 - \frac{K}{3} = 1 - 0,1$$

-Cálculo de la cuantía mínima, asumiendo un diámetro de varilla #3

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\text{diametrovarilla}}{2}$$

$$\rho = \frac{M}{f_s * j * b * d^2}$$

$$A_s = \rho * b * d$$

2.2.3 Calculo de la losa de fondo

Es necesario calcular las cargas gravitacionales, las cuales se dividen en: Cargas muertas (peso propio del digestor, cúpula y losa de fondo) y cargas vivas (peso del material orgánico almacenado).

Calculo de Cargas Muertas:

Peso propio de las paredes cilíndricas del digestor:

$$\text{Longitud de las paredes} = 2 * \pi * R$$

$$\text{Volumen de las paredes} = \text{Longitud} * \text{Altura} * \text{espesor}$$

Considerando que el peso específico de los bloques huecos de concreto reforzado es de 1300 kg/m^3 , se tiene que:

Peso propio = volumen de paredes x peso específico

Peso propio de la Cúpula:

Esfera interna

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Esfera externa

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\text{Volumen de la cúpula} = \frac{\text{Esfera externa} - \text{esfera interna}}{2}$$

Peso propio = volumen Cúpula x peso específico

Peso propio del cuello del biodigestor:

Longitud de las paredes del cuello = $2 \times \pi \times R$

Volumen de las paredes del cuello = Longitud x Altura x espesor

Peso propio = volumen del cuello x peso específico bloques sin reforzar

Peso propio de la tapa del cuello

$$\text{Volumen de la tapa} = \pi \times R^2 \times h$$

$$\text{Peso propio} = \text{volumen tapa} \times \text{peso específico del concreto}$$

Peso propio de la losa de fondo asumiendo un espesor de 15cm

$$\text{Volumen de la losa} = \pi \times R^2 \times h$$

Conociendo que la losa de fondo es de concreto reforzado, cuyo peso específico es de 2400 Kg/m³, se tiene que:

$$\text{Peso propio} = \text{volumen losa} \times \text{peso específico del concreto reforzado}$$

En conclusión, en la tabla 7 se muestran las cargas muertas que deberá soportar la losa de fondo.

2.2.4.3 Dimensiones de la losa de fondo

Según las presiones que debe soportar el terreno se diseñará la losa de cimentación, considerando que el biodigestor se asentará sobre un suelo arcilloso cuya capacidad portante o esfuerzo admisible es de 1,5 kg/cm². Se propone una losa de cimentación circular con las siguientes características:

$$\text{Diámetro} = 2,70 \text{ m}$$

$$\text{Espesor} = 0,15\text{m}$$

$$\text{Área} = 5,73 \text{ m}^2$$

$$qm = \frac{\text{PesoCM} + \text{PesoCV} + \text{pesoCimiento}}{\text{Areacimiento}} \times \left(1 + \frac{6 \times \text{excentricidad}}{\text{Baselosa}}\right)$$

$$X = \frac{\sum MR - \sum MV}{WT}$$

$$excentricidad = \frac{B}{2} - x$$

Con el área de cimentación propuesta se asegura que los esfuerzos de gravedad no excedan a la capacidad portante del suelo.

2.2.4.4 Calculo estructural de la losa de fondo

Para el cálculo del área de acero es necesario determinar las fuerzas que actúan en la base de la losa, como se muestra en la figura 12

Donde:

Ws = carga del material orgánico

Wc = carga losa concreto

Wm = carga muro

Wcu = carga cúpula

Qm = Fuerza del suelo del diagrama rectangular

De acuerdo al Código ACI 318-14:

-Relación de luces

$$m = \frac{Ladocorto}{Ladolado} = \frac{2,70m}{2,70m} = 1$$

-Repartición de cargas

$$K_1 = \frac{1}{1 + m^4}$$

-Fuerzas actuantes

$$C_v - 9000 \text{ kg} = 0$$

$$\text{Carga viva (Cv)} = 0,50 \times 9000 \text{ kg}$$

$$q_{ux_{cv}} = q_{uy_{cv}}$$

-Se hace el chequeo por corte ($V_{ux} = V_{uy}$)

$$V_u = q_{u_{cv}} + q_{u_{cm}}$$

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

$$d = t - r - \frac{\phi}{2}$$

$t = 15 \text{ cm}$ --- espesor de la losa

$r =$ recubrimiento concreto (5cm)

$\phi =$ diámetro de varilla

$b = 100 \text{ cm}$

$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión del concreto

-Chequeo por flexión (Momentos para losas con relación de luces = 1)

$$M_{ux+} = M_{uy+} = \frac{Vu \times L^2}{8} = \frac{5813,89 \text{ kg/m} \times (2,7\text{m})^2}{8}$$

-Área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0018 \times b \times d$$

$$A_{S_{\text{req}+}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u^+ b}{0,003825 \times f'c}} \right] \times \left(\frac{0,85 f'c}{f_y} \right)$$

$$\phi M_{n+} = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f'c b} \right]}{100}$$

Separación entre cabillas

$$\frac{\text{Areacabilla}}{0,0033 * d}$$

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Consideraciones generales.

El marco metodológico de esta investigación tiene como objetivo fundamental mostrar los diversos procedimientos y etapas que se llevaran a cabo para la recopilación y análisis de los datos. Al respecto, Tamayo y Tamayo (2003), lo define como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados. (p.37)

3.2 Tipo de Investigación

Esta investigación aplicada se considera de Campo, ya que con la misma se pretende adquirir los conocimientos necesarios directamente del lugar de estudio, con el fin de presentar las posibles soluciones que se ajusten al problema. Según Arias (2012), define que la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna. Este trabajo identifico y señalo el problema presente en el área, mediante recolección de información in situ y presento una solución viable y amigable con el ambiente.

3.3 Diseño de Investigación

Arias (2012), expresa que la Investigación descriptiva Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Esta investigación propone la recolección de información

mediante los diferentes medios bibliográficos para un análisis detallado que sirva para soporte para los resultados esperados. Por ello, se señaló, mediante el análisis deductivo, la situación en que se haya esta comunidad y expondrá una alternativa de reciclaje en la disposición de aguas residuales para la preservación del ambiente y mejorar la calidad de vida de los pobladores.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En el mismo orden de ideas, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, los cuales fueron planteados en el desarrollo o proceso de ejecución del trabajo de investigación, se usaron las siguientes herramientas, equipos y técnicas de trabajo desarrolladas durante toda la investigación.

3.4.1 Revisión Bibliográfica

Wiersma (1995), dice que: “La revisión bibliográfica suministra el contexto y el telón de fondo del problema de investigación. Ella debe establecer la necesidad de la investigación e indicar que el autor tiene conocimientos del área”. (p. 406). Esta técnica se basa en la obtención de información mediante la revisión de material bibliográfico tales como: textos, manuales de la organización, tesis, informes o material suministrado por los diferentes entes.

3.4.2 Observación Directa

Este es el inicio de cualquier investigación ya que facilita la acumulación y sistematización de información sobre algún tipo de variable que tiene relación con el problema estudiado. Arias (1999), indica que la observación directa ayuda a presenciar de manera clara los hechos y situaciones que ocurren en el entorno de investigación. Mediante esta técnica se recolecta, analiza y registra parte de la información necesaria de la funcionabilidad del sistema de drenajes de las viviendas y la disposición final de

sus aguas residuales, para así recoger datos substanciales que puedan contribuir al desarrollo de la investigación.

3.4.2 Entrevista no estructurada

Según Arias (2006), la entrevista no estructurada, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un dialogo o conversación “Cara a Cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. En este caso, se abordó la población de la ciudad de Barranca, con un total de 28 familias, describiendo la situación presente en el área de manera informal, sin uso de cuestionarios.

3.4.3 Herramientas y Equipos

- Computador portátil y de mesa (laptop Sony Va y pc de escritorio marca VIT)
- Programas de Software (Autocad 2015, Excel y Microsoft word 2010)
- Dispositivo de almacenamiento masivo (pendrive) de 8.0 Gigabytes
- Cámara Fotográfica.
- Cuaderno de notas
- Cinta métrica: utilizada para tomar las medidas de dimensiones en sitio.
- Herramientas de oficina: tales como hojas de máquina para la impresión de documentos, lápices, bolígrafos, etc.

CAPITULO IV

DESARROLLO

4.1 Identificar las aguas servidas de la comunidad de Barranca, Estado Anzoátegui.

La población de Barranca, en la actualidad cuenta con una población aproximada de 128 personas cuyo desarrollo principal es la agricultura y ganadería, basados en los parámetros de construcción de plantas de biogás sencillas publicados por Guardado (2007). En esta área se generan 3 tipos de aguas residuales, los cuales son;

- **Aguas residuales domesticas:** producidas por los residuos generados por el metabolismo humano o actividades que se llevan a cabo en el ámbito doméstico, tales como la cocina o el baño.
- **Aguas residuales industriales:** estas aguas proceden de la explotación agrícola y ganadera, incluyendo contaminantes de origen orgánico y microorganismos.
- **Aguas residuales urbanas:** generadas por la mezcla de aguas residuales domesticas e industriales, incluyendo las aguas pluviales.

Próximamente, debido a su expansión dichas aguas residuales irán en aumento.

4.2 Calcular hidráulica y estructuralmente el Biodigestor anaeróbico agroecológico.

4.2.1 Cálculos hidráulicos

d) Calcular kg de excretas al día

La carga orgánica proviene de los habitantes de una pequeña zona rural. Para ello se disponen de los datos indicados en la tabla 1

Cantidad de personas x (PVp / PVe) x cantidad de excreta x N° excretas diarias

$$100 \times (75\text{kg} / 80 \text{ kg}) \times 0,40 \text{ kg} \times 2 = \mathbf{75 \text{ kg excreta / día}}$$

Conociendo el total de la carga orgánica, se calcula el caudal diario del biodigestor, tomando en cuenta la proporción excreta-agua 1:1. Es decir, por criterios de diseño la dilución recomendada es de 1 kg de agua al día:

Caudal diario (Q_D) = Carga orgánica + (Dilución recomendada X carga orgánica)

$$75 \text{ kg} + (1 \times 75 \text{ kg}) = 150 \text{ kg / día}$$

Se convertirá este valor a m³/día, considerando que un recipiente de 1 litro pesa 1 kg. Entonces:

$$150 \frac{\cancel{\text{kg}}}{\text{día}} \times \frac{1 \cancel{\text{ litro}}}{1 \cancel{\text{ kg}}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \cancel{\text{ litros}}} = 0,15 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para que la carga orgánica se estabilice se recomienda 60 días de retención

$$0,15 \times 60 \text{ días de retención} = 9 \text{ m}^3$$

Por criterios de diseño se recomienda que las dimensiones mínimas de un biodigestor sean de 12 m^3 -----Volumen total del biodigestor.

e) Cálculo de m^3 de gas y radio de la cúpula

En un biodigestor, el 70% de su volumen es ocupado por la carga orgánica a tratar y el 30% será ocupado por el biogás (Guardado, 2007). Por lo tanto:

$$V_{\text{biogás}} = \text{Volumen digestor} \times 30\%$$

$$V_{\text{biogás}} = 12 \text{ m}^3 \times 30\% = \mathbf{3,60 \text{ m}^3 \text{ gas}} \text{ ----- Volumen de la cúpula}$$

Determinado el volumen de gas en la cúpula, se puede calcular el radio de la misma con la fórmula siguiente:

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$$

$$V_{\text{Esfera}} = 1,33 \times \pi \times R^3 \text{ ----- Despejando el Radio}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{v}{1,33 \times \pi}} = \sqrt[3]{\frac{(3,6 \text{ m}^3 + 3,6 \text{ m}^3)}{1,33 \times \pi}}$$

$$\mathbf{R = 1,20 \text{ m radio}} \text{ ----- Altura de la cúpula}$$

f) Cálculo del volumen de las paredes cilíndricas y su altura

$$V.\text{cilindro} = V.\text{ total del biodigestor} - V.\text{ cúpula}$$

$$V.\text{cilindro} = 12 \text{ m}^3 - 3,60 \text{ m}^3$$

$$V.\text{cilindro} = 8,40 \text{ m}^3$$

Para calcular la altura H del cilindro

$$V.\text{cilindro} = \pi \times R^2 \times H \text{ ----- Se despeja la altura (H)}$$

$$H = \frac{V.\text{cilindro}}{\pi \times R^2} = \frac{8,40 \text{ m}^3}{\pi \times 1,20^2}$$

$$H = 1,76 \text{ m} + 0,20 \text{ de borde libre}$$

$$H = 1,97 \text{ m}$$

$$\text{Altura total del biodigestor} = \text{altura cilindro} + \text{altura cúpula}$$

$$\text{Altura total del biodigestor} = 1,97 \text{ m} + 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Altura total del biodigestor} = 3,17 \text{ m}$$

En la figura 1 se detalla las dimensiones del biodigestor de acuerdo a los cálculos realizados:

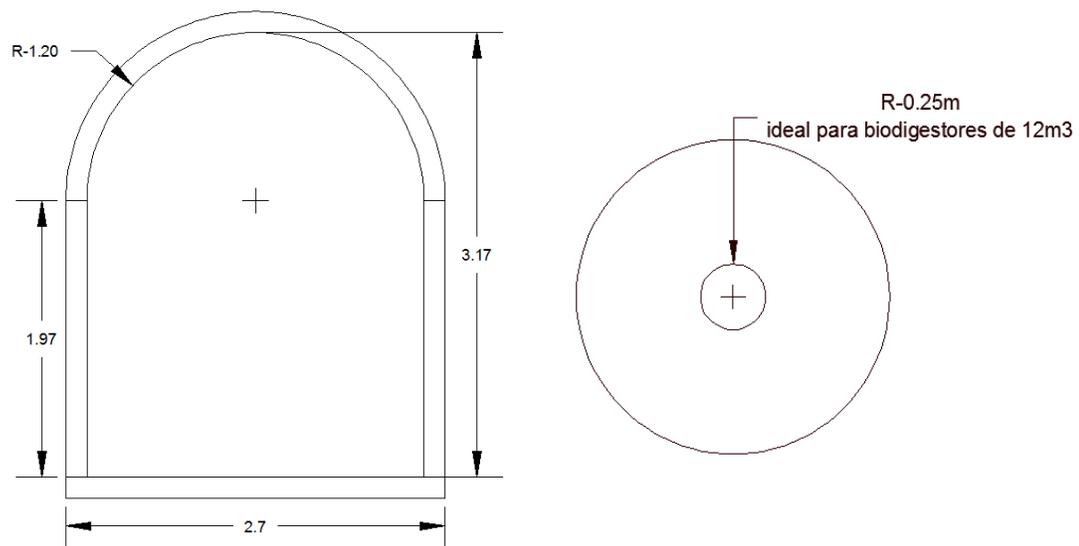


Figura 1. Dimensiones del biodigestor corte longitudinal (Izquierda) y planta (Derecha)

Fuente: Los Autores (2022)

4.2.1.1 Cálculo de tubería para la conducción del biogás

La Fórmula de Renoard es la comúnmente utilizada para el cálculo de tuberías relacionadas con el gas. La misma se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta P = 0,176067 \times dr \times Le \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Donde:

ΔP = Diferencia de presión

dr = Densidad relativa

Le = Longitud equivalente (20% de la longitud real)

Q = Caudal

D = Diámetro

Despejando el diámetro de la fórmula anterior, se tiene que:

$$D = \sqrt[4,82]{\frac{0,176067 \times d \times r \times L \times Q^{1,82}}{\Delta P}}$$

Le = 1,20 x Longitud de cada tramo

Le = 1,20 x 50m

Le = 60m

En la Tabla 2 se indican las propiedades del biogás, las cuales serán necesarias para el cálculo del diámetro de tubería.

$$\text{Caudal } Q = \frac{\text{Potencia de } 3,6 \text{ m}^3 \text{ de biogás}}{\text{PCS}} = \frac{7,92 \text{ KWh}}{6,27 \text{ KWh/m}^3}$$

Caudal Q = 1,26 m³

$\Delta P = 1,2 \text{ mbar} \text{ ----- } 0,12 \text{ MPa}$

1 MPa ----- 101971621 kg/m²

0,12 MPa ----- X = 12236594,5 Kg/m²

$$D = \sqrt[4,82]{\frac{0,176067 \times 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 60 \text{ m} \times (1,26 \text{ m}^3)^{1,82}}{12236594,5 \text{ kg/m}^2}}$$

D = 0,02 m ----- 20 mm (3/4")

4.2.1.2 Volumen del tanque de mezcla y tubería de influente

Las dimensiones dependen del gasto diario, la cual es de $0,15\text{m}^3/\text{día}$ de acuerdo a cálculos anteriores. En base a este valor se diseñará el diámetro de la tubería de influente, la cual une el tanque de mezcla con el fondo del digestor. La distancia entre estos dos elementos es de 1,5 m.

Caudal (Q) = Velocidad del fluido x área de tubería

$$\text{Velocidad del fluido} = \frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{1,5 \text{ m}}{30 \text{ seg}} = 0,05 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 4.320 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

Despejando el área de la fórmula de caudal:

$$\text{Área tubería} = \frac{\text{Caudal diario}}{\text{velocidad fluido}} = \frac{0,15 \text{ m}^3/\text{día}}{4.320 \text{ m/día}} = 0,000035 \text{ m}^2$$

Área círculo = $\pi \times R^2$ -----Despejando el radio

$$\text{Radio} = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,000035 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,0033 \text{ m}$$

Diámetro tubería 0,007 m ----- 7 mm (1")

Por criterios de diseño, el diámetro de las tuberías de influente por donde se desplazará el material orgánico, debe oscilar entre 3" y 4" para biodigestores. El valor obtenido en los cálculos es muy bajo, por lo que se asumirá un diámetro de tubería de 3", que es el mínimo permitido (Guardado, 2007).

El tanque de mezcla será cuadrado y deberá tener un volumen interno mínimo un poco mayor que el volumen de carga diario, entre 10-20 %. La carga diaria del biodigestor propuesto es de 150 kg/día (0,15 m³/día). Por lo tanto:

$$\text{Volumen tanque de mezcla} = 0,15 \text{ m}^3 + (0,15\text{m}^3 \times 20\%)$$

$$\text{Volumen mínimo del tanque de mezcla} = 0,20\text{m}^3$$

De acuerdo a lo anterior el tanque de mezcla tendrá las siguientes dimensiones:

$$\text{Lado} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Alto} = 0,50\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 0,50\text{m}^3$$

4.2.1.3 Dimensiones del tanque de absorción y tubería de efluente

La tubería de efluente se diseñará en base al Caudal diario con la siguiente formula:

$$Q_{\text{aguas-tratadas}} = Q_D \times k$$

K = Según la Gaceta oficial 4044 de normas sanitarias, en Venezuela el factor K para aguas tratadas oscila entre 1,2 y 1,5. Para fines de cálculo se asumirá un valor medio de 1,3.

$$Q_{\text{max}} = 0,15 \text{ m}^3/\text{día} \times 1,3$$

$$Q_{\text{max}} = 0,20 \text{ m}^3$$

La distancia entre el digestor y el tanque de absorción será de 3m.

$$\text{Velocidad del fluido} = \frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{3 \text{ m}}{30 \text{ seg}} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 8.460 \frac{\text{m}}{\text{dia}}$$

Despejando el área de la fórmula de caudal:

$$\text{Área tubería} = \frac{\text{Caudal agua tratadas}}{\text{velocidad fluido}} = \frac{0,20 \text{ m}^3/\text{dia}}{69,12 \text{ m}/\text{dia}} = 0,00002 \text{ m}^2$$

Área círculo = $\pi \times R^2$ -----Despejando el radio

$$\text{Radio} = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,002 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,003 \text{ m}$$

Diámetro tubería 0,006 m ----- 6 mm (0,24" ---- Se asumirá un diámetro de 1")

En el tanque de absorción serán vertidas las aguas tratadas y tendrá una forma circular con un diámetro mínimo de 1m y la altura se calcula con la formula siguiente:

$$h1 = \frac{\text{Areadigestor}}{\pi \times \text{diametro tanque absorcion}} = \frac{4,52 \text{ m}^2}{\pi \times 1 \text{ m}} = 1,43 \text{ m}$$

4.2.1.4 Tubería de extracción de sólidos o bio-fertilizante

Por norma esta tubería debe tener 4" de diámetro, de PVC hidráulico.

De acuerdo a Guardado (2007) los biodigestores de 12 m² de forma cilíndrica con cúpula fija producen un total de 2 toneladas de bio-abono orgánico al año, lo que representa 5,50 kg de bio-fertilizante diario.

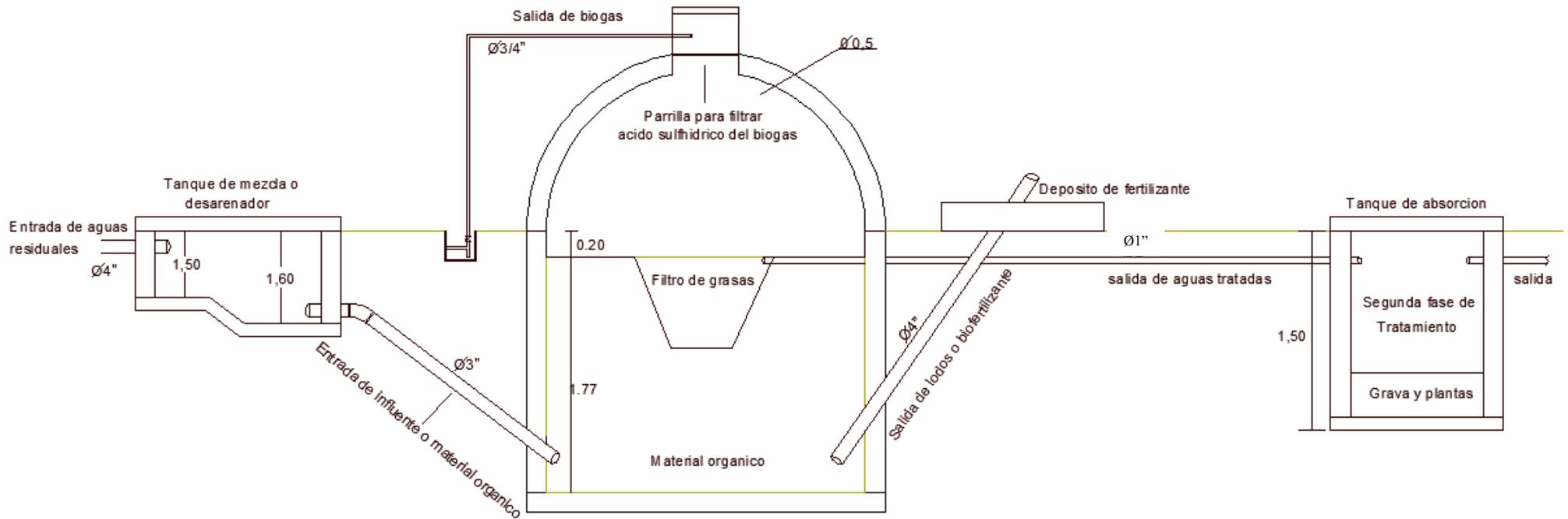


Figura 2. Perfil longitudinal de los componentes del biodigestor con medidas y diámetros de tuberías
Fuente: Los Autores. (2022).

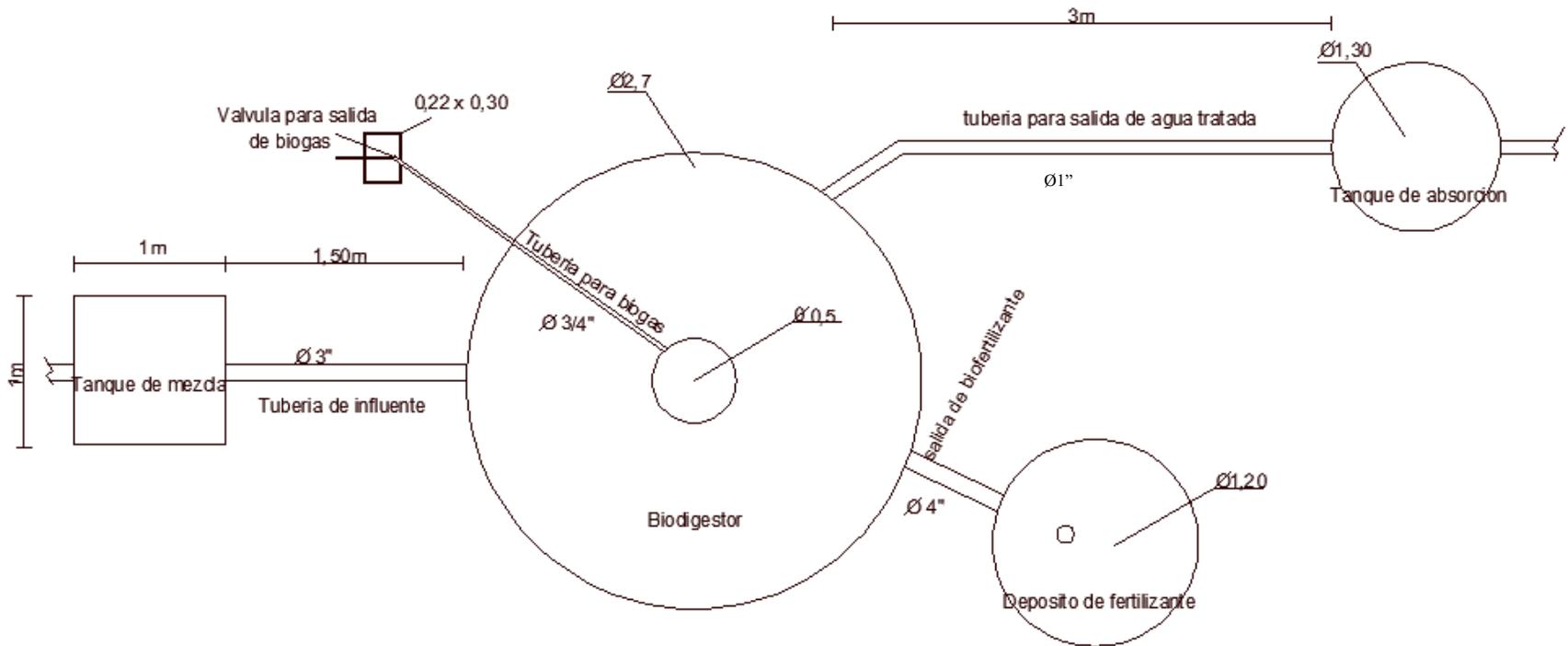


Figura 3. Perfil en planta de los componentes del biodigestor con medidas y diámetros de tuberías

Fuente: Los Autores. (2021).

4.2.2 Cálculos estructurales

4.2.2.1 Calculo estructural de la cúpula

-Presión del biogás

Fórmula para el cálculo de Fuerzas verticales en superficies curvas:

$$F_v = \text{peso específico } (\gamma) \times \text{Volumen cúpula } (V)$$

$$V_{\text{semiesfera}} = \frac{\frac{4}{3} \times \pi \times R^3}{2}$$

$$V_{\text{semiesfera}} = \frac{\frac{4}{3} \times \pi \times 1,20^3}{2}$$

$$V_{\text{semiesfera}} = 3,60 \text{ m}^3$$

El peso específico de un biogás es de 1,25 kg/m³

$$1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 12,26 \text{ N/m}^3$$

$$F_v = \text{peso específico } (\gamma) \times \text{Volumen } (V)$$

$$F_v = 12,26 \text{ N/m}^3 \times 3,60 \text{ m}^3$$

$$F_v = 44,14 \text{ N}$$

Fórmula para el cálculo de Fuerzas horizontales en superficies curvas:

$$F_h = \text{peso específico } (\gamma) \times \left(\frac{\text{Areadelaesfera}}{2} \right) \times \left(\text{bordelibre} + \frac{\text{diametro}}{2} \right)$$

$$F_h = 12,26 \frac{N}{m^3} \times \frac{4 \times \pi \times 1,20 m^2}{2} \times \left(0,20 + \frac{2,4 m}{2}\right)$$

$$F_h = 12,26 \frac{N}{m^3} \times 9,05 m^2 \times 1,4 m \text{ ----- } F_h = 155,33 N$$

-Fuerza resultante

$$F_r = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

$$F_r = \sqrt{(44,14 N)^2 + (155,33 N)^2}$$

$$F_r = 161,48 N \text{ ----- Fuerza ejercida por el biogás en la cúpula}$$

-Cálculo de la presión,

$$\text{Área semiesfera interna} = \frac{4 \times \pi \times R^2}{2} = \frac{4 \times \pi \times 1,20^2}{2} = 9,05 m^2$$

$$\text{Área semiesfera externa} = \frac{4 \times \pi \times R^2}{2} = \frac{4 \times \pi \times 1,35^2}{2} = 11,45 m^2$$

$$\text{Área total semiesfera} = 11,45 m^2 - 9,05 m^2$$

$$\text{Área total semiesfera} = 2,4 m^2$$

$$\text{Presión} = F_r \times \text{Área}$$

$$\text{Presión} = 161,48 N \times 2,4 m^2 = 387,55 N/m^2 \text{ ----- presión ejercida por biogás}$$

En la figura 4 se muestra la estática de la cúpula semiesférica

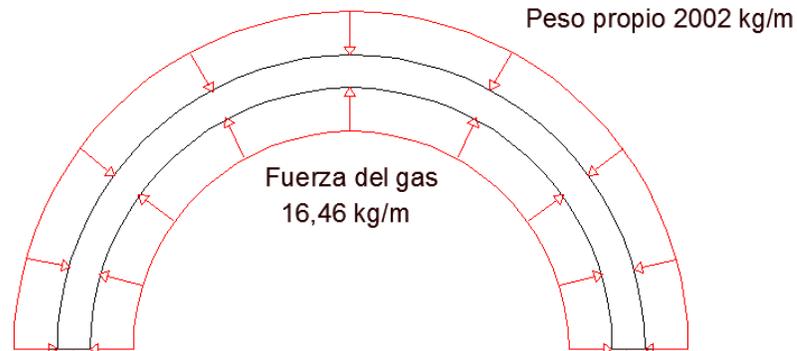


Figura 4. Solicitaciones en la cúpula del biodigestor
Fuente: Los Autores (2022)

-Cálculo de cortantes N_1 y N_2 (meridianos y paralelos respectivamente) de acuerdo a lo descrito en la figura 5

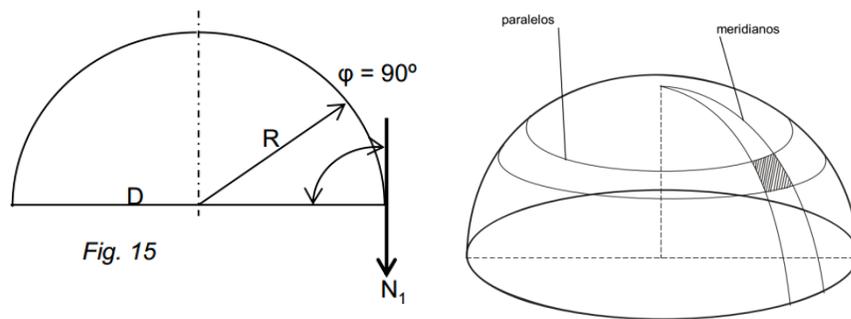


Figura 5. Formas Típicas de cúpulas semiesféricas
Fuente: Maydana, A. (2014).

$$N_1 = - \frac{R x g}{1 + \cos \varphi}$$

Donde:

$g =$ - peso propio cúpula + fuerza ejercidas por el biogás

$$N_1 = - \frac{1,20m x (-2002 \text{ kg} + 16,46 \text{ kg})}{1 + \cos 90}$$

$$N_1 = 2382,65 \text{ kg} \quad \uparrow$$

$$N_2 = -Rxg \left(\cos \varphi - \frac{1}{1 + \cos \varphi} \right) =$$

$$N_2 = -1,20mx(-2002kg + 16,46kg) \left(\cos 90 - \frac{1}{1 + \cos 90} \right) =$$

$$N_2 = -2382,65 \text{ kg} \quad \leftarrow$$

-Verificar tensiones de compresión

Es necesario verificar que las tensiones de compresión originadas por los esfuerzos a los que está sometida la cúpula no sobrepase las tensiones admisibles del material con la siguiente formula:

Según la UBC (2007) la fórmula para calcular la tensión admisible asumido de bloques de concreto es la siguiente:

$$F_b = \frac{1}{3} \times f'_m$$

Donde:

$f'_m = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$F_b = \sigma'_{adm} = \frac{1}{3} \times 55 \text{ kg/cm}^2 = 18,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{b1} = \frac{N_1}{t(cm) \times 100cm} < \sigma'_{adm}$$

$$\sigma'_{b1} = \frac{2382,65 \text{ kg}}{15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}} = 2 \text{ kg/cm}^2 < 18,33 \text{ kg/cm}^2 \text{ CUMPLE}$$

$$\sigma'_{b2} = \frac{-2382,65 \text{ kg}}{15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}} = -2 \text{ kg/cm}^2 < 18,33 \text{ kg/cm}^2 \text{ CUMPLE}$$

Por lo tanto, la cúpula resiste tensiones de compresión.

-Cálculo de cuantía mínima de acero

La cuantía debe ser de 0,5% para adsorber los esfuerzos de tracción por variaciones de temperatura, flexiones debidas a cargas eventuales o perturbaciones de borde

$$Fe = 0,005 \times t \times 100$$

$$Fe = 0,005 \times 15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$$

$$Fe = 7,5 \text{ cm}^2 \text{ ----En meridianos usar } \emptyset 3/8''$$

Para esfuerzos de tracción según los paralelos, la armadura se distribuye en el ancho de un metro y cumplir con la siguiente condición:

$$Fe_{\text{anular}} = \frac{N2}{\sigma_{adm}} \geq 0,006 \times t \times 100 \text{ cm}$$

$$Fe_{\text{anular}} = \frac{2382,65 \text{ kg}}{18,33 \text{ kg/cm}^2} = 130 \text{ cm}^2 \text{ (cabillas de 1m)} > 9 \text{ cm}^2 \text{ CUMPLE}$$

Las armaduras, sean principales o de repartición, llevarán las direcciones de los paralelos y de los meridianos irán por el centro del espesor de la lámina.

-Verificación al pandeo

$$\sigma_{\text{critico}} = 0,075 \times E \times \frac{t}{R} = 0,075 \times 3959 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{15 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} = 37,12 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

E = módulo de elasticidad de mampostería de bloques de 15cm

t = espesor

R = radio

γ = coeficiente de seguridad. Puede tomarse igual a 3

Debe cumplirse que $\sigma_{\text{adm}} \leq \sigma'_{\text{adm}}$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{critico}}}{\gamma} = \frac{37,12 \text{ kg/cm}^2}{3}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 12,37 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma'_{\text{adm}} = 18,33 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Cumple. Resiste al pandeo}$$

-Cálculo del anillo del borde inferior

En todos los casos deberá cumplirse que la tensión que produce el esfuerzo N_1 o V_1 , sea menor que la tensión admisible del acero $f_s = \frac{1}{2} \times f_y$

$$\sigma'_{b3} = \frac{N_1}{d_1 \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm}} < f_s = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

Donde d_1 siempre está en función del espesor (t) o algo menor

$$\sigma'_{b3} = \frac{2382,65 \text{ kg}}{15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}} = 1,60 \text{ kg/cm}^2 < 2100 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Cumple}$$

En este caso corresponde, siempre que el anillo de tracción esté apoyado en toda su longitud.

Se coloca acero en el anillo para que adsorba los esfuerzos de tracción (Figura 6).

$$T = N1 \times \frac{\text{Diametro}}{2} = 2382,65 \text{ kg/m} \times \frac{2,4\text{m}}{2} = 2859,18 \text{ kg}$$

$$FE_3 = \frac{N1}{f_s} = \frac{2859,18 \text{ kg}}{2100 \text{ kg/cm}^2} = 1,36 \text{ cm}^2 \text{ Usar } (6\emptyset 3/8'' + \text{estribos } \emptyset 1/4 @ 25\text{cm}'')$$

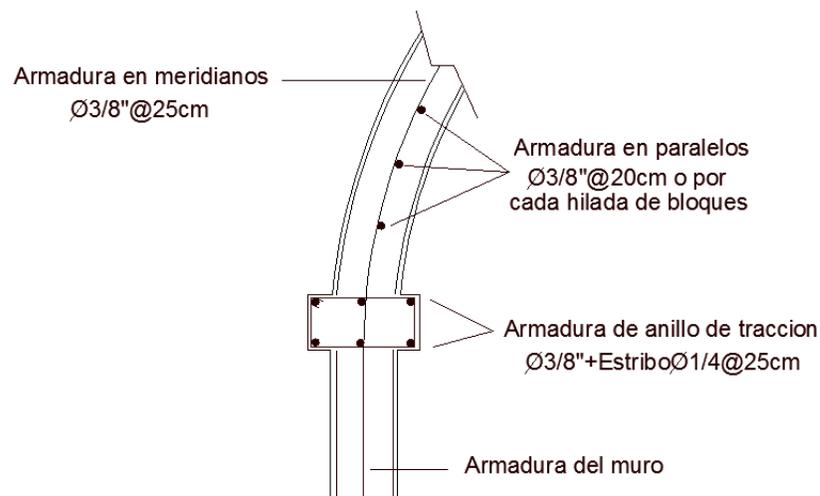


Figura 6. Detallado de la cúpula y el anillo inferior
Fuente: Los Autores. (2022).

-Cálculo del anillo del borde Superior

La parte superior de la cúpula tiene una apertura circular que corresponde al cuello, tal como se muestra en la figura 7. La carga P corresponde a su peso propio, la cual se descompone en dos direcciones. Una es la dirección de la tangente al meridiano (N_{1P}). La otra dirección será la dirección horizontal H_2 , cuyo esfuerzo deberá tomarse con un anillo de compresión.

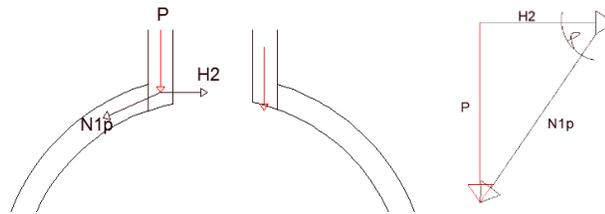


Figura 7. Descomposición de las fuerzas en el cuello de la cúpula a partir de la carga P
Fuente: Los Autores. (2022).

- **Peso propio del cuello de la cúpula**

Volumen de las paredes del cuello = Perímetro x Altura x espesor

Volumen de las paredes del cuello = 1,57 m x 0,30 m x 0,15 m

Volumen de las paredes del cuello = 0,06 m³

Peso propio = volumen del cuello x peso específico bloques con mortero

Peso propio = 0,06 m³ x 1600 kg/m³

Peso propio del cuello = 96 kg

$$\text{Sen}\varphi_0 = \frac{P}{N_{1P}} \dots\dots\dots N_{1P} = \frac{P}{\text{Sen}\varphi_0} = \frac{96}{\text{Sen}45} = 135,76 \text{ kg}$$

$$\text{Tang}\varphi_0 = \frac{P}{H_2} \dots\dots\dots H_2 = \frac{P}{\text{tan}\varphi_0} = \frac{96}{\text{tan}45} = 96 \text{ kg}$$

El anillo se calcula con una fuerza C

$$C = H_2 \times \frac{D_0 \text{ (diametro del cuello)}}{2}$$

$$C = 96 \times \frac{0,50}{2} = 24 \text{ kg}$$

Y se dimensiona como si fuese una columna

$$C \times \gamma = F_b \times [\sigma'_{bk} + \mu_0 \times \sigma_{ek}]$$

Se despeja F_b

$$F_b = \frac{C \times \gamma}{\sigma'_{adm} + (\mu_0 \times \sigma_{fs})}$$

Donde:

$$\gamma \geq 2,5$$

$$\mu_0 = 1\%$$

$$F_b = \frac{24 \text{ kg} \times 3}{18,33 \text{ kg/cm}^2 + (0,01 \times 2100 \text{ kg/cm}^2)} = 1,83 \text{ cm}^2 \quad (\text{Usar } 4\emptyset 3/8'' +$$

estribos $\emptyset 1/4 @ 25 \text{ cm}''$)

En la figura 8 se muestra el detallado final de la parte superior de la cúpula de acuerdo a los resultados obtenidos en los cálculos:

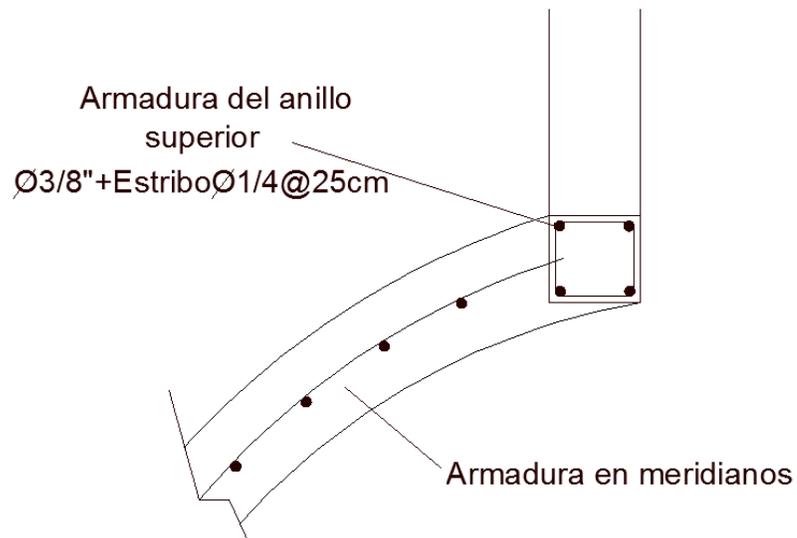


Figura 8. Detallado de la cúpula y el anillo superior
Fuente: Los Autores. (2022).

4.2.2.2 Calculo estructural de las paredes cilíndricas

- Chequeo de estabilidad contra volteo:

Para realizar el análisis de volteo es necesario calcular los momentos resistentes de acuerdo al centro del biodigestor, como se muestra en la figura 7. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos:

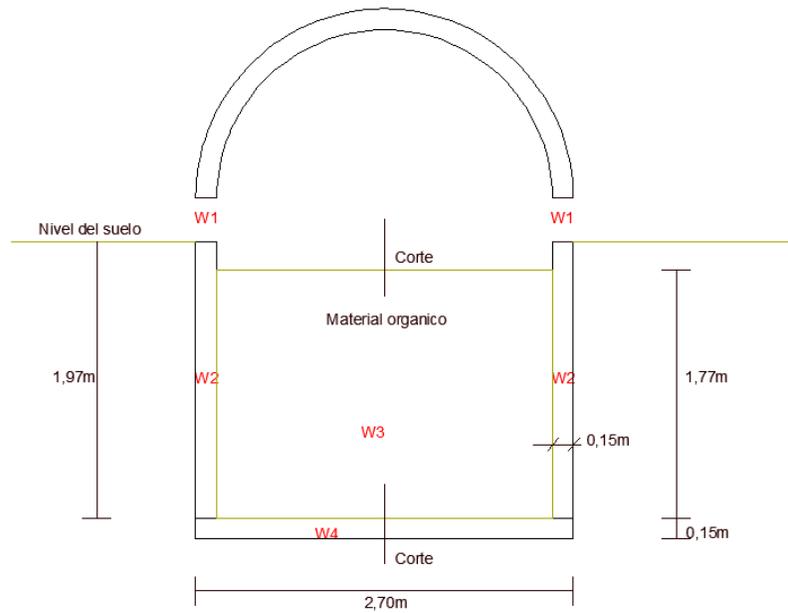


Figura 9. Cargas actuantes en el biodigestor
Fuente: Los Autores. (2022).

Una vez calculados los momentos resistentes se procede a calcular las fuerzas actuantes en el muro de cilíndrico de mampostería a cada tercio de altura, las cuales se muestran en la figura 10.

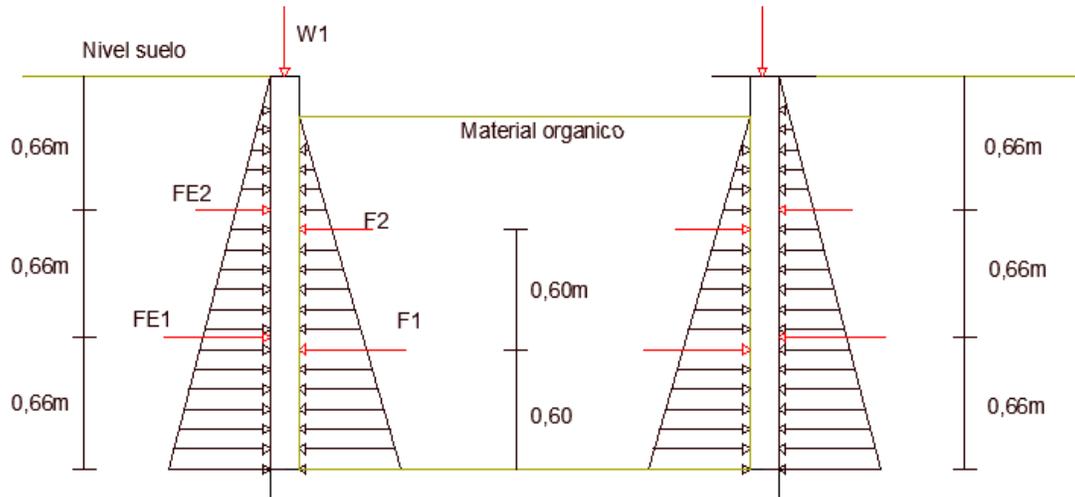


Figura 10. Fuerzas actuantes en las paredes cilíndricas del biodigestor
Fuente: Los Autores. (2022).

- Presión del suelo (F_E) sobre paredes del biodigestor

Para el cálculo de la fuerza de empuje del suelo sobre el muro cilíndrico se dispone de los siguientes datos:

Tipo de suelo = Arcilla dura

Angulo de fricción interna (ϕ)= 30°

Peso volumétrico (γ_m) = $1,35 \text{ ton/m}^3$

Altura del muro (H) = $1,97\text{m}$

-Cálculo del esfuerzo vertical

$$\sigma_v = H \times \gamma_m$$

$$\sigma_v = 1,97\text{m} \times 1,35 \text{ ton/m}^3$$

$$\sigma_V = 2,66 \text{ ton/m}^2$$

-Cálculo del esfuerzo horizontal

σ_H = esfuerzo vertical (F_V) x Coeficiente K_a

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\text{Angulo friccion interna } (\phi)}{2}\right)$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0,33$$

$$\sigma_H = 2,66 \text{ ton/m}^2 \times 0,33$$

$$\sigma_H = 0,88 \text{ ton/m}^2$$

Transformar ton/m^2 a KN/m^2

$$0,88 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ KN}}{1000 \text{ N}} = 8,62 \text{ KN/m}^2$$

- Calculo de la fuerza de empuje (F_E) del suelo sobre la pared del biodigestor

$$F_{E1} = \frac{\sigma_H \times H}{2} = \frac{8,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \times 1,97 \text{ m}}{2}$$

$$F_{E1} = 8,49 \text{ KN/m}$$

- Calculo de la ubicación del centro de presión

$$\frac{1}{3} \times H = \frac{1}{3} \times 1,97 \text{ m} = 0,66 \text{ m desde la losa de fondo.}$$

A dos tercios (1,31m) de altura medidos desde el fondo de la losa la fuerza de empuje F_{E2} es de 4,28 KN/m

- Presión del material orgánico (F) sobre las paredes del biodigestor:

Conociendo que la masa del material orgánico es de 9000 kg (150 kg diarios por 60 días de retención), se calcula la presión ejercida por la misma a cada tercio de altura:

Localización del centro de presión medida desde la losa de fondo:

$$\text{A un tercio de altura --- } \frac{\text{Alturadelcilindro}}{3} = \frac{1,76 \text{ m}}{3} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{A dos tercios de altura -- } \frac{2 (\text{Alturadelcilindro})}{3} = \frac{2 \times 1,76 \text{ m}}{3} = 1,2 \text{ m}$$

Calculo de la presión a cada altura

$$P_1 = \frac{(\text{peso específico } (\gamma) \times H/3) + (\text{peso específico } (\gamma) \times 2H/3)}{2}$$

$$\gamma = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} = \frac{\text{masaxgravedad}}{\text{Volumen}} = \frac{9000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/seg}^2}{7,96 \text{ m}^3}$$

$$\gamma = 11091,71 \frac{\text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}{\text{m}^3} \text{-----} 11091,71 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 = \frac{\left(11091,71 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \times 0,60 \text{ m}\right) + \left(11091,71 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \times 1,2 \text{ m}\right)}{2}$$

$$P_1 = 9982,11 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = \frac{(\text{peso específico } (\gamma) \times \text{alturadelcentrodeP2})}{2} = \frac{\left(11091,71 \frac{N}{m^3} \times 1,2 \text{ m}\right)}{2}$$

$$P_2 = 6655,26 \text{ N/m}^2$$

-Cálculo de la tensión o fuerza de empuje

$$F_1 = \frac{P_1 \times \text{Diametro}}{2} = \frac{9982,11 \frac{N}{m^2} \times 2,40 \text{ m}}{2} = 11978,53 \text{ N/m}$$

$$F_2 = \frac{P_2 \times \text{Diametro}}{2} = \frac{6655,26 \frac{N}{m^2} \times 2,40 \text{ m}}{2} = 7986,31 \text{ N/m}$$

En la tabla 4 se indican las presiones y fuerzas de empuje tanto del material orgánico como del suelo sobre las paredes de digestor a cada tercio de altura

-Cálculo de momentos de volteo

Para chequear el momento de volteo (Tabla 5) primero se analizará que el muro resista las presiones ejercidas por el suelo.

Haciendo el chequeo de estabilidad contra volteo:

$$FSV = \Sigma MR / \Sigma MV$$

$$FSV = 8005,81 \text{ kg-m} / 1142,73 \text{ kg-m}$$

$$FVS = 7 \geq 2 \text{ ----- Por lo tanto, sí chequea contra volteo.}$$

- **Chequeo de estabilidad contra deslizamiento**

Para chequear el deslizamiento se analizará que el muro resista las presiones ejercidas por el material orgánico. Como ya se conocen las fuerzas actuantes, corresponde ahora calcular la fuerza de fricción (FF).

$$FF = 0.9 * \tan \varphi * WT = 0.9 \times \tan 40^\circ \times 6877,67 \text{kg} = 5193,95 \text{ kg}$$

$$\Sigma FR = F_T + FF$$

Donde FT es la sumatoria de las fuerzas de empuje del material orgánico en Kg/m, las cuales se muestran en la Tabla 3

$$\Sigma FR = 2035,15 \text{ kg} + 5193,95 \text{ kg} = 7229,10 \text{ kg}$$

Haciendo el chequeo contra deslizamiento:

$$FSD = \Sigma FR / \Sigma FA$$

$$FSD = 7229,10 \text{kg} / 1301,73 \text{ kg}$$

$$FSD = 5,6 \geq 1,5 \text{ ----- Por lo tanto, sí chequea contra deslizamiento}$$

- **Área de acero de acuerdo a fórmulas del código ACI 318-05**

Como ya se conocen las cargas actuantes (Figura 11), se procede a calcular los momentos actuantes a cada tercio de altura. Esto es necesario para realizar el diseño del acero en un muro de bloques:

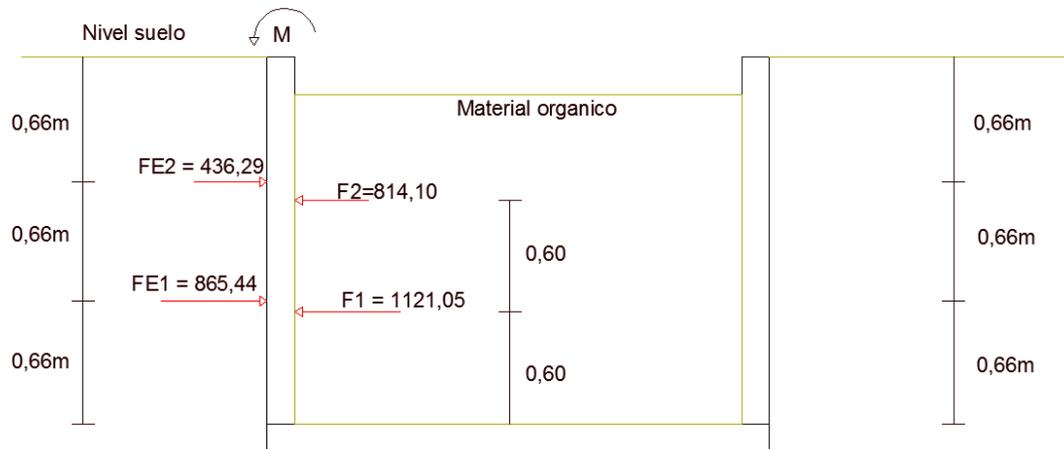


Figura 11. Cargas actuantes a cada tercio de altura
Fuente: Los Autores. (2022).

Primer caso de carga: Presiones del suelo (Biodigestor vacío)

Analizando $H = 1,31m$ ($0,66m+0,66m$)

-Fuerza actuante

$$V + 865,44kg \text{ ----- } V = 865,44 \text{ kg} \leftarrow$$

-Se calcula el cortante último

Puesto que los empujes laterales se consideran cargas vivas, se usa un factor de 1,7 y el incremento de un 10% por sismo en las fuerzas actuantes:

Agregando los factores de cargas de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

$$V_U = 1,7 * 1,10 * 865,44 \text{ kg} = 1618,37 \text{ kg}$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'm} * b * d$$

Dónde:

t = 15 cm --- espesor del muro

d = 7,5 cm ----- (espesor – recubrimiento (7,5cm))

b = 100 cm

$f'm = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{55 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 7,5 \text{ cm}$$

$$\phi V_C = 2505,75 \text{ kg} \geq V_u = 1618,37 \text{ kg} \text{ ----- entonces sí chequea por cortante}$$

-Se calcula el momento actuante último

$$M = 571,19 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (\text{Ver tabla 4})$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * 571,19 \text{ kg/m} = 1068,13 \text{ kg-m}$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0007 * b * t = 0,0007 * 100 \text{ cm} * 15 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\min}} = 1,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{req}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 x f' m}} \right] x \left(\frac{0,85 f' m}{f_y} \right)$$

$$A_{S_{req}} = \left[(100 x 7,5) - \sqrt{(100 x 7,5)^2 - \frac{1068,13 x 100}{0,003825 x 55}} \right] x \left(\frac{0,85 x 55}{4200} \right)$$

$$A_{S_{req}} = \left[(750) - \sqrt{562500 - 507726,68} \right] x 0,011$$

$$A_{S_{req}} = 5,68 \text{ cm}^2 \text{----- entonces } A_s = 5,68 \text{ cm}^2$$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_s f_y d - \frac{A_s^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[5,68 x 4200 x 7,5 - \frac{5,68^2 x 4200^2}{1,7 x 55 x 100} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = 1062,47 \text{ kg-m} < M_U = 1068,13 \text{ kg-m} \text{----- No chequea a flexión}$$

Aumentar área de acero $A_s = 5,75 \text{ cm}^2$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[5,75 x 4200 x 7,5 - \frac{5,80^2 x 4200^2}{1,7 x 55 x 100} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = 1068,73 \text{ kg-m} \geq M_U = 1068,13 \text{ kg-m} \text{----- Si chequea a flexión}$$

Para H = 0,66m

-Fuerza actuante

$$V + 436,29 \text{ kg} \text{-----} V = 436,29 \text{ kg} \leftarrow$$

-Se calcula el cortante último

Agregando el factor de carga viva de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

$$V_U = 1,7 * 1,10 * 436,29 \text{ kg} = 815,86 \text{ kg}$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'm} * b * d$$

Donde:

t = 15 cm --- espesor del muro

d = 7,5 cm ----- (espesor – recubrimiento (7,5cm))

b = 100 cm

$f'm = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{55 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 7,5 \text{ cm}$$

$$\phi V_C = 2505,75 \text{ kg} \geq V_U = 815,86 \text{ kg, entonces sí chequea por cortante}$$

-Se calcula el momento actuante último

$$M = 436,29 (0,66)$$

$$M = 287,95 \text{ kg-m} \quad \curvearrowright$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * 287,95 \text{ kg/m} = 538,47 \text{ kg/m}$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0007 * b * t = 0,0007 * 100 \text{ cm} * 15 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\min}} = 1,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 * f' m}} \right] * \left(\frac{0,85 * f' m}{f_y} \right)$$

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(100 * 7,5) - \sqrt{(100 * 7,5)^2 - \frac{538,47 * 100}{0,003825 * 55}} \right] * \left(\frac{0,85 * 55}{4200} \right)$$

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(750) - \sqrt{562500 - 255,957,22} \right] * 0,011$$

$$A_{S_{\text{req}}} = 2,13 \text{ cm}^2$$

Como $A_{S_{\min}} \leq A_{S_{\text{req}}}$ ----- usar $A_s = 2,13 \text{ cm}^2$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_s f_y d - \frac{A_s^2 f_y^2}{1,7 * f' m b} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[2,13 * 4200 * 7,5 - \frac{2,13^2 * 4200^2}{1,7 * 55 * 100} \right]}{100}$$

$\phi M_n = 526,82 \text{ kg-m} < M_U = 538,47 \text{ kg-m}$ ----- **No chequea a flexión**

-Aumentando $A_s = 2,20 \text{ cm}^2$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[2,20 \times 4200 \times 7,5 - \frac{2,20^2 \times 4200^2}{1,7 \times 55 \times 100} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = 541,51 \text{ kg-m} \geq M_u = 538,47 \text{ kg-m} \text{ ----- Si chequea a flexión}$$

Segundo caso de carga: Presiones del material orgánico y suelo (Biodigestor en funcionamiento)

Analizando H/3

-Fuerzas actuantes (Ver tabla 3)

Fuerza de empuje del material orgánico (F_1) = $V = 1121,05 \text{ kg}$

Fuerza de empuje del suelo (F_{E1}) = $V = 865,44 \text{ kg}$

-Se calcula el cortante último

$$V - F_1 + F_{E1} = 0$$

$$V = 1121,05 \text{ kg} - 865,44 \text{ kg}$$

$$V = 255,61 \text{ kg} \longrightarrow$$

Puesto que los empujes laterales se consideran cargas vivas, se usa un factor de 1,7 y el incremento de un 10% por sismo en las fuerzas actuantes

Agregando los factores de cargas de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

$$V_U = 1,7 * 1,10 * 255,61 \text{ kg} = 477,99 \text{ kg}$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'm} * b * d$$

Donde:

t = 15 cm --- espesor del muro

d = 7,5 cm ----- (espesor – recubrimiento (7,5cm))

b = 100 cm

$f'm = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{55 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 7,5 \text{ cm}$$

$\phi V_C = 2505,75 \text{ kg} \geq V_u = 477,99$ entonces --- **sí chequea por cortante**

-Se calcula el momento actuante último

$$M - (F_1 * 1,20) + (F_{E1} * 1,31)$$

$$M = (1121,05 \text{ kg} * 1,20) - (865,44 \text{ kg} * 1,31)$$

$$M = 211,53 \text{ kg/m} \curvearrowright$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * 211,53 \text{ kg/m} = 395,56 \text{ kg/m}$$

-Calculando el área de acero

$$A_{Smin} = 0,0007 \times b \times t = 0,0007 \times 100\text{cm} \times 15\text{cm}$$

$$A_{Smin} = 1,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{Sreq} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 \times f' m}} \right] \times \left(\frac{0,85 f' m}{f_y} \right)$$

$$A_{Sreq} = \left[(100 \times 7,5) - \sqrt{(100 \times 7,5)^2 - \frac{395,56 \times 100}{0,003825 \times 55}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times 55}{4200} \right)$$

$$A_{Sreq} = \left[(750) - \sqrt{562500 - 188026,14} \right] \times 0,011$$

$$A_{Sreq} = 1,51 \text{ cm}^2$$

Como $A_{Sreq} > A_{Smin}$ ----- usar $A_s = 1,51 \text{ cm}^2$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_s f_y d - \frac{A_s^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[1,51 \times 4200 \times 7,5 - \frac{1,51^2 \times 4200^2}{1,7 \times 55 \times 100} \right]}{100}$$

$\phi M_n = 389,40 \text{ kg-m} > M_U = 395,56$ ----- **Nochequea a flexión**

Aumentar $A_s = 1,60 \text{ cm}^2$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[1,60 \times 4200 \times 7,5 - \frac{1,60^2 \times 4200^2}{1,7 \times 55 \times 100} \right]}{100}$$

$\phi M_n = 410,13 \text{ kg-m} > M_U = 395,56$ ----- **Sicheckea a flexión**

Para 2H/3

-Fuerzas actuantes (Ver tabla 3)

Fuerza de empuje del material orgánico (F_2) = $V = 814,10 \text{ kg}$

Fuerza de empuje del suelo (F_{E2}) = $V = 436,29 \text{ kg}$

-Se calcula el cortante último

$$V - F_2 + F_{E2}$$

$$V = 814,10 \text{ kg} - 436,29 \text{ kg} = 377,81 \text{ kg} \longrightarrow$$

Puesto que los empujes laterales se consideran cargas vivas, se usa un factor de 1,7 y el incremento de un 10% por sismo en las fuerzas actuantes

Agregando los factores de cargas de 1,7 y 1,10 por sismo:

$$V_U = 1,7 * 1,10 * V$$

$$V_U = 1,7 * 1,10 * 377,81 \text{ kg} = 631,70 \text{ kg}$$

-Se hace chequeo por corte

$$\phi V_C = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'm} * b * d$$

Donde:

$t = 15 \text{ cm}$ --- espesor del muro

$d = 7,5 \text{ cm}$ ----- (espesor – recubrimiento (7,5cm))

$b = 100 \text{ cm}$

$f'm = 55 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión para bloques exteriores reforzados sobre o bajo el nivel del suelo expuestos a la humedad (COVENIN 42-81)

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{55 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 7,5 \text{ cm}$$

$$\phi V_C = 2505,75 \text{ kg} \geq V_u = 631,70 \text{ entonces sí chequea por cortante}$$

-Se calcula el momento actuante último

$$M = (F_2 * 0,60) + (F_{E2} * 0,66)$$

$$M = (814,10 \text{ kg} * 0,60) - (436,29 \text{ kg} * 0,66)$$

$$M = 200,51 \text{ kg/m} \curvearrowright$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * M$$

$$M_U = 1,7 * 1,10 * 200,51 \text{ kg/m} = 374,95 \text{ kg/m}$$

-Calculando el área de acero

$$A_{S_{\min}} = 0,0007 * b * t = 0,0007 * 100 \text{ cm} * 15 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\min}} = 1,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_U b}{0,003825 * f' m}} \right] * \left(\frac{0,85 * f' m}{f_y} \right)$$

$$A_{S_{req}} = \left[(100 \times 7,5) - \sqrt{(100 \times 7,5)^2 - \frac{374,95 \times 100}{0,003825 \times 55}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times 55}{4200} \right)$$

$$A_{S_{req}} = \left[(750) - \sqrt{562500 - 179166,17} \right] \times 0,011$$

$$A_{S_{req}} = 1,44 \text{ cm}^2$$

Como $A_{S_{min}} < A_{S_{req}}$ ----- usar $A_s = 1,44 \text{ cm}^2$

-Chequeo por flexión

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_s f_y d - \frac{A_s^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[1,44 \times 4200 \times 7,5 - \frac{1,44^2 \times 4200^2}{1,7 \times 55 \times 100} \right]}{100}$$

$\phi M_n = 373,03 \text{ kg-m} < M_u = 374,95 \text{ kg-m}$ ----- **No chequea a flexión**

-Aumentando $A_s = 1,50 \text{ cm}^2$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[A_s f_y d - \frac{A_s^2 f_y^2}{1,7 f' m b} \right]}{100}$$

$$\phi M_n = \frac{0,90 \left[1,50 \times 4200 \times 7,5 - \frac{1,50^2 \times 4200^2}{1,7 \times 55 \times 100} \right]}{100}$$

$\phi M_n = 387,05 \text{ kg-m} > M_u = 374,95 \text{ kg-m}$ ----- **Si chequea a flexión**

En la tabla 6 se resume las áreas de acero obtenidas de acuerdo a las presiones tanto del suelo como del material orgánico almacenado que debe soportar las paredes de biodigestor

El primer caso de carga corresponde a las presiones ejercidas por el suelo sobre las paredes del biodigestor cuando aún no está en funcionamiento, las cuales requieren las mayores áreas de acero de acuerdo a los cálculos.

El segundo caso de carga (presión suelo + presión material orgánico) requiere menor área de acero, esto debido a que las presiones del suelo se contrarrestan con las ejercidas por el material orgánico una vez que el biodigestor está a su máxima capacidad.

Por consideraciones de diseño las áreas de acero que se usaran para el muro cilíndrico será la de $5,75\text{cm}^2$.

Por lo tanto (Usar $\varnothing 3/8''$ @ 2 huecos)

-Área de acero por temperatura (acero que se colocará en las soleras)

$$A_{\text{temp}} = 0.0025bt \text{ (UBC 1997 CAP 2106.1.12.4)}$$

$$A_{\text{temp}} = 0.0025bt = 0.0007 * 100 \text{ cm} * 20 \text{ cm} = 1.40 \text{ cm}^2 \text{ (}\varnothing 3/8'' \text{ + estribos } \varnothing 1/4'' \text{ @ } 20 \text{ cm)}$$

-Tercer caso de carga: Presión ejercida por la cúpula sobre la pared cilíndrica (Refuerzo horizontal)

En total todos los componentes de la cúpula transmiten una carga sobre el muro de 2547kg/m

$$V - 2574 \text{ kg/m} \text{ ----- } V = 2574 \text{ kg/m}$$

Agregando un factor sísmico de 1,2 por carga muerta:

$$V_u = 1,2 \times 2574 \text{ kg}$$

$$V_u = 3088,8 \text{ kg}$$

-Cálculo de Momento de acuerdo al UBC (1997)

$$M = V_u \times \text{altura del muro}$$

$$M = 3088,8 \text{ kg} \times 1,97\text{m}$$

$$M = 6084,93 \text{ kg-m} \text{ ----- } 608493 \text{ kg-cm}$$

-Cálculo de coeficiente K

$$K = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n \cdot f_b}}$$

Donde

$$F_s = \frac{1}{2} \times f_y \text{ (2100 kg/cm}^2\text{)}$$

$$F_b = \frac{1}{3} \times f'_m \text{ (18,33 kg/cm}^2\text{)}$$

$$n = \frac{E_s}{E_m}$$

$$E_s = 2,03e6 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Modulo de elasticidad del acero)}$$

$E_m = 750 \cdot f'_m = 750 \times 55 \text{ kg/cm}^2 = 41250 \text{ kg/cm}^2$ (Modulo elasticidad del muro de bloques)

$$n = \frac{2,03e6 \text{ kg/cm}^2}{41250 \text{ kg/cm}^2} = 49,21$$

$$K = \frac{1}{1 + \frac{2100 \text{ kg/cm}^2}{49,21 * 18,33 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$K = 0,30$$

-Cálculo de coeficiente j

$$J = 1 - \frac{K}{3} = 1 - 0,1$$

$$J = 0,9$$

-Cálculo de la cuantía mínima, asumiendo un diámetro de varilla #3

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\text{diametrovarilla}}{2}$$

$$d = 15 \text{ cm} - 7,5 \text{ cm} - \frac{0,96 \text{ cm}}{2} = 15,63 \text{ cm}$$

$$\rho = \frac{M}{f_s * j * b * d^2} = \frac{608493 \text{ kg-cm}}{2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,9 * 100 \text{ cm} * (15,63 \text{ cm})^2} = 0,01317$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0,01317 * 100 \text{ cm} * 15,63 \text{ cm}$$

$$A_s = 20,58 \text{ cm}^2 (\text{Ø}3/8'' @ 20 \text{ cm o por cada hilada de bloques})$$

2.2.3 Cálculo de la losa de fondo

Es necesario calcular las cargas gravitacionales, las cuales se dividen en: Cargas muertas (peso propio del digestor, cúpula y losa de fondo) y cargas vivas (peso del material orgánico almacenado).

Calculo de Cargas Muertas:**Peso propio de las paredes cilíndricas del digestor:**

$$\text{Longitud de las paredes} = 2 \times \pi \times R$$

$$\text{Longitud de las paredes} = 2 \times \pi \times 1,20\text{m}$$

$$\text{Longitud de las paredes} = 7,54 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de las paredes} = \text{Longitud} \times \text{Altura} \times \text{espesor}$$

$$\text{Volumen de las paredes} = 7,54 \text{ m} \times 1,97 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de las paredes} = 2,23 \text{ m}^3$$

Considerando que el peso específico de los bloques huecos de concreto reforzado es de 1300 kg/m^3 , se tiene que:

$$\text{Peso propio} = \text{volumen de paredes} \times \text{peso específico}$$

$$\text{Peso propio} = 2,23 \text{ m}^3 \times 1300 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso propio de las paredes} = 2899 \text{ kg}$$

Peso propio de la Cúpula:

Esfera interna

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$V = 7,24 \text{ m}^3$$

Esfera externa

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$V = 7,24 \text{ m}^3$$

$$V = 10,31 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la cúpula} = \frac{\text{Esfera externa} - \text{esfera interna}}{2}$$

$$\text{Volumen de la cúpula} = \frac{10,31 \text{ m}^3 - 7,24 \text{ m}^3}{2}$$

$$\text{Volumen de la cúpula} = 1,54 \text{ m}^3$$

Peso propio = volumen Cúpula x peso específico

$$\text{Peso propio} = 1,54 \text{ m}^3 \times 1300 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso propio de la cúpula} = 2002 \text{ kg}$$

Peso propio del cuello del biodigestor:

Longitud de las paredes del cuello = $2 \times \pi \times R$

Longitud de las paredes del cuello = $2 \times \pi \times 0,25\text{m}$

Longitud de las paredes del cuello = 1,57 m

Volumen de las paredes del cuello = Longitud x Altura x espesor

Volumen de las paredes del cuello = 1,57 m x 0,30 m x 0,15 m

Volumen de las paredes del cuello = 0,06 m³

Peso propio = volumen del cuello x peso específico bloques sin reforzar

Peso propio = 0,06 m³ x 1600 kg/m³

Peso propio del cuello = 96 kg

Peso propio de la tapa del cuello

Volumen de la tapa = $\pi \times R^2 \times h$

Volumen de la tapa = $\pi \times 0,4^2 \times 0,05 \text{ m}$

Volumen de la tapa = 0,03 m³

Peso propio = volumen tapa x peso específico del concreto

Peso propio = 0,03 m³ x 2100 Kg/m³

Peso propio = 69 kg

Peso propio de la losa de fondo asumiendo un espesor de 15cm

Volumen de la losa = $\pi \times R^2 \times h$

Volumen de la losa = $\pi \times 1,35^2 \times 0,15$ m

Volumen de la losa = 0,86 m³

Conociendo que la losa de fondo es de concreto reforzado, cuyo peso específico es de 2400 Kg/m³, se tiene que:

Peso propio = volumen losa x peso específico del concreto reforzado

Peso propio = 0,86 m³ x 2400 Kg/m³

Peso propio = 2064 kg

En conclusión, en la tabla 7 se muestran las cargas muertas que deberá soportar la losa de fondo.

Tabla 7. Peso propio total del biodigestor (Cargas muertas)

Partes de biodigestor	Volumen (m³)	Peso Propio (kg)
Paredes	2,23	2899
Cúpula	1,54	2002
Cuello	0,06	96 kg
Tapa del cuello	0,03	69
Losa de fondo	0,86	2064

Total	4,46	7130
-------	------	------

Fuente: Los Autores (2022).

4.2.2.3 Dimensiones de la losa de fondo

Según las presiones que debe soportar el terreno se diseñará la losa de cimentación, considerando que el biodigestor se asentará sobre un suelo arcilloso cuya capacidad portante o esfuerzo admisible es de $1,5 \text{ kg/cm}^2$. Se propone una losa de cimentación circular con las siguientes características:

$$\text{Diámetro} = 2,70 \text{ m}$$

$$\text{Espesor} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 5,73 \text{ m}^2$$

$$q_m = \frac{\text{PesoCM} + \text{PesoCV} + \text{pesoCimiento}}{\text{Areacimiento}} \times \left(1 + \frac{6 \times \text{excentricidad}}{\text{Baselosa}}\right)$$

$$X = \frac{\sum MR - \sum MV}{WT} = \frac{8005,81 \text{ kg} - 1142,73 \text{ kg}}{6877,67 \text{ kg}} = 1,31 \text{ (Ver tabla 3 y 5)}$$

$$\text{excentricidad} = \frac{B}{2} - x = 0,04 < B/6 = 0,45 \text{ -----Suelo reactivo}$$

$$q_m = \frac{5067 \text{ kg} + 9000 \text{ kg} + 2064 \text{ kg}}{5,73 \text{ cm}^2} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,04}{2,70}\right) \leq 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_m = 3068,55 \text{ kg/m}^2 \text{ ----- } 0,31 \text{ kg/cm}^2 \leq 1,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ CUMPLE}$$

Con el área de cimentación propuesta se asegura que los esfuerzos de gravedad no excedan a la capacidad portante del suelo.

4.2.2.4 Cálculo estructural de la losa de fondo

Para el cálculo del área de acero es necesario determinar las fuerzas que actúan en la base de la losa, como se muestra en la figura 12

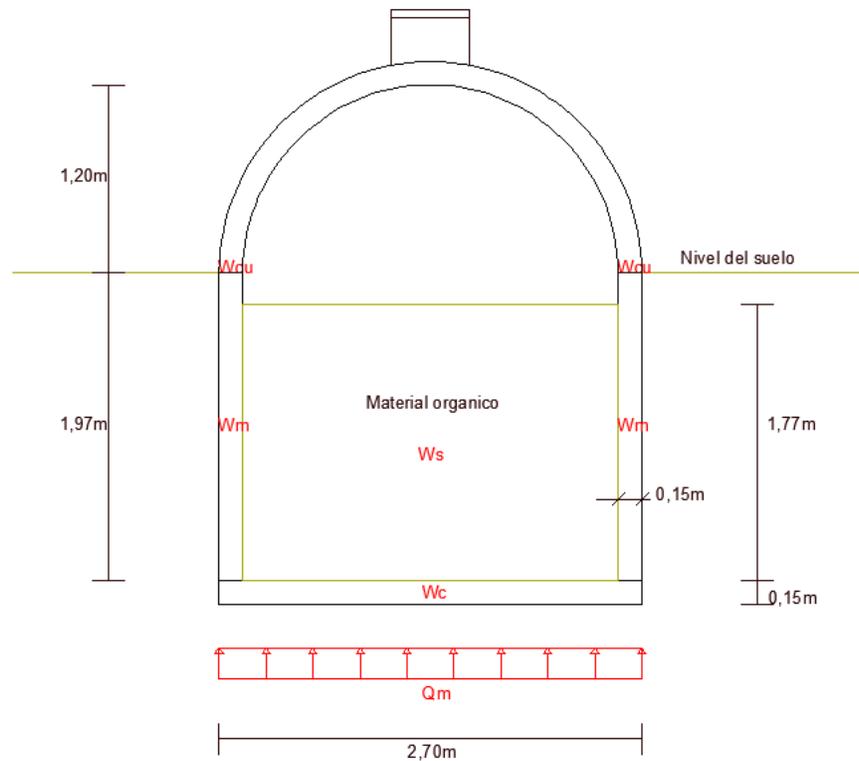


Figura 12. Fuerzas que actúan en la base de la losa
Fuente: Los Autores. (2022).

Donde:

W_s = carga del material orgánico

W_c = carga losa concreto

W_m = carga muro

W_{cu} = carga cúpula

Q_m = Fuerza del suelo del diagrama rectangular

De acuerdo al Código ACI 318-14:

-Relación de luces

$$m = \frac{Ladocorto}{Ladolado} = \frac{2,70m}{2,70m} = 1$$

-Repartición de cargas

$$K_1 = \frac{1}{1 + m^4} = \frac{1}{1 + 1^4} = 0,50$$

$$K_1 = \frac{m^4}{1 + m^4} = \frac{1^4}{1 + 1^4} = 0,50$$

-Fuerzas actuantes

$$C_v - 9000 \text{ kg} = 0 \text{ ----- } C_v = 9000 \text{ kg} \quad \uparrow$$

$$C_m - 7130 \text{ kg} + (3068,55 \text{ kg/m}^2 * 2,70 \text{ m}) = 0$$

$$C_m = 7130 \text{ kg} - 8285,09 \text{ kg} \text{ ----- } C_m = 1155,09 \text{ kg} \quad \downarrow$$

$$\text{Carga viva (Cv)} = 0,50 \times 9000 \text{ kg} = 4500 \text{ kg}$$

$$\text{Cargas muertas (Cm)} = 0,50 \times 1155,09 \text{ kg} = 577,55$$

$$q_{uxcv} = q_{y_{cv}} = 1,6 \times 4500 = 7200 \text{ kg}$$

$$q_{ux_{cm}} = q_{y_{cm}} = 1,2 \times -1155,09 = -1386,11$$

-Se hace el chequeo por corte ($V_{ux} = V_{uy}$)

$$V_u = q_{u_{cv}} + q_{u_{cm}}$$

$$V_u = 7200 \text{ kg} - 1386,11 \text{ kg}$$

$$V_u = 5813,89 \text{ kg}$$

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

$$d = t - r - \frac{\phi}{2}$$

$t = 15 \text{ cm}$ --- espesor de la losa

$r =$ recubrimiento concreto (5cm)

$\phi =$ diámetro de varilla

$b = 100 \text{ cm}$

$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ -- resistencia a la compresión del concreto

Asumiendo un diámetro de varilla #3

$$d = 15 \text{ cm} - 5 \text{ cm} - \frac{0,96 \text{ cm}}{2} = 9,52 \text{ cm}$$

$$\phi V_C = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250} * 100 * 9,52$$

$\phi V_C = 6780,53 > V_u = 5813,89 \text{ kg}$ ----- **Si Cumple, chequea por cortante**

-Chequeo por flexión (Momentos para losas con relación de luces = 1)

$$M_{ux+} = M_{uy+} = \frac{Vu \times L^2}{8} = \frac{5813,89 \text{ kg/m} \times (2,7\text{m})^2}{8}$$

$$M_{ux+} = M_{uy+} = 5297,91 \text{ Kg-m}$$

$$M_{ux-} = M_{uy-} = \frac{1}{3} \times M_{u+}$$

$$M_{ux-} = M_{uy-} = \frac{1}{3} \times 5297,91 \text{ Kg} \text{-----} M_{ux-} = M_{uy-} = 1795,97 \text{ kg-m}$$

-Área de acero

$$A_{Smin} = 0,0018 \times b \times d = 0,0018 \times 100\text{cm} \times 9,52 \text{ cm}$$

$$A_{Smin} = 1,71 \text{ cm}^2$$

$$A_{Sreq+} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u^+ b}{0,003825 \times f'c}} \right] \times \left(\frac{0,85 f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{Sreq+} = \left[(100 \times 9,52) - \sqrt{(100 \times 9,52)^2 - \frac{5297,91 \times 100}{0,003825 \times 250}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times 250}{4200} \right)$$

$$A_{Sreq+} = \left[(952) - \sqrt{906304 - 554029,81} \right] \times 0,051$$

$$A_{Sreq+} = 18,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{Sreq-} = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u^- b}{0,003825 \times f'c}} \right] \times \left(\frac{0,85 f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{Sreq-} = \left[(100 \times 9,52) - \sqrt{(100 \times 9,52)^2 - \frac{1795,97 \times 100}{0,003825 \times 250}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times 250}{4200} \right)$$

$$A_{S_{req-}} = [(952) - \sqrt{906304 - 187813,86}] \times 0,051$$

$$A_{S_{req-}} = 5,32 \text{ cm}^2$$

Como $A_{S_{min}} < A_{S_{req}}$ ----- usar $A_{S_{req}} = 18,28 \text{ cm}^2$

Como $A_{S_{min}} < A_{S_{req}}$ ----- usar $A_{S_{req}} = 5,32 \text{ cm}^2$ en bordes

$$\phi M_{n+} = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f' c b} \right]}{100}$$

$$\phi M_{n+} = \frac{0,90 \left[18,28 \times 4200 \times 9,52 - \frac{18,28^2 \times 4200^2}{1,7 \times 250 \times 100} \right]}{100}$$

$\phi M_{n+} = 5329,91 \text{ kg-m} \geq M_{U+} = 5297,91 \text{ kg-m}$ ----- **Si chequea a flexión**

$$\phi M_{n-} = \frac{0,90 \left[A_S f_y d - \frac{A_S^2 f_y^2}{1,7 f' c b} \right]}{100}$$

$$\phi M_{n-} = \frac{0,90 \left[5,32 \times 4200 \times 9,52 - \frac{5,32^2 \times 4200^2}{1,7 \times 250 \times 100} \right]}{100}$$

$\phi M_{n-} = 1808,71 \text{ kg-m} \geq M_{U-} = 1795,97 \text{ kg-m}$ ----- **Si chequea a flexión**

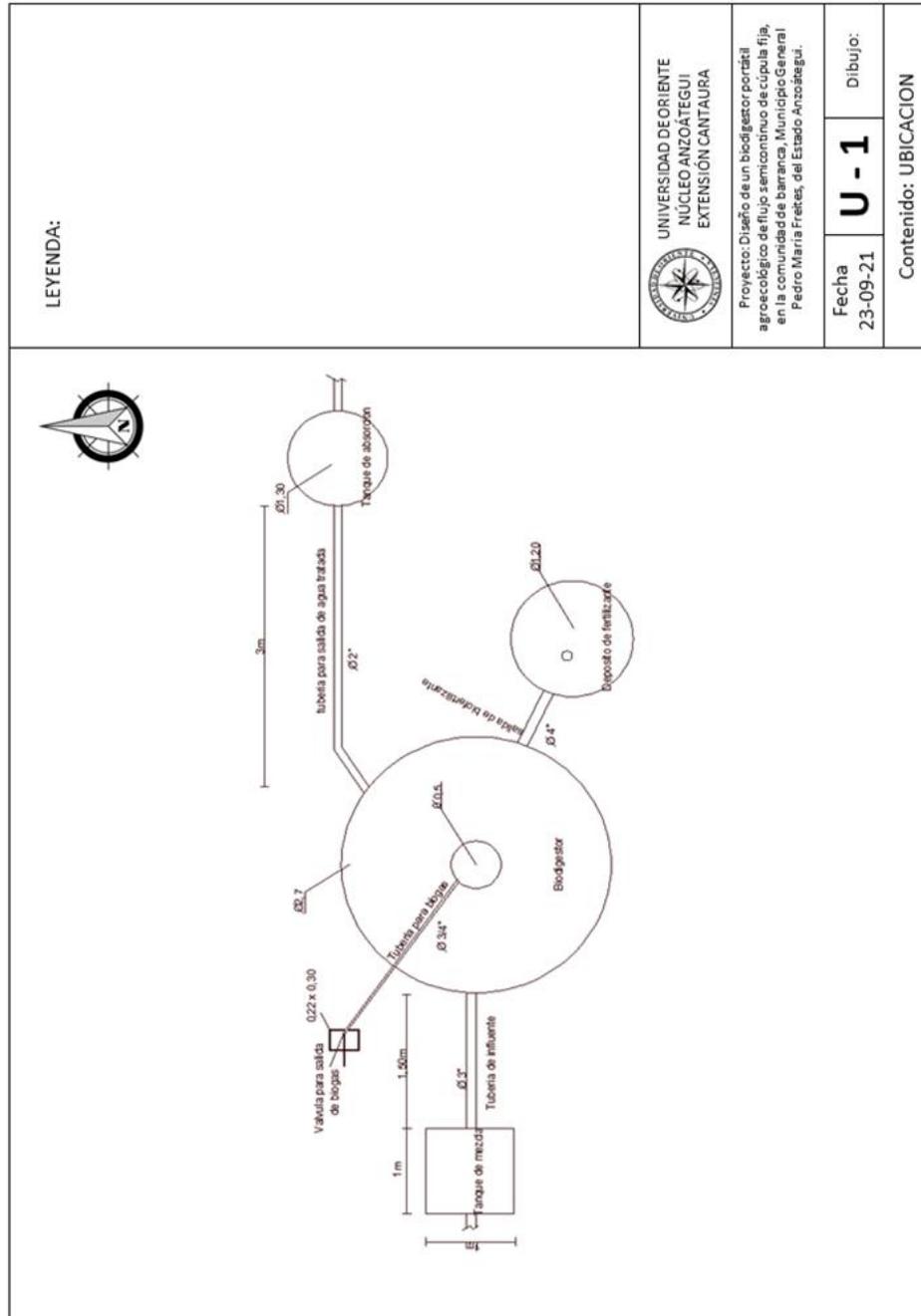
Separación entre cabillas

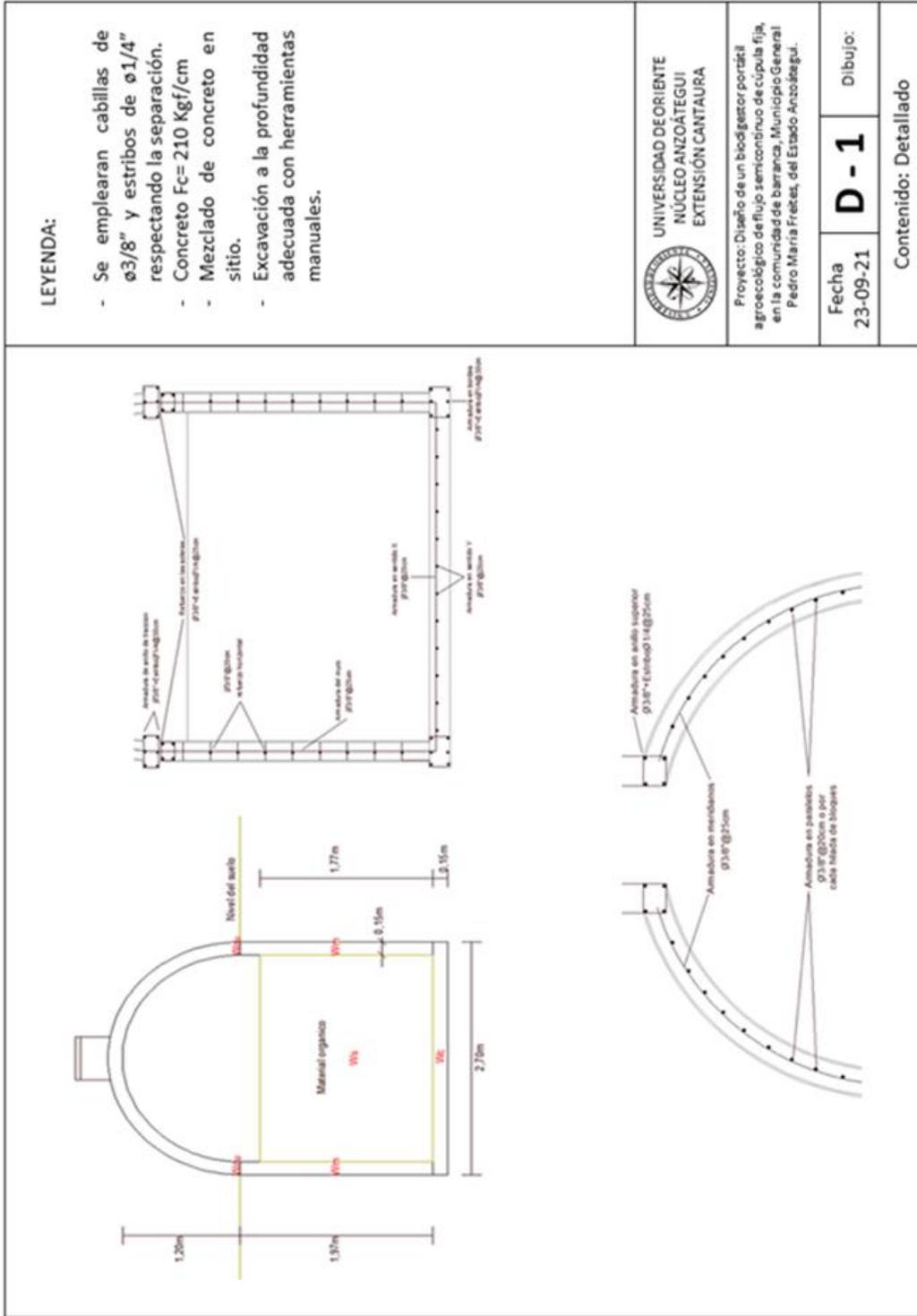
$$\frac{\text{Areacabilla}}{0,0033 * d} = \frac{0,71 \text{ cm}^2}{0,0033 \times 9,52 \text{ cm}} = 22,60 \text{ cm} \text{ --- } 20 \text{ cm}$$

Usar 24 $\phi 3/8'' @ 25 \text{ cm}$ en la zona central del biodigestor (12 en cada sentido)

Usar 6 $\phi 3/8'' @ 25 \text{ cm}$ en los bordes

4.3 Dibujar planos de ingeniería del biodigestor, empleando el uso del software AutoCAD 2015.





LEYENDA:

- Se emplearan cabillas de $\phi 3/8''$ y estribos de $\phi 1/4''$ respectando la separación.
- Concreto $F_c = 210 \text{ Kgf/cm}$
- Mezclado de concreto en sitio.
- Excavación a la profundidad adecuada con herramientas manuales.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CAUTAURA

Proyecto: Diseño de un biodigestor porzail agroecológico de flujo semicontinuo de cúpula fija, en la comunidad de Barranca, Municipio General Pedro María Freytes, del Estado Anzoátegui.

Fecha: 23-09-21
Dibujo: D - 1

Contenido: Detallado

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Tanque de mezcla o desarenador</p> <p>Entrada de aguas residuales Ø 4"</p> <p>Ø 1/4" @ 10cm</p> <p>1,50</p> <p>Ø 1/4" @ 10cm</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Tanque de absorcion</p> <p>salida</p> <p>Segunda fase de Tratamiento</p> <p>Grava y plantas</p> <p>Ø 1/4" @ 10cm</p> <p>1,50</p> </div> </div>	<p>LEYENDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se emplearan cabillas de $\phi 1/4"$. - Concreto $F_c=210$ Kgf/cm - Mezclado de concreto en sitio. - Excavación a la profundidad adecuada con herramientas manuales.
<p>UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO ANZOÁTEGUI EXTENSIÓN CAUTAURA</p>	<p>Proyecto: Diseño de un biodigestor portátil agroecológico de flujo semicontinuo de cúpula fija, en la comunidad de barranca, Municipio General Pedro María Freites, del Estado Anzoátegui.</p>
<p>Fecha 23-09-21</p>	<p>Dibujo: D - 2</p>
<p>Contenido: Detallado</p>	

4.4 Realizar prototipo del biodigestor anaeróbico portátil agroecológico.

Procedimiento

a) Selección de materiales

Items	Material
1	Anime
2	Aserrín
3	Cartón
4	Palos de madera
5	Pega
6	Silicón
7	Pintura
8	Lija
9	Tijeras
10	Lápiz
11	Regla
12	Pitillos
13	Esferas de anime de diferentes diámetros

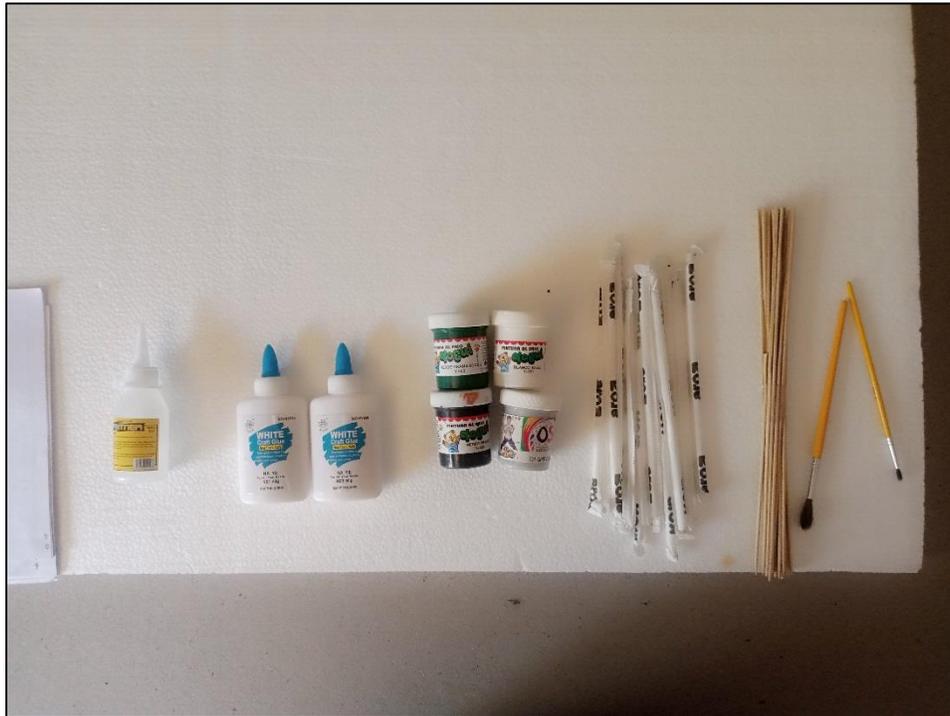


Imagen. Materiales utilizados.
Fuente: Autores 2022.

- b) Acotar las medidas en patrones para reducir errores en la elaboración final.
- c) Cortado de piezas en el pliego de cartón y anime.
- d) Con cuidado unir las piezas con pega o silicón según sea el caso para formar los tanques.

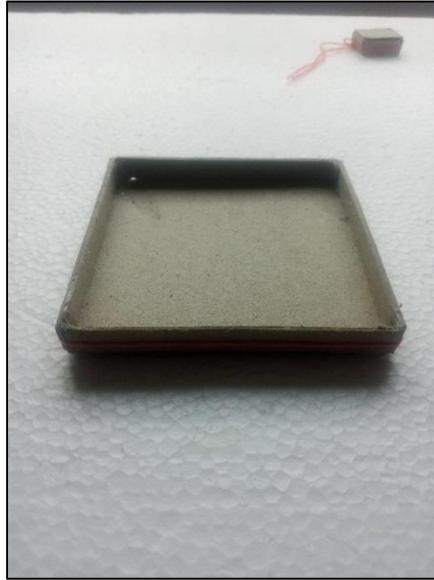


Imagen. Armado de tanque.

Fuente. Autores 2022.

e) Lijar y pintar las piezas de anime.



Imagen. Proceso de pintura de cupulas.

Fuente. Autores 2022.

- f) Cortar a medida y cubrir con pintura gris los pitillos para que representen la tubería del sistema.
- g) Lijar la superficie de la lámina de anime para suavizar el acabado final.
- h) Demarcar la ubicación de las piezas.
- i) Cubrir base de anime con aserrín.
- j) Con cuidado unir las piezas construidas a la base de anime, ayudado con palitos de madera para mayor resistencia



Imagen. Proyección de cúpulas en maqueta.

Fuente. Autores 2022.

- k) Demarcar y pintar las áreas de acceso y áreas verdes.
- l) Colocar cuidadosamente los pitillos para completar el sistema de tuberías.
- m) Acabados de pintura y lijado.
- n) Identificar las diferentes áreas y sistemas presente.

4.5 Elaborar guía de operación y mantenimiento del biodigestor anaeróbico portátil agroecológico.

	UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI EXTENSIÓN CANTAURA ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL	Fecha
		Julio 2022
		Página
	GUIA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1 - 2

Operación

- a. El proceso inicia con la recolección aguas residuales mediante tanque de mezcla o desarenador, con el fin de eliminar la arena contenida en estas y así evitar que ingresen al canal de tanque principal.
- b. Luego será transportado mediante un sistema de tubería al tanque principal, donde será almacenado y tratado por un tiempo determinado.
- c. Se procede a obtener materia solida (Fertilizante) y agua apta para el uso agrónomo, mediante procesos de descomposición natural o química.
- d. Se transporta el agua tratada para el tanque de almacenamiento, para su posterior evaluación y uso.
- e. Se transporta el fertilizante a un tanque de almacenamiento para su posterior uso, luego de su secado.

Mantenimiento

- a. Cada tanque de almacenamiento o tratado cuenta con una cubierta removible, es decir, para lograr acceder a su interior se puede desplazar la parte superior que funciona como tapa.
- b. Ante de iniciar con la labor de mantenimiento se debe cortar el suministro de aguas residuales al tanque desarenador.

	UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI EXTENSIÓN CANTAURA ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL	Fecha
		Julio 2022
		Página
	GUIA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	2 - 2

- c. Posteriormente, desincorporar la tubería de Biogás para liberar presión del tanque principal.
- d. Remover la tapa del tanque correspondiente, realizar el vaciado del mismo con ayuda de equipos de succión ayudados con carga a mano.
- e. Realizar limpieza con agua y repetir procedimiento.
- f. Colocar la cubierta asegurando su adecuado sellado.
- g. Reconectar la tubería de biogás.
- h. Reactivar el suministro de aguas residuales al tanque desarenador.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Con los análisis obtenidos a través de la investigación realizada, se puede concluir que las aguas servidas generadas en la localidad de Barranca, Municipio Bolivariano General Pedro María Freites son aptas para su tratado y disposición en materia agroalimentaria, esto, debido a que su fuente son de viviendas rurales cuyo principal rubro es la producción agrícola y ganadera, logrando identificar aguas domésticas, rurales e industriales.

Se obtuvo un biodigestor para una capacidad de 10.130 L variando la producción de fertilizante entre 50 y 60 Kg por ciclo, el cual cumple con las condiciones de diseños adecuadas, capaces de soportar acciones externas e internas, para estructuras asentadas bajo el nivel del suelo, tomando en cuenta el tipo de suelo, el material de construcción y el uso de la estructura.

Mediante el programa AutoCad 3D se realizó los planos y especificación correspondientes donde se permitió la visualización de la estructura y facilito la adquisición de conocimientos en el diseño a emplear, los materiales adecuados y cantidades necesarias, optimizando su funcionamiento y durabilidad.

Se desarrolló una guía de operación y mantenimiento, de manera sencilla y directa, donde se enlista el proceso que deben de seguir las aguas servidas y el mantenimiento o limpieza de los diferentes tanques de almacenamiento para procurar un apto funcionamiento.

5.2 Recomendaciones.

En consecuencia de haber realizados los análisis y comparado las variables para el proyecto en cuestión, logrando obtener efectos favorables para el mismo, en cuanto a garantizar mejoras en el medio ambiente y proponer otra forma aprovechar los residuos contaminantes del ambiente, se desarrollaron algunas recomendaciones que garantizaran mejoras a futuro si se desea continuar con el tema de estudio antes presentados.

1. Implementación de un sistema de drenaje adecuado (Cloacas) y una planta de tratamiento para disposición final de las aguas residuales presente en el área y así seguir aprovechando sus beneficios.
2. Se recomienda el uso del programa IP3-Control de Obras para la realización de un análisis de precio unitario con una base de datos actualizados, con un periodo no mayor a 3 meses, debido a la variación de precios en materiales y maquinaria y mano de obra.
3. Una vez realizada y puesta en marcha la estructura presentada, realizar la verificación de la DQO y DBO, para garantizar que el agua de riego no presente contaminantes que perjudiquen la salud de los ciudadanos.
4. Aumentar el nivel de información referente a los proyectos realizados, en los entes gubernamentales de la localidad para el desarrollo de proyectos futuros, logrando tener antecedentes de las obras presentes en la zona.
5. Continuar con la investigación para implementar este proyecto en diferentes comunidades del municipio que no cuente con un sistema de cloacas, ni se tenga proyectado a corto plazo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Arias F. (1999). *Proyecto de investigación: Guía para su elaboración. 3ra Edición*. Caracas: Episteme.
- Arias F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. 6ª Edición*. Caracas: Episteme.
- Albernas, Y. (2016). *Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la empresa de aprovechamiento hidráulico Villa Clara*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad Central “Marta Abreu”. Villa Clara, Cuba.
- Bolívar, H. y Ramírez, E. (2012). *Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Díaz, E; Alvarado, A. y Camacho, K. (2012). *El tratamiento de agua residual domestica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía en San Miguel Amaya*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad Autónoma, México.
- Guardado, J. (2007). “*Parámetros de construcción de plantas de biogás sencillas*”. [Documento en línea]. Recuperado de: http://www.ideasonline.org/public/pdf/CUBASOLAR_Diseño_y_construccion_de_plantas_de_biogas.pdf
- Hernández, A. (2013). *El potencial de los biodigestores como técnica sostenible para la producción del biogás en la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad Autónoma, México.
- International Conference of Building Officials. *Código Uniforme de la Edificación (UBC)*. Estados Unidos de América.
- López, L. (2006). “*Manual del constructor popular*”. Betanzos: Caracas.
- Maydana, A. (2007). “*Guía de estudio: Láminas sinclásticas – Cúpulas*”. [Documento en línea]. Recuperado de : <http://tallerdnc.com.ar/index.php/niveles/plan-vi/nivel-iii/descargas/category/59-guias-de-estudio?download=422%3Acupulas>
- Ministerio de Energía *Manual de Biogás*. Chile, (2011).
- Ministerio de fomento (1982). “*Norma Venezolana COVENIN 42-82 Bloques huecos de concreto*”. FONDONORMA: Caracas-Venezuela

Moncayo, G. (2017). “¿Qué es el biogás?”. [Documento en línea]. Recuperado de: <https://s51d157330f7b08ca.jimcontent.com/download/version/1505441029/module/14489637722/name/QUE-ES-ELBIOGAS.pdf>

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05).

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14)

Rodríguez, A y García, A. (2017). *Diseño y construcción de un biodigestor para la producción de biogás a partir de heces caninas*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Rodríguez, C. (2017). *Los biodigestores: fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida en comunidades rurales de Colombia*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia.

Silva, M. (2013). *Diseño, construcción e implantación de un biodigestor anaeróbico vertical semicontínuo piloto, para la obtención de gas metano y biol a partir de cascara de naranja en la empresa Ecopacific, Amaguaña, provincia de Pichincha*. Trabajo de Grado no publicado. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui, Ecuador.

Wiersma, W. (1995), *Métodos de Investigación en Educación: una introducción*. 6ta Edición. Editorial: Pearson Education. Boston.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	“Diseño de un biodigestor portátil agroecológico de flujo semicontínuo de cúpula fija, en la Comunidad de Barranca, Municipio General Pedro María Freites del Estado Anzoátegui.”
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Galindo García, Reinaldo José	CVLAC	22.709.153
	e-mail	Reinaldojose106@gmail.com
	e-mail	
Marcano Arcia, Winston José	CVLAC	17.420.781
	e-mail	Marcanowinston549@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Biodigestor
Biogás
Cúpula
Fertilizante
Reciclar
Agroecológico

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Resumen

Este proyecto se basó en la propuesta para la construcción de un biodigestor portátil de flujo semicontinuo de cúpula fija, el cual tiene como objetivo reutilizar las aguas residuales de la localidad de Barranca para la creación de fertilizante, biogás o aguas para riego, se elaboró una investigación de campo descriptiva debido a que se amplió y profundizó los conocimientos mediante la observación, análisis e interpretación de datos documentales obtenidos y registrados por otros investigadores y a su vez las visitas al área en estudio para recolección de datos y proyección de estructura, una vez obtenida la información necesaria se elaboraron los cálculos y planos necesarios, tales como; cálculos de diámetro de tuberías, volumen, esfuerzo a corte, flexión y compresión. Este estudio se realizó con el objetivo de mejorar la calidad de vida de una población mediante alternativas ecológicas obteniendo un biodigestor que cumple con las necesidades presentadas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Jesús S. Álvarez	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
	CVLAC	C.I.: 4.510.362									
	e-mail	sainca40@yahoo.com									
	e-mail										
Anabel González	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	C.I.: 16.573.233									
	e-mail	gonzalez85anabel@gmail.com									
	e-mail										
Laurimar Rojas	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	C.I.: 15.563.371									
	e-mail	laurimarrojas@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2022	06	27

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TG- GalindoMarcano.doc	Aplication/word

Alcance:**Espacial:** UNIVERSAL**Temporal:** INTEMPORAL**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniero Civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad De Oriente Extensión Cantaura.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Cuneles

JUAN A. BOLANOS CUNELES
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Martínez*
FECHA *5/8/09* HORA *5:30*

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SECRETARÍA
CONSEJO UNIVERSITARIO

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfa: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Galindo G., Reinaldo J.
AUTOR

Marcano A., Winston J.
AUTOR

Prof. Jesús S. Álvarez
TUTOR