



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR
PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE
CHONGOS BAJO – CHUPACA, REALIZADO DURANTE
EL AÑO 2017”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
JOSE LUIS VALVERDE CALERO**

ASESORA

MSc. Ing. Carmencita Lavado Meza

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESORA

MSc. Ing. Carmencita Lavado Meza

DEDICATORIA

EL CONOCIMIENTO ES APRENDIDO A TRAVÉS DEL ESTUDIO, LA SABIDURÍA A TRAVÉS DE LA OBSERVACIÓN:

- ✓ A nuestro señor Jesús porque está conmigo siempre bendiciendo a cada paso que doy, dándome fortaleza para seguir mis sueños siendo guía y brindándome la fortaleza espiritual para lograr y continuar adelante.
- ✓ A mis padres Estefania y Delfín, que supieron orientarme en el camino correcto, porque me da fuerzas para continuar y caer con los problemas que surgieron, porque a pesar de todos los obstáculos que pasamos, conseguimos quedarnos juntos con amor, cuidado y sacrificio en toda mi etapa de estudiante.
- ✓ Para mi esposa Wendy Mishel, porque ella vive con mis triunfos. Para ella que me entendió y me apoyó durante mi carrera con cariño y admiración.
- ✓ Para mi hija Mandira Elisandra Valverde, es que es el motivo más importante que me empujó a alcanzar mis metas.
- ✓ A mis hermanos por que han sido un ejemplo para mí con sus grandes y buenos consejos sabios.

AGRADECIMIENTO

- ✓ A la Universidad ALAS PERUANAS y mi amada Facultad de Ingeniería y Arquitectura por haberme dado todo el conocimiento con abnegación y dedicación día a día cuando forme parte de sus aulas
- ✓ A Ing. Carmencita Lavado, Catedrática de la Universidad Alas Peruanas por ser mi profesora tutora en el desarrollo de esta investigación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
ASESORA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Caracterización de la realidad problemática.....	18
1.2. Formulación del Problema.....	21
1.2.1. Problema General.....	21
1.2.2. Problemas Específicos.....	21
1.3. Objetivos de la Investigación	21
1.3.1. Objetivo General	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. Justificación de la investigación.....	22
1.4.1. Justificación Teórica.....	22
1.4.2. Justificación metodológica	22
1.4.3. Justificación Práctica.....	22
1.5. Importancia.....	23
1.6. Limitaciones.....	24
1.7. Delimitación	24
CAPÍTULO II.....	26
FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.1. Marco referencial	26
2.1.1. Antecedentes de la investigación.....	26
2.2. Marco Legal.....	29

2.3. Marco conceptual	29
2.4. Marco teórico	32
2.4.1. Características generales de un biodigestor	32
2.4.2. Composición del biogás	37
2.4.3. Clasificación de los Digestores	40
2.4.4. Tipos de Biodigestores.....	42
2.4.5. Inversión para un Biodigestor.....	45
2.4.6. Estiércol	45
2.4.7. Biomasa	46
CAPÍTULO III.....	48
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	48
3.1. Metodología	48
3.1.1. Método de la investigación.....	48
3.1.2. Ubicación geográfica.....	49
3.1.3. Tipo de la Investigación	51
3.1.4. Nivel de la Investigación	51
3.2. Diseño de la Investigación.....	51
3.3. Hipótesis de la Investigación	51
3.4. Variables de investigación	52
3.4.1. Variable Independiente	52
3.4.2. Variable Dependiente.....	52
3.4.3. Operacionalización de Variable.....	53
3.5. Cobertura de la Investigación	55
3.5.1. Población	55
3.5.2. Muestra	55
3.6. Técnicas e Instrumentos.....	55
3.6.1. Técnicas de la Investigación	55
3.8 Selección, Dimensionamiento, Diseño y Construcción del Biodigestor	56
3.8.1 Selección del modelo de biodigestor.....	56
3.8.2. Matriz de decisión	56
3.8.3. Simulación de la construcción y rendimiento del biodigestor modelo chino de concreto armado.....	61

3.8.4. Resultados del simulador (biodigestor domo flotante)	63
3.8.5. Resultados del simulador (biodigestor estructura flexible)	65
3.8.6. Resultados del simulador (biodigestor domo fijo tipo chino)	67
3.8.7. Resultados del simulador (biodigestor modelo chino de concreto armado))	69
3.9. Dimensionamiento del biodigestor	70
3.9.2. Cantidad de energía requerida por la vivienda.....	70
3.9.3. Cálculos de la cantidad de estiércol requerido.....	73
3.9.4. Cálculo de la carga diario para el biodigestor	74
3.9.5. Cálculo de la caja de entrada del biodigestor	75
3.9.6. Cálculo del volumen del tanque del biodigestor	76
3.9.7. Cálculo del diámetro del biodigestor	77
3.9.8. Cálculo del radio del biodigestor	77
3.9.9. Cálculo de la altura del tanque de biodigestor	78
3.9.10. Cálculo de la altura de la cúpula superior	79
3.9.11. Cálculo del radio de la cúpula superior	79
3.9.12. Cálculo del volumen de la cúpula superior.....	80
3.9.13. Cálculo de la altura de la cúpula inferior	81
3.9.14. Cálculo de la radio de la cúpula inferior	81
3.9.15. Cálculo del volumen de la cúpula inferior.....	82
3.9.16. Cálculo del volumen total del cilindro	83
3.9.17. Cálculo de la altura final del biodigestor.....	83
3.9.18. Cálculo del volumen final del biodigestor	84
3.9.19. Cálculo del volumen del gas almacenado.....	85
3.9.20. Cálculo De La Caja De Salida Del Biodigestor	85
3.9.21. Cálculo de la altura de las tuberías en el biodigestor.....	86
3.9.22. Tuberías que conducirá el biogás	89
3.9.23. Tapa del biodigestor.....	89
3.10. Diseño estructural del biodigestor.....	92
3.10.2. Cargas de diseño.....	92
3.10.3. Método de diseño.....	93
3.10.4. Materiales empleados.....	94

3.10.5. Normas empleadas.....	95
3.10.6. Metrado de cargas	95
3.10.7. Cargas unitarias.....	95
3.10.8. Consideración para el diseño del biodigestor.	96
3.10.9. Diseño del muro del biodigestor.....	96
3.10.10. Diseño de las cúpulas.....	100
3.10.11. Proceso constructivo del biodigestor	103
3.10.12. Proceso de mezclado del estiércol	106
3.11. Análisis y evaluación económica	109
3.11.2. Análisis de costos	109
3.11.3. Evaluación Económica.....	111
CAPITULO IV	115
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	115
4.1. Resultados.....	115
4.1.1. Producción diaria del biogás de un Biodigestor de Domo fijo o CHINO	115
4.1.2. Diseño de Biodigestor	120
4.1.3. Parámetros a tomar en cuenta en el diseño de un biodigestor	121
4.1.4. Producción acumulada del biogás	121
4.2. Contrastación de la hipótesis.....	123
4.3. Discusión	124
CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXO	134
ANEXO 1 Matriz de consistencia de la tesis	134
ANEXO 2: Norma e.060 del reglamento nacional de edificaciones	135
ANEXO 3: Planos estructurales	135
ANEXO 4: Fotografías	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición media del biogás en función del sustrato empleado	33
Tabla 2	Equivalencia de 1 m ³ de biogás respecto a distintas Fuentes energéticas	34
Tabla 3	Composición del biol macro y micro nutrientes, y compuestos reguladores de crecimiento	39
Tabla 4	Composición del biogás	40
Tabla 5	Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales Domésticos (como porcentaje de la materia seca)	46
Tabla 6	Ponderación de los factores a evaluar	58
Tabla 7	Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Flotante o “HINDU”	59
Tabla 8	Matriz de Preselección para el Diseño de Estructura Fija tipo salchicha o “FERROCEMENTO”	60
Tabla 9	Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Fijo o “CHINO”	60
Tabla 10	Factores evaluativos	62
Tabla 11	Cantidad promedio de producción	63
Tabla 12	Calidad promedio del biogás de producción	64
Tabla 13	Promedio de vida útil del biodigestor	64
Tabla 14	Parámetros utilizados para la producción	65
Tabla 15	Cantidad promedio del biogas de producción	65
Tabla 16	Calidad promedio del biogás de producción	65
Tabla 17	Promedio de vida útil del biodigestor	66
Tabla 18	Parámetros utilizados para la producción	67
Tabla 19	Calidad promedio del biogás de producción	67
Tabla 20	Promedio de vida útil del biodigestor	67
Tabla 21	Parámetros utilizados para la producción	69
Tabla 22	Calidad promedio del biogás de producción	69
Tabla 23	Promedio de vida útil del biodigestor	70
Tabla 24	Equivalencias de 1 m ³ de biogas con otros combustibles	71
Tabla 25	Rendimiento del biogas en función de la excreta	73
Tabla 26	Proporción para la mezcla	74
Tabla 27	Tiempo de retención según temperatura	76

Tabla 28	Cargas de diseño	92
Tabla 29	Acero refuerzo.....	94
Tabla 30	Concreto.....	94
Tabla 31	Normas empleadas	95
Tabla 32	Presupuesto de costo del biodigestor	110
Tabla 33	Beneficios económicos totales (S/.) derivados de la construcción de un biodigestor material noble con una producción de biogás de 2 m ³ /día	113
Tabla 34	Datos tomados cada 5 días, en agosto, septiembre y octubre del 2017.	117
Tabla 35	Producción cada 5 días y días de mayor producción de biogás desde los 21 días hasta los 62 días de la fermentación.....	119
Tabla 36	Análisis estadístico descriptivo de la producción diaria biogás desde los 21 días hasta los 62 días de la fermentación.....	120
Tabla 37	Criterios de la selección de los parámetros a considerar en el diseño del biodigestor.	121
Tabla 38	Producción acumulada de biogás cada 10 hasta los 62 días de la Fermentación	122
Tabla 39	Análisis estadístico descriptivo de la producción de gas acumulada.....	123
Tabla 40	Análisis estadístico descriptivo de la eficiencia del biodigestor	124
Tabla 41	Calidad de biogas.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fases del proceso de digestión anaerobia	37
Figura 2	Biodigestor de pozo séptico	43
Figura 3	Biodigestor tipo domo flotante	43
Figura 4	Biodigestor tipo chino	44
Figura 5	Biodigestor de estructura flexible	44
Figura 6	Biomasa	47
Figura 7	Metodología del proyecto	50
Figura 8	Software Simlu8 empleado para la simulación de rendimiento del biodigestor.	61
Figura 9	Biodigestor modelo Domo Flotante	63
Figura 10	Biodigestor de estructura flexible (POLIETILENO)	64
Figura 11	Biodigestor de Domo Fijo tipo Chino	66
Figura 12	Biodigestor modelo chino de concreto armado (seleccionado)	68
Figura 13	Dimensiones del biodigestor	90
Figura 14	Volumen del biodigestor	91
Figura 15	Modelo estructural de las fuerzas	96
Figura 16	Momento último	100
Figura 17	Dimensiones de la cúpula	101
Figura 18	Área de la cúpula	101
Figura 19	Cálculo estructural del biodigestor	102
Figura 20	Limpieza del terreno Manual	103
Figura 21	Trazo y replanteo del terreno	103
Figura 22	Excavación Manual	104
Figura 23	Caja de Salida con muros de albañilería para recolección del biol.	104
Figura 24	Tarrajeo interior con mortero 1:5 E=1.5 cm usando aditivos para garantizar la impermeabilización de la estructura	105
Figura 25	Acabados en cajas y biodigestor	105
Figura 26	Instalación de las tuberías y Manómetro a Utilizar	106
Figura 27	Galpón del cuy raza peruano, raza Andina	107

Figura 28	Materia Prima a cargar al biodigestor	107
Figura 29	Mezcla para fermentación 33	108
Figura 30	Mezcla lista para poder verter al biodigestor	108
Figura 31	Biogás obtenido a los 21 días de iniciado la fermentación	116
Figura 32	Producción de biogás cada 5 días, días de mayor y menor producción	119
Figura 33	Producción diaria del volumen acumulado de biogás versus tiempo de fermentación	122

RESUMEN

En la localidad de Chongos Bajo de la provincia de Chupaca, departamento de Junín, se diseñó, construyó, implemento y evaluó el funcionamiento de un biodigestor para una vivienda unifamiliar, el que logró una producción de $2m^3$ de biogás con el modelo domo fijo o “chino” de material noble, alimentado con estiércol fresco de cuy y restos vegetales, debido a que la principal actividad de esta ciudad es la ganadería y la agricultura, por lo que hay grandes Fuentes de residuos que pueden ser utilizadas para poder producir biogás y biol, de esta manera favorecer un ambiente para la aplicación y desarrollo de tecnología, con la finalidad de beneficiar a la comunidad rural de este lugar a través de una gestión técnica - ambiental de residuos orgánicos.

Para poder seleccionar del modelo de biodigestor, se muestra una matriz de decisión detallada, teniendo como contrapartida las dimensiones económicas, físicas, operacional y constructibilidad, con el propósito de seleccionar el mejor biodigestor que se adapte a las condiciones de una casa unifamiliar. Se eligió el biodigestor del modelo domo “fijo” o “chino” con capacidad de $4,68 m^2$, pues posee muchos aspectos a favor como el tipo de materia prima, el tiempo de vida, el área disponible para la construcción, rendimiento.

La experimentación fue realizada para una sola familia con un número de 8 personas con consumo mensual de Biogás de 2 GLP y 75 KWH. El pre-substrato fermentado formado excretas de cuy, restos de alfalfa y agua para obtener un compuesto fermentativo, fue cargado en el digestor para poder producir biogás. La fermentación fue realizada a temperatura ambiente por 3 meses (agosto de 2017 a octubre de 2017). Un día de producción de biogás medio fue de 0.463 PSI a partir de 21 días para la fermentación y la producción acumulativa se obtuvieron a 62 días de fermentación completó una presión total de 19,410 biogás PSI. Esta conlleva a recomendar la replicar en otros puntos geográficos con similitud de condiciones.

PALABRAS CLAVES: Biodigestor anaerobio, producción de biogás, energía alternativa

ABSTRACT

In the Chongos Bajo district of Chupaca province, Junín department, a biodigester was designed, built and evaluated for a single-family house, producing 2m^3 of biogas with the fixed or “Chinese” dome model of noble material, fed with fresh manure of guinea pig and plant remains, since the main activity of this city is livestock and agriculture, so there is a large source of waste that can be used for the production of biogas and biofertilizer, This being a favorable environment for the development and application of technology, the direct benefit of the rural community of this place, with a technical and environmental management of organic waste.

For the selection of the biodigester model, a detailed decision matrix is shown, having as an economic, physical, operational, ease and constructibility questions, all with the sole purpose of selecting the biodigester that best suits the conditions of a single-family house. The biodigester of the fixed or “Chinese” dome model with a capacity of 4.68 m^3 was chosen, since it has aspects in favor such as the type of raw material, the life time, the area available for its construction, yield and presents% of acceptance due to its favorable aspects, reasons that make it chosen for the design of the single-family house. The experimentation was carried out for a single family with a number of 8 people with monthly consumption of Biogas of 2 GLP and 75 KWH. The fermented pre-substrate formed by guinea pig droppings, alfalfa remains and water to obtain a compound that was the fermentative material was loaded in the digester for the production of biogas. The fermentation was carried out at room temperature for 3 months (August 2017 to October 2017). One day of production of average biogas 0.463 PSI from 21 days for fermentation and cumulative production were obtained at 62 days of fermentation completed a total pressure of 19,410 biogas PSI. This experience leads us to recommend replicating it in other houses.

KEY WORDS: Anaerobic biodigester, biogas production, alternative energy

INTRODUCCIÓN

La utilización de Fuentes renovables es cada vez más importante y necesaria, teniendo en cuenta los problemas ambientales por los efectos negativos generados por el uso de los derivados del petróleo, como el aumento de los gases de efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, suelo, cambio climático, etc. Sin embargo, existen varias alternativas a las Fuentes de energía renovables, como la eólica, solar, biomasa, hidroeléctrica, geotérmica, entre otras que están en pleno desarrollo y estudio, en respuesta a la significativa demanda de energía.

El principal objetivo de la producción de biogás a partir de residuos de cuy es reducir las emisiones de gases que causan el efecto invernadero del planeta, pero también es una alternativa que hace posible lograr energía para satisfacer las necesidades energéticas de las familias y resolver problemas como. Desechos finales, mal olor, fauna dañina, transmisión de enfermedades y contaminación de aguas subterráneas a través de volúmenes de desechos que se desecharán. Además de un incentivo financiero para obtener ayudas biológicas a partir de los lodos residuales.

La electricidad es considerada la energía de mayor consumo en todo el mundo. En nuestro país, según Daniel Schmerler (2018); presidente de Osinergmin, el 6% de la población no tiene energía eléctrica, principalmente debido al costo del valor y a la diseminación de las poblaciones rurales, de modo que es muy necesario y obligatorio buscar alternativas energéticas con diferentes enfoques y modelos. Los recursos disponibles para las poblaciones rurales son diversos; sin embargo, la mayoría de estos son poco utilizados; una de estas es la biomasa empleada en un porcentaje mínimo (fertilizante orgánico o combustible); Esta claramente puede ser una alternativa energética para esas poblaciones.

En la sociedad, por lo general hay una tendencia de deshacerse sistemáticamente de los restos orgánicos de las actividades agrícolas. Los restos de cosechas; la poda, el estiércol o la basura son arrojados, abandonados y / o quemados, perdiendo así su potencial utilitario y, a su vez,

contaminando el medio ambiente. Ambiente.

Según el Portal SitioSolar (2017), debido a los constantes aumentos en los precios del combustible fósil, conjuntamente de la crisis ambiental que se ha generado, la utilización de los residuos orgánicos y su uso para obtener combustibles a partir de ellos es nuevamente evaluado. De esta manera, también comienza a entenderse cuán irrazonable es importar o extraer combustibles fósiles de áreas remotas para obtener una energía que pueda obtenerse en gran parte de los materiales que normalmente desechamos

La excreta de cuy, vista como un contaminante para el ambiente, podría generar recursos valiosos a través de su procesamiento y tratamiento, de modo que, al reciclar parte de la energía y de sus nutrientes contribuye a hacer la producción de cuyes sustentables en los trópicos.

Desde los años anteriores, el uso del proceso de fermentación para poder producir biogás y el tratamiento ecológico de excretas de animales de manera artesanal es conocido en India y China.

Los biodigestores, que son las plantas donde ocurren estos procesos, también reciben un líquido de aguas residuales (biol) cuyo valor económico como fertilizante es equivalente al biogás. (Peralta, Juscamaita, Meza, 2016)

En nuestro país hasta 2012 había 10 biodigestores que fueron construidos con el programa del estado peruano. Hasta 2015 sólo tenemos tres biodigestores en funcionamiento y siete de ellos olvidados, los peruanos no aprendieron a tomar conciencia del cambio climático y del efecto invernadero que nos afecta.

Este proyecto se enmarca en la responsabilidad ambiental con los residuos sólidos orgánicos de la actividad agropecuaria, contribuyendo a mejorar la problemática ambiental relacionada al uso de energías no renovables y el uso de residuos y efluentes para producir energía, transformando un grave problema de contaminación en un recurso rentable y limpio llamado energía de biomasa.

Es por ello la importancia de transmitir la información lograda con este proyecto de investigación, cuyo objetivo general fue diseñar, implementar y evaluar un

biodigestor anaerobio para la producción de biogás

La tesis ha sido organizada en 5 capítulos, siendo:

CAPÍTULO I. Planteamiento del problema, formulación del problema, problema general y específicos, objetivo general y específicos, justificación, delimitación y limitaciones de la investigación.

CAPÍTULO II. Marco teórico, aspectos generales del área de estudio, bases teóricas, bases legales y definición de términos básicos.

CAPÍTULO III. Metodología de la investigación, con el tipo de investigación, nivel de investigación, método de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, hipótesis, Diseño y construcción del biodigestor que se usó en la experimentación para la producción de biogás.

CAPÍTULO IV. Biodigestor diseñado y construido, resultados discusión de resultados, producción diaria de biogás.

Para Finalizar, las conclusiones, recomendaciones, referencia bibliográfica y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización de la realidad problemática

Los residuos generados por actividades antropogénicas tienen una historia de unos 4000 millones. Antiguamente, los desechos humanos no eran un problema, ya que la población era en menor cantidad y la extensión de tierra disponible para la asimilación de los desechos era de mayor extensión. El problema de los desechos, sin embargo, comienza con el desarrollo y el crecimiento demográfico de la sociedad moderna, no solo en el aspecto referido a la cantidad de desechos que genera (difícilmente asimilable por la naturaleza), sino más importante, a su calidad . (Garrigues, 2003).

Toda la actividad humana produce desechos sólidos, debido a su importancia en el volumen total que incluye los desechos agrícolas, luego los producidos por la minería, los derivados industriales, los desechos urbanos y, en última instancia, los derivados de la producción de energía.

Existen graves problemas ambientales asociados con la eliminación de excretas de animales menores, entendidos por las mismas, heces y orina, que generalmente también se mezclan con agua de limpieza y desechos de alimentos. El principal procedimiento comúnmente utilizado para la

eliminación de excrementos ha sido difundir estos materiales en el suelo. Sin embargo, esta adaptación ha determinado directa o indirectamente la contaminación de las corrientes adyacentes y genera malos olores . De la misma manera, tanto en la agricultura y la ganadería en menor y mayor escala, así como la deforestación de bosques y el bajo tamaño de las plantaciones forestales, afectan la disponibilidad de las Fuentes de energía de las que dependen muchas de las poblaciones de bajos recursos, la disponibilidad limitada de recursos minerales sumados a las dificultades de distribución rural y el alto costo de los fertilizantes hacen necesario desarrollar más métodos eficientes y baratos para la reutilización de excretas y para la producción de combustible y fertilizantes en los sistemas agrícolas. (Botero y Preston, (1987) citado por Herrero, (2011)

Los residuos como: residuos de cocina, restos vegetales, animales, virutas, estiércol son adecuados y utilizados para la fermentación anaeróbica. La mayoría de bacterias absorben y consumen carbono y nitrógeno, y nos da como resultado, biogás. Para la producción de biogás, es necesario construir una cámara especial llamada biodigestor para obtener la fermentación anaeróbica. El biogás contiene una proporción alta de metano (CH_4 a una concentración superior al 60% en gas), con un valor calórico más bajo de aproximadamente 5,500 kcal / m^3 . (Castillo, Vargas, 2011)

El distrito Chongos se encuentra a 3 275 m s n m. Tiene un clima templado seco . Cuenta con una población de 4 409 habitantes de acuerdo al INEI. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2010) En cada casa ellos habitan un número aproximado de 5 a 9 personas y sus principales actividades económicas son agricultura, ganadería y crianza de pequeños animales. En una vivienda unifamiliar, la cantidad de residuos orgánicos a partir de excrementos de animales (cuy y ganado) es de 2 sacos de 50 kg por día, con un aproximado de 60 sacos al mes, y esto a generando malos olores y a la contaminación del agua y suelo.

Una alternativa de tratamiento para estos residuos orgánicos se da mediante el biodigestor anaerobio que contribuye a la digestión de

bacterias anaerobias; con el propósito de obtener biogás, biol ya que son productos biodegradables y compatibles con el medio ambiente, como el gas metano dando un valor añadido a los residuos sólidos orgánicos. (FAO, 2011)

Al enmarcarse el proyecto en la responsabilidad ambiental con los residuos sólidos orgánicos de la actividad agropecuaria, el que contribuye a mitigar la crisis ambiental relacionada al uso de energías no renovables y el uso de residuos y efluentes para producir energía, transformando un grave problema de contaminación en un recurso rentable y limpio llamado energía de biomasa.

La biomasa se entiende por combustible proviene de productos naturales y desechos de la agricultura (que incluye material vegetal y animal), de la industria forestal relacionada, y la parte biodegradable de los desechos industriales y urbanos. La biomasa se considera una Fuente de energía limpia en la lucha contra el cambio climático, su menor impacto ambiental y su contribución a la mejora de la competitividad y el empleo, entre otras cosas. "(Vignote, 2016)

La biomasa residual húmeda; que en ausencia de oxígeno se rompe por medio de la generación de gas bacteriológico llamado biogás, posee un poder calorífico elevado y otros residuos utilizables. La fermentación anaeróbica se aplica en, residuos de ganado, agricultura y residuos producidos en industrias. Entre esos residuos están el estiércol, residuos agrícolas, excedentes agrícolas, efluentes con alta carga orgánica, etc., que se pueden tratar por separado o en conjunto, lo que se conoce como codigestión.

Actualmente, el suministro de electricidad y balones de gas se obtiene irregularmente debido a la ubicación geográfica del distrito de impacto; la vivienda donde el proyecto fue realizado se encuentra dañada y deteriorada debido a la inadecuada manipulación y utilización de los residuos orgánicos, generándose así malos olores, presencia de roedores y moscas, la contaminación circundante, entre otros .

Por lo tanto, en el presente trabajo se diseña, implementa y evalúa un biodigestor para la disposición y uso adecuado de los residuos orgánicos generados en el domicilio para la producción de metano.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál será el diseño, implementación y evaluación del biodigestor anaerobio para la producción de biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son los parámetros a considerar en el diseño de un biodigestor que responda a las necesidades de una vivienda unifamiliar?
- b) ¿Cuál es el modelo de biodigestor más adecuado para su implementación en una casa unifamiliar en el distrito de Chongos?
- c) ¿Cuánto será la producción de biogás del biodigestor diseñado al último trimestre del año?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar, implementar y evaluar un biodigestor anaerobio para la producción de biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el modelo de biodigestor más adecuado para la implementación en una casa unifamiliar en el distrito de Chongos.
- ✓ Determinar los parámetros para el diseño de un biodigestor que responda a las necesidades de una vivienda unifamiliar.
- ✓ Evaluar la producción de biogás del biodigestor al último trimestre.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Teórica

La información recopilada y analizada servirá como soporte teórico – técnico para esta y otras investigaciones semejantes, ya que enriquecerá la investigación, el marco teórico y/o el conocimiento disponible sobre el tema de tratamiento .

1.4.2. Justificación metodológica

La aplicación de instrumentos de investigación proporciona conocimiento actual y práctico el que servirá para recopilar datos que pueden extenderse a otras regiones del país para ver este problema estructural de energía . El desarrollo de la investigación en el área de Ingeniería Ambiental tiene importancia académica, pues los resultados obtenidos contribuyen en la obtención de antecedentes para la implementación de biodigestores que traten las variables biodigestores y producción de biogás, como también propuestas de análisis y evaluación que permiten describir los beneficios que dicha implementación .

1.4.3. Justificación Práctica

La relevancia de la investigación es la implementación de un biodigestor anaerobio que surge de la necesidad de generar energía renovable para una casa unifamiliar con un número de 8 personas en el distrito de Chongos Bajo y para conocer los beneficios de este tipo de Fuente de energía alternativa “Biogás”.

Esta propuesta alternativa para la producción de biogás es un tema importante para los avances biotecnológicos, ya que los recursos necesarios para obtener materias primas pueden obtenerse fácilmente y los beneficios directos del biogás pueden calcularse a partir del uso de biogás como una alternativa de energía renovables y al uso de aguas residuales como sustitución de nutrientes que aportan fertilizantes.

1.5. Importancia

Los biodigestores se consideran un medio para la producción de combustible renovable a partir las excremento y desechos orgánicos. Al integrarse en un sistema de cultivo orgánico, los biólogos pueden obtener muchos más beneficios, especialmente la recuperación de nutrientes, para obtener fertilizantes de alta calidad .

De acuerdo con Padilla y Rivero, (2016), “esta digestión fenómeno ocurre porque hay microorganismos anaeróbicos bacterianos presentes en la materia fecal, estas actuan sobre los residuos orgánicos de origen vegetal o animal, produciendo una mezcla gaseosa rica en metano (CH₄) llamado biogás, ya que se utiliza como combustible “. Y como resultado de este proceso, los residuos se generan con un alto grado de concentración de materia orgánica y nutriente (fertilizantes) ideales que se pueden aplicar f, ya que el tratamiento anaeróbico elimina el olor y la proliferación de las moscas.

La fermentación anaeróbica de la materia orgánica, como intensificadores actúa como las características físicas del suelo, facilitando ventilación, aumentando la capacidad de retención de humedad, la infiltración de agua y la capacidad de intercambio de cationes. Al mismo tiempo, es una Fuente de energía y nutrientes que mejoran la solubilidad de compuestos minerales en el suelo. Además de ser un limpiador ecológico que ayuda a mitigar los efectos adversos de la contaminación ambiental “. (Ávila, 2009).

El “uso de energía” significa un gran uso de un recurso ambiental contaminante y degradante, en el que la composición del metano es un componente importante. cuyo impacto en el medio ambiente es mayor que las emisiones de dióxido de carbono. Por ello, la mejora de la eficiencia energética está ligado a la defensa del ambiente. Desde ese enfoque productivo; el tratamiento de los residuos mediante digestión anaerobia es una alternativa para la producción de biogás. (Ávila, 2009)

El aumento de los costos y la limitada disponibilidad de Fuentes de energía mineral, que se suman a la dificultad de distribuirlas en el medio rural y al

alto costo de los fertilizantes químicos, requieren el desarrollo e implementación de métodos más eficientes y más baratos para la recuperación de excretas y la producción de combustible y fertilizantes en los sistemas agrícolas (Botero et al., (1987), p. 3 citado por Hernández, 2013).

Por las razones anteriores, el desarrollo y el uso de biodigestores ha sido llamado tecnología milagrosa. Sin embargo, (...) “sólo una proporción relativamente pequeña de agricultores los utiliza, tanto en países desarrollados y en desarrollo”. (Botero et al., (1987), p. 3 citado por Hernández, 2013)

Debido al deterioro del ambiente ha aumentado dramáticamente, es urgente buscar maneras alternativas de reciclar el estiércol animal. Los biodigestores son una alternativa para integrar los excrementos y otros residuos orgánicos de la granja en los sistemas de producción, debido a sus características constructivas y el bajo costo El proceso de biodigestión anaerobia es un método muy eficiente y de bajo costo para la producción de energía renovable y limpia. (Hernández, 2013)

1.6. Limitaciones

Básicamente las limitaciones de la investigación se centraron en la dificultad de encontrar suficientes antecedentes y referencia bibliográfica que contengan diseños estructurales básicos de biodigestores de material noble aplicables a viviendas unifamiliares en zonas rurales.

1.7. Delimitación

La casa unifamiliar donde el proyecto fue aplicado se encuentra en el distrito de Chongos Bajo -Chupaca - Junín, la misma ubicada a 3500 msnm en la región de clima cálido con temperaturas variando de 17°C a 23°C, con una actividad en la agricultura y la ganadería.

En la vivienda unifamiliar existen 8 personas, consumiendo un promedio mensual de 2 tanques de 10 Kg de GPL y 75 KWH de energía eléctrica, siendo que en la propiedad existen 700 cabezas de cuy y residuos

orgánicos de alfalfa.

En la actualidad, el suministro de electricidad y los cilindros de gas en la casa se reciben de forma irregular debido a la ubicación geográfica del sitio y el alto costo de los fertilizantes químicos ha hecho que la casa tenga un alto costo para cubrir las necesidades de energía que son necesarias para el negocio. Además, la falta de uso de residuos orgánicos del ganado ha degradado el entorno de la casa y sus alrededores, como la generación de malos olores, el aspecto desagradable, la presencia de moscas y roedores y la contaminación de animales, casas adyacentes, corte injusto de árboles, enfermedades de la población debido de la contaminación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

Internacionales

- Garzón, (2011), en su tesis titulada “ESTUDIO DE BIODIGESTOR DEL GENERADOR DE GAS DE METANO QUE UTILIZA MÉTODOS ALTERNATIVOS DE FUENTES DE ENERGÍA DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DEL LABORATORIO, COLEGIO TÉCNICO AMBATO” Se menciona que el uso de biodigestores ofrece grandes ventajas para el tratamiento de residuos orgánicos, además de reducir la carga contaminante del mismo. Los biocarburantes instalados en laboratorios externos están en desventaja, pues no logran controlar las propiedades importantes en la producción de biogás, como: temperatura. “La producción de biogás es alta, ya que la producción de éste depende del tipo de mezcla de biomasa que se realiza sustrato, del origen del estiércol y de su humedad. La operación del biodigestor del peso máximo de estiércol contenido en el biodigestor fue de 50 litros. El intervalo que puede tener una temperatura de

alcance del biodigestor con abono orgánico es de 60 a 100 ° F. El diseño del biodigestor fue ergonómico, de mantenimiento relativamente simple, construido con materiales encontrados en el mercado local.

A partir de esta información proyectamos la viabilidad económica, social y ambiental de la realización del proyecto. Además de los parámetros técnicos a considerar; como temperatura, capacidad y materiales a constructo. Así como los niveles de producción de biogás por la manipulación de las condiciones de sitio.

- Verdezoto, (2014), en su tesis de grado “DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LAS EXCREMENTO DE GANADO VACUNO, EN LA FINCA LOS LAURELES EN LA COMUNA FLOR DEL MANDURO” la investigación llevada a cabo por el método descriptivo y cuantitativo, que permitió la caracterización microbiológica estiramiento físico, químico y fue llevado a cabo por muestreo aleatorio, iniciando análisis de ST, SV, temperatura, pH, la CQO, la CBO5, sulfuros, cenizas, humedad De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos, para el proyecto estructural del modelo chino, siendo el mejor de acuerdo con las condiciones de la hacienda los Laureles con una aceptación del 80%, gracias a sus aspectos favorables, condiciones de eficiencia local y alta a lo largo de los años. El dimensionamiento del biodigestor Dome fijo fue hecho calculando las fórmulas establecidas para este tipo de concepción, lo que resultó en un digestor de 8,5 m3 de capacidad “.

Con la información desprendida del estudio citado podemos empezar el diseño del biodigestor tomando en cuenta el marco metodológico del estudio (matriz de decisión o preselección), tanto para la selección del tipo de biodigestor como para las condiciones de lugar y los parámetros de evaluación.

Nacionales

- Cueva, (2012), en su tesis de grado “OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTIÉRCOL PORCINO Y RESTOS VEGETALES, POR FERMENTACIÓN SEMICONTINUA”, Se utilizó un biodigestor chino modificado de 250 cm³ de fibra de vidrio para realizar la fermentación. El sustrato formado por el excremento de cerdo, otros vegetales del mercado, hojas de nuez y agua fue pre-fermentado para obtener un compuesto que constituía el material fermentativo que fue cargado en el biodigestor para la producción de biogás. La fermentación fue realizada a temperatura ambiente por 4 meses (octubre de 2009 a enero de 2010). Una producción diaria media de biogás de 14,864 cm³ fue obtenida 18 días después del inicio de la fermentación y una producción acumulada, hasta 58 días después del término de la fermentación; un volumen total de biogás de 644.668 cm³ fue obtenido durante la etapa del experimento.

Con este enfoque metodológico podemos complementar el marco metodológico del trabajo de investigación, para la elaboración del sustrato fermentativo y la estimación de la producción con base en la capacidad del biodigestor.

Locales

- Camarena, (2012). En su tesis de grado titulado “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN SEGÚN LA PRODUCCIÓN DEL BIOGÁS CON DE EXCREMENTO DE GANADO VACUNO” Se determinó que el tiempo es importante e influye tanto en la producción de gas metano, como que las excretas de ganado y vacuno son buenos materiales orgánicos para la obtención de gas metano.
- De La Cruz, (2011). En su informe “DESARROLLO ESTATAL DE ENERGÍA RENOVABLE EN JUNÍN” AL AÑO 2011 - JUNÍN, el autor hace un estudio en las que expone que Junín tiene una geografía compleja debido a la presencia de una variedad de climas de los

Andes y paisajes muy variados como las tierras altas y, como resultado, es una de las regiones con diferentes Fuentes de energía renovable.

Se estima a nivel nacional que con los residuos agrícolas actuales se pueden acumular hasta 177 MW de plantas de biomasa convencional y 51 MW utilizando biogás. Se estima en base a los registros de producción de la planta de procesamiento de residuos agroindustriales de 2009, caña de azúcar, arroz, algodón, trigo, espárragos y bosques de asiduos de aserraderos.

Con base en el contenido podemos reforzar la importancia de generar proyectos tecnológicos que apuesten por las energías renovables a nivel regional como nacional, como Fuente energética y de sustento económico para las familias de escasos recursos, que estima un 6% de la poblacional total.

2.2. Marco Legal

Con las normas jurídicas enmarcadas en los D.S., Artículos y Reglamentación del Ministerio de Vivienda y Construcción para la construcción de biodigestores de gran envergadura.

2.2.1. Leyes Nacionales

LEY 29852 (Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético)

2.2.2. Normas Nacionales

- DECRETO SUPREMO N.º 013-2005-EM (Ley de la promoción del mercado de biocombustibles)
- DECRETO LEGISLATIVO N.º 1278 ART 9(Aprueba La Ley De Gestión Integral De Residuos Sólidos)

2.3. Marco conceptual

- **ACIDULACIÓN:** Según Monar, (2009) es el proceso químico en el que los compuestos solubles se transforman en ácidos volátiles orgánicos

(ácido acético, propiónico entre otros).

- **AGITADOR:** Consiste en un instrumento que se encarga de desplazar los residuos que se encuentran en el fondo hasta una zona superior del biodigestor para aprovechar toda la biomasa .
- **BIODIGESTIÓN:** Se entiende por el proceso de degradación que ocurre por la presencia de microorganismos bacterianos anaeróbicos en las heces que actúan sobre el material fecal orgánico, generando una mezcla de gas (metano alto) biogás. Corona, (2007)

- **BIODIGESTOR:**

Cámara hermética que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas que facilita la extracción del biogás resultante para uso energético humano. El biodigestor tiene una caja de entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás) y una caja de salida para el material ya procesado (bioabono). Venero, (2011)

Por Sánchez, es llamada contenedor (reactor) que se encuentra cerrada y en su interior se deposita todo el material orgánico como excremento y desechos vegetales (excepto los cítricos, ya que se agrian). Fermentación de material orgánico con cierta cantidad de agua, que produce metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. (2007)

- **BIOGÁS:** Mezcla de gases, resultado de la descomposición de la materia orgánica llevada a cabo en la actividad bacteriana en condiciones anaeróbicas. (Garzón, 2011)
- **CÁMARA DE FERMENTACIÓN:** Espacio de almacenamiento de la biomasa durante todo el proceso de descomposición de la materia orgánica. (Verdezoto, 2014)
- **CÁMARA DE ALMACÉN DE GAS:** Es el espacio de acumulación del biogás antes de ser extraído. (Verdezoto, 2014)

- **IMPLEMENTACIÓN:** La palabra implementar puede expresar el efecto de poner en práctica, acciones y métodos, entre otras cosas, para especificar cierta actividad, plan o tarea. (Real Academia de la Lengua Española, 2001)
- **METANO (CH₄):** Es el hidrocarburo alcano simple, que contiene solamente átomos de carbono e hidrógeno unidos mediante un enlace covalente, ya que no es soluble en agua también es incoloro. En la naturaleza, los encontramos como el producto final de la realización anaeróbica de las plantas . (Garzón, 2011)
- **METANOGENÉISIS:** procedimiento anaeróbico que requiere algunas condiciones generales que es necesaria para la producción del biogás a partir de residuos orgánicos de origen animal o vegetal. (Barber y Ferry, 2001)
- **PILA DE CARGA:** Punto de entrada donde se encuentra la biomasa. (Anchundia, 2011-2012)
- **PILA DE DESCARGA:** Lugar de salida que sirve para eliminar los restos de residuos ya procesados y que ya no son útiles para el biogás, pero que si se pueden utilizar como abono (bioabono). (Anchundia, 2011-2012)
- **TEMPERATURA:** La temperatura de la cámara digestiva debe oscilar entre 20° C y 60° C, es deseable mantener una temperatura entre 30° C y 35° C para que sea capaz de producir biogás, es porque “los microorganismos que realizan la biodigestión reducen su actividad fuera de esas temperaturas. optimizar el tiempo de producción. “(Garzón, 2011)
- **TUBERÍA DE GAS:** Es por donde el gas tiende a salir. Éste se puede conectar indirecta e directamente a un quemador (cocina) o puede ser trasladar por medio de la misma tubería hasta el lugar de uso. (Sanchez y Pasmiño 2007)

2.4. Marco teórico

2.4.1. Características generales de un biodigestor

Un biodigestor anaeróbico utiliza un sistema de fermentación utilizando bacterias presentes en la materia orgánica, sin la presencia de oxígeno, que se convierte en biogás y fertilizantes. El biogás se obtiene a partir de una mezcla gaseosa y contiene principalmente metano y dióxido de carbono, estos tienen diversos usos: pueden ser utilizados como combustible en la cocina, calefacción, iluminación o incluso como Fuente de electricidad cuando se producen en grandes cantidades. (Robles, 2000)

En el caso de los fertilizantes, se refiere a biol, este es el otro efluente del proceso de fermentación. El resultado es un líquido estabilizado rico en nutrientes que puede ser utilizado como fertilizante. La digestión anaeróbica puede ser aplicada a la ganadería y residuos agrícolas y residuos producidos en las industrias que actúan en la transformación de estos productos, entre esos residuos están estiércol, residuos agrícolas, excedentes agrícolas, efluentes con alta carga orgánica, etc., que puede ser procesado por separado o en conjunto, que se conoce como co-digestión. el uso de biodigestores es generalizado, en el caso de los digestores de bajo costo, su implementación ha sido ampliamente desarrollada en países asiáticos como China e India y, principalmente en América Latina, Brasil, Colombia y Cuba. “Estos digestores adoptan diferentes configuraciones, pero todos tienen características similares: bajo costo y baja necesidad en la instalación y el mantenimiento el mismo, y algo igualmente importante, utilizando sólo materiales disponibles en el área donde se van a implementar. De esta forma, se evitan las dependencias que normalmente se crean en este tipo de proyectos, contando con el conocimiento y las habilidades de las personas que las construyen y mantienen. (Kiely, 2005).

Hay tres posibles límites que podemos hallar al momento de implementar un digestor con estas características: la disponibilidad de agua para mezclar el estiércol que se suministra al digestor, la cantidad y disponibilidad de estiércol acumulado

A. Productos finales de la digestión anaerobia

El biogás y el biol, son principales productos de la digestión anaeróbica producida por un biodigestor.

Biogás

El biogás se forma a partir de una mezcla de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y gases en una menor cantidad de sulfuro de hidrógeno (H₂S), hidrógeno (H₂), amoníaco (NH₃), etc. del biogás resultante depende de la materia orgánica dividida y las condiciones para el proceso. “La tabla muestra los valores medios de la composición de acuerdo con la alimentación utilizada:

Tabla 1

Composición media del biogás en función del sustrato empleado

Componente	Fórmula	Unidad	Aguas residuales	Residuos agrícolas y ganaderos	Gas de vertedero
Metano	CH ₄	% volumen	65 - 75	45 - 75	45 - 55
Dióxido de carbono	CO ₂	% volumen	25 - 35	25 - 55	25 - 30
Monóxido de carbono	CO	% volumen	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hidrógeno	H ₂	% volumen	Trazas	0,5	0
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	mg/Nm ³	< 8000	10 - 30	< 8000
Amoníaco	NH ₃	mg/Nm ³	Trazas	0,01 - 2,50	Trazas
Nitrógeno	N ₂	% volumen	3,4	0,01 - 5,00	10 - 25
Oxígeno	O ₂	% volumen	0,5	0,01 - 2,00	1 - 5
Compuestos orgánicos	-	mg/Nm ³	< 0,1 - 5,0	Trazas	< 0,1 - 5,0

Fuente: (Adaptado de Martí, 2008)

El metano es un gas incoloro e inodoro cuya combustión produce dióxido de carbono, hidrógeno y agua, con una llama azul. Es también el componente básico del gas natural”.

El gas producido puede utilizarse en las cocinas, que generalmente reemplazarán a la LENA, el balón de gas comercial u otras Fuentes de energía. En este caso, 1 m³ de biogás corresponde a su valor térmico:

Tabla 2

Equivalencia de 1 m³ de biogás respecto a distintas Fuentes energéticas

1 m ³ (1000 L) de biogás equivale a:	
Madera	1,3 kg
Alcohol	1,1 L
Gasolina	0,75 L
Gasoil	0,65 L
Gas natural	0,76 m ³
Carbón	0,7 kg
Electricidad	2,2 kW/h

Fuente: (Adaptado de Martí, 2008)

Debido a su alto contenido de metano, como se mencionó anteriormente, “el biogás puede ser utilizado para cocinar alimentos, generar calor, etc. o, en grandes instalaciones, generar electricidad con generadores de motores.” (Martí, 2008)

Biol

El biol es el otro efluente del sistema, formado a partir de la mezcla de influente estabilizado y biomasa microbiana producida durante el proceso de digestión anaeróbica, la composición de éste depende del tipo de sistema usado y de la materia orgánica alimentada. Es una mezcla que puede ser que se utiliza como fertilizante del suelo debido a su alto valor fertilizante. “El biol producido tiene un contenido de nitrógeno de

2 a 3%, fósforo de 1 a 2%, potasio en torno al 1% y 85%. (% de materia orgánica, con pH entre 6,0 y 7 5 (Anchundia, (2011), Ruiz- (2012))

El proceso de digestión anaerobia

Toda materia que puede ser fermentada contiene una serie de bacterias que la digieren. En ausencia de oxígeno, lo que se obtiene de esa fermentación es el biogás y el biol. la digestión anaerobia se caracteriza por varias fases consecutivas, que difieren en el proceso en que el sustrato (la comida de los microorganismos) es degradado, produciendo diferentes tipos de cadena bacteriana. La formación de metano es un proceso complejo que puede dividirse en cuatro etapas:

- Hidrólisis.
- Acidogénesis.
- Acetogenesis.
- Metanogenesis.

En cada fase, diferentes tipos de microorganismos intervienen, relacionados entre sí, pero necesitan condiciones diferentes en el ambiente (Cueva, 2011).

Hidrólisis

Para esta primera fase, compuestos orgánicos complejos se disocian en monómeros más simples, como azúcares, aminoácidos, ácidos volátiles con bajo contenido de grasa y alcoholes, por lo que las bacterias pueden asimilar la materia orgánica como Fuente de nutrientes (Pérez, 2010).

Acido génesis

Los monómeros obtenidos de la fase anterior se degradan durante esta fase en ácidos de cadena corta (de uno a cinco átomos de carbono en su estructura), alcoholes, hidrógeno y dióxido de carbono”.

Acetogénesis

Todos los productos obtenidos de la fase anterior sirven como sustrato para las bacterias que actúan bajo la acetogénesis y forman principalmente ácido acético e hidrógeno.

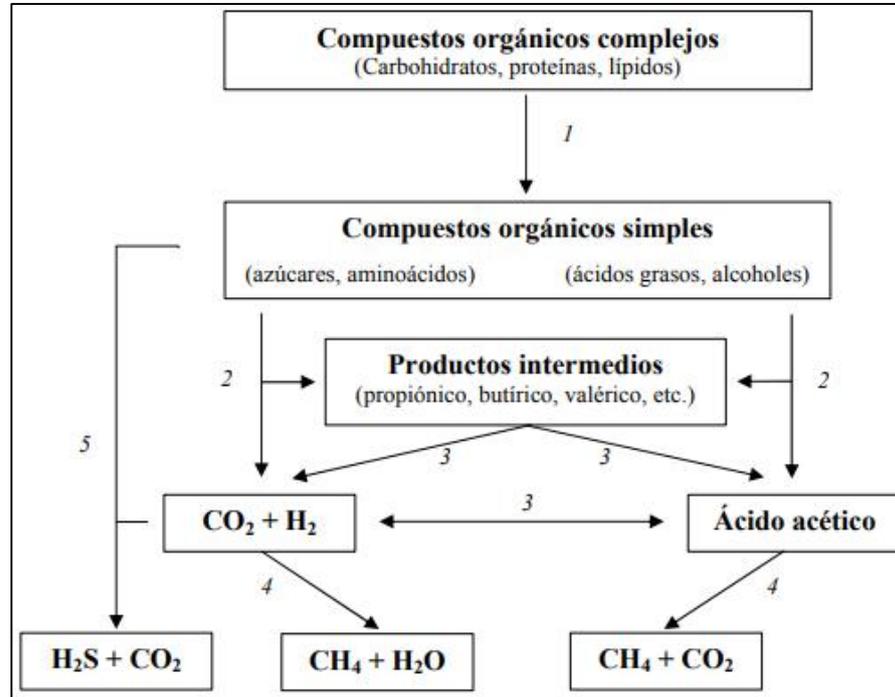
Metanogénesis

El último paso implica la conversión bacteriana de hidrógeno y ácido acético producido en los pasos anteriores en metano y dióxido de carbono. Hay dos tipos de bacterias, los metanógenos acetoclásticos; que convierte el acetato en metano y los metanógenos hidrogenofílicos que convierten el hidrógeno y el dióxido de carbono en metano. Alrededor del 70% del metano producido en esta etapa es generado por las bacterias acetoclásticas y el 30% restante por las sustancias hidrofílicas. Normalmente, las bacterias metanogénicas tienen un crecimiento más lento que las bacterias en las etapas anteriores, por lo que su crecimiento tiende a ser el paso limitante en el proceso". (Rittmann y McCarty, (2001) citado por Diaz de Basurto, 2013).

En "metanogénesis, la transformación iniciada en la etapa anterior se completa, produciendo alrededor del 70% al 90% del total de CH₄ del proceso. (Monar, 2009).

Figura 1

Fases del proceso de digestión anaerobia



Fuente: Ramos (2014)

2.4.2. Composición del biogás

La composición del biogás depende del tipo de residuo usado y de las condiciones bajo las cuales se ha tratado. Los principales componentes del biogás es el metano (CH₄) y también el dióxido de carbono (CO₂).

2.4.2.1. Parámetro de indicadores de la calidad del biogás

Su calidad y pureza del biogás depende de la cantidad de metano que contenga, debido a que cuanto mayor es el porcentaje de este gas, más puro y mayor poder calorífico será.

- **Actividad metalogénica:** Es la medida experimental de la capacidad de la materia orgánica y del sustrato para generar metano (CH₄). La cantidad de CH₄ como DQO (Demanda química de oxígeno) se produce por unidad

de biomasa por día y se expresa en g DQO CH₄ / g SSV-d, donde el SSV representa la cantidad de sólidos volátiles suspendidos en la muestra a estudiar. El CH₄ producido se calcula por el desplazamiento del líquido, en este caso NaOH (sosa cáustica). "(ZEEUW (1987), citado por López Martínez, p.).

La DQO se define como la medición del contenido de agua del material orgánico en la cantidad de oxígeno requerida para oxidarla completamente a CO₂ y H₂O.

- **Presencia de organismos patógenos**

Mediante un análisis microbiológico de los tratamientos se puede verificar la ausencia de microorganismos patógenos como las bacterias fecales y coliformes totales, lo que puede afectar la seguridad del fertilizante. Para la calidad ambiental del agua (DS-MINAM 002-2008) para el uso de agua para riego, los patógenos deben ser como máximo de 1000 NMP / 100 ml de coliformes fecales y 5000 NMP / 100 ml de bacterias coliformes totales, que es el tratamiento por debajo del límite establecido. (Carhhuencho, 2012)

- **Presencia de macronutrientes en el biol**

La calidad de biol se mide según la composición química (nutrientes) y los análisis microbiológicos.

Tabla 3**Composición del biol macro y micro nutrientes, y compuestos reguladores de crecimiento**

Macronutrientes y oligoelementos	Contenido (%)
Nitrógeno (N)	0.26
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.14
Potasio (K ₂ O ₅)	1.22
Calcio (ca)	2.01
Magnesio (Mg)	0.40
Azufre (S)	2.30
Cloro (Cl)	0.11
Sodio (Na)	0.30
Yodo (I)	1.00
Micronutrientes	Contenido (ppm)
Boro	8.79
Manganeso	3.50
Hierro	16.80
Cobre	0.90
Cobalto	0.40
Zinc	5.80
Compuestos reguladores de crecimiento	Unidad
Auxinas	0.08 ppb
Citoquininas	67.00 ppm

Fuente: (M.O.P.U, 2009).

- **Calidad en los bioles**

La calidad depende de muchos factores, como se mencionó anteriormente, básicamente las relacionadas con el origen y la naturaleza de los residuos utilizados, el proceso de oxidación y los productos añaden para enriquecer. (Paneque y Calana, (2004), citado por Paucar, 2015).

“El contenido de N, P, K, Ca y Mg que presentan fertilizantes orgánicos debe ser lo más alto posible, para que el tamaño mineral sea suficiente para el desarrollo de cualquier cultivo. (Ricse, (2013), citado por Paucar, 2015). También propone las siguientes franjas

nutricionales para biofertilizantes líquidos producidos de manera artesanal:

- pH: 5,4 – 7,0
- Nitrógeno: >700 mg/L
- Fósforo: >170 mg/L
- Potasio: >1300 mg/L

Dado que no existe una regulación para el uso de biol, no es posible comparar la norma de calidad ambiental para el agua (D.S. 015-2015-MINAM).

El uso de fertilizantes orgánicos de buena calidad no debe suponer un riesgo para la salud humana, el suelo, el agua y la calidad del aire. Por esta razón, es necesario monitorear tanto las concentraciones de metales pesados como la carga microbiana patógena presente en el fertilizante y que será a la tierra. (Medina, 2013)

Tabla 4

Composición del biogás

COMPONENTE	FORMULA QUIMICA	%VOLUMEN
Metano	CH ₄	60-70
Gas Carbónico	CO ₂	30-40
Hidrógeno	H ₂	1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de Carbono	CO	0.1
Oxígeno	O ₂	0.1
Acido Sulfhídrico	H ₂ S	0.1

Fuente: (Silva, 2008).

2.4.3. Clasificación de los Digestores

Los biodigestores anaerobios son clasificados de la siguiente forma.

A. Sistemas Batch o discontinuos

Es cuando la basura es depositada al principio del proceso y la descarga se realiza al final, a su vez requiere de más trabajo, y

un espacio donde se almacena la materia prima y un depósito de gas. (FAO, 2011)

B. Sistemas semicontinuos

Este digestor es el más utilizado por las zonas rurales, porque se trata de pequeños biodigestores y se utiliza domésticamente. Los proyectos más comunes son hindúes y chinos. Entre los tipos hindúes hay varios dibujos, pero por lo general ellos son verticales y enterrados.

Son cargados una vez al día, el volumen de mezcla depende del tiempo de retención, fermentación ya que producen una cantidad diaria constante de biogás a condiciones constantes de operación. (MOPU, 2009).

Ventajas:

- ✓ Se puede trabajar con varios tipos de materiales fermentativos
- ✓ La materia orgánica puede ser reunido en un lugar abierto ya que la tierra u otro inerte mezclado, no altera la operación del Biodigestor.
- ✓ Admite carga seca que no absorban humedad, así como los materiales que flotan en el agua.
- ✓ Aptos en el caso en que la disponibilidad y cantidad de materia prima no sea continua, sino periódica.
- ✓ No requiere manipulación diaria.

Las principales desventajas son:

- ✓ Este biodigestor requiere de una paciencia.
- ✓ La descarga del biodigestor requiere de mucho trabajo.

C. Sistemas continuos

Son aquellos donde los residuos son liberados de forma continua o al menos una vez al día, requieren de menos trabajo, una mezcla con más fluidez o movilizada mecánicamente. (Anchundia y Ruiz, 2012)

Ventajas:

- ✓ Se puede controlar el proceso de digestión.
- ✓ Permite controlar algunas variables relacionadas a carga específica, temperatura y tiempo de retención a periodos hasta de 10 años.
- ✓ Las operaciones de carga y descarga, son muy sencillas

2.4.4. Tipos de Biodigestores

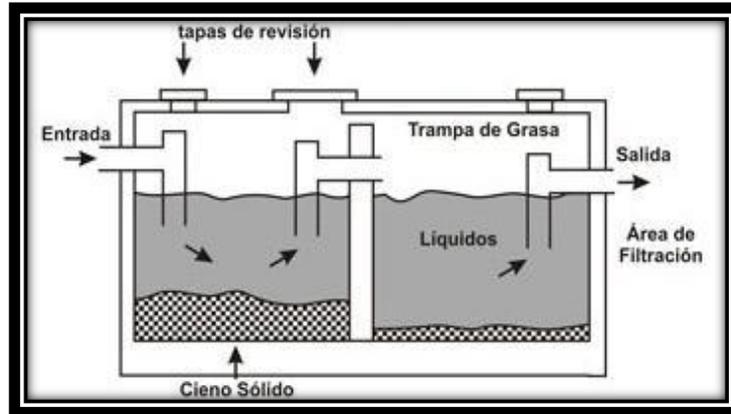
Los primeros biodigestores construidos en China e India fueron el de cúpula sólida, campana flotante, unos años más adelante se fabricaron otros, con materiales más baratos como caucho, cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno.

Además, los biodigestores tubulares ya se han utilizado en varios países subdesarrollados en los últimos años, para disminuir los costos de producción utilizando materiales de las localidades y de esta manera la simplificaron de las instalaciones, la operación y el mantenimiento. (Fundación Hábitat, 2005)

Pozos Sépticos: Es el más antiguo y simple digester anaerobio conocido, normalmente usado para el descarte de efluentes domésticos.

Figura 2

Biodigestor de pozo séptico



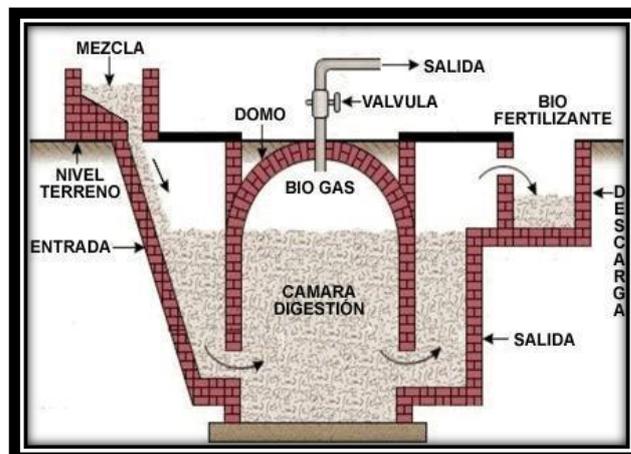
Fuente: Fundación Hábitat 2005

Digestor del Domo Flotante (indio). – Está compuesta de un digestor de cúpula redonda (o cilíndrica) y tiene un tanque de gas en forma de una campana flotante. Esta flota directamente en la mezcla de fermentación o en un anillo de agua cilíndrica.

El biogás se acumula en la campana, haciendo que él suba y baje nuevamente cuando el gas es extraído a través de un tubo instalado en la campana. Esto evita que la campana se incline, un soporte de fierro se construye como ayuda. (Fundación Habitat, 2005)

Figura 3

Biodigestor tipo domo flotante

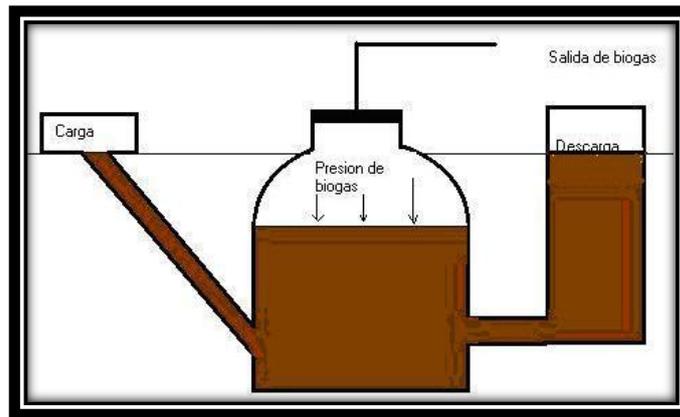


Fuente: Fundación Hábitat 2005

Digestor de Domo Fijo (chino). - Consiste en una cámara de gas elaborada de ladrillo, piedra u hormigón. La parte superior e inferior son hemisféricas. La superficie interna está sellada por muchas bases finas de mortero para fijarla.

Figura 4

Biodigestor tipo chino

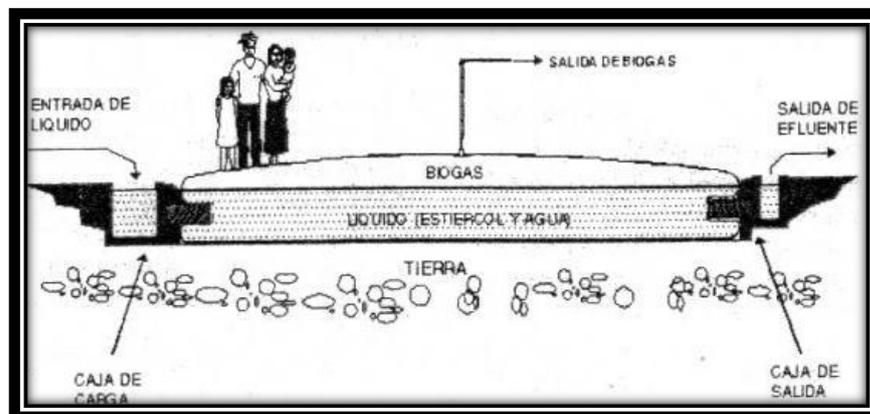


Fuente: Fundación Hábitat 2005

Biodigestor de estructura flexible (polietileno). - Es necesaria invertir mucho dinero para poder construir este digestor de estructura fija, su inversión es un factor limitante para la mala rentabilidad de los agricultores. (Fundación Habitat, 2005)

Figura 5

Biodigestor de estructura flexible



Fuente: Fundación Hábitat 2005

2.4.5. Inversión para un Biodigestor

Para la construcción de un biodigestor puede darse de la siguiente manera:

- a) Mediante fondos propios, las personas interesadas en contar con la tecnología, pagarán los costos íntegros del proyecto, ya que tienen la financiación.
- b) La financiación, el apoyo y los beneficios se buscan a través de Programas Nacionales de la Bioenergética a través de instituciones de gobierno y privadas.

El financiamiento para la elaboración del biodigestor para poder obtener electricidad es fundamental. (Graas, 2013)

2.4.6. Estiércol

El estiércol es el nombre usado para describir el excremento animal usado para fertilizar los cultivos. A veces el estiércol se hace de excretas de animales y restos.

Los animales usados en la agricultura son: ovejas, vacas, caballos y heno.

En nuestro país contamos con el estiércol de cuyes en las áreas rurales, comunidades agrícolas donde se puede reutilizar las excretas para la producción de biogás. El alimento del cuy es generalmente hierba que tiene un alto contenido de agua causando una masa acuosa. Por este motivo, es clasificado entre los fertilizantes frescos. Los Cuyes son alimentados con diferentes tipos de hierbas, de esta manera los animales producen un estiércol con contenido alto de microorganismos.

A. Composición del estiércol

Es una mezcla compuesta de alimentos no digerido, bacterias arrastradas de los líquidos digestivos del tracto digestivo y del

agua; es decir, sólido, excremento líquido y en 80 al 85% orina, resto de comida, basura vegetal o animal, etc. (Acuña, 2015)

Una parte fecal del fertilizante contiene una gran cantidad de ingredientes alimentarios en su forma original. La excreta contiene sustancias que han sido transformadas por la actividad metabólica bacteriana del tracto digestivo, así como el efecto enzimático del jugo digestivo. (Gomez, (2014), citado por Yauyo, 2016)

El estiércol contiene elementos principales que son: Materia orgánica (M.O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Cobre (Cu) y otros. (Martínez, 2012)

Tabla 5

Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales Domésticos (como porcentaje de la materia seca)

Nutrientes	Vacunos	Porcinos	Caprinos	Conejos	Gallinas
Materia orgánica (%)	48,9	45,3	52,8	63,9	54,1
Nitrógeno total (%)	1,27	1,36	1,55	1,94	2,38
Fósforo asimilable (P2O5, %)	0,81	1,98	2,92	1,82	3,86
Potasio (K2O, %)	0,84	0,66	0,74	0,95	1,39
Calcio (CaO, %)	2,03	2,72	3,2	2,36	3,63
Magnesio (MgO, %)	0,51	0,65	0,57	0,45	0,77

Fuente: Acuña, 2015.

2.4.7. Biomasa

Biomasa es el nombre de todas las sustancias orgánicas de origen innovador derivadas de un animal o una planta como resultado del proceso de transformación fotosintética. Su energía de la biomasa se deriva de materiales vegetales y animales, tales como residuos forestales, residuos agrícolas y forestales e industriales, desechos humanos o animales. (A R E de Petróleo y Gas en A Latina y el Caribe, 2009)

Se denomina como la Fuente más antigua de energía renovable que es reconocida por el hombre, ya que se ha utilizado desde que nuestros antepasados descubrieron el fuego.

Los principales avances tecnológicos nos han permitido desarrollar los procesos más eficientes y limpios para llevar a cabo la conversión de la biomasa en energía, conviértalo, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, que son más prácticos y eficientes. Así, además de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termoquímico y el bioquímico. (BUN-CA, (2002), citado por Chong, 2018).

A. TIPOS DE BIOMASA

Existen diversas variedades de biomasa:

Biomasa Natural

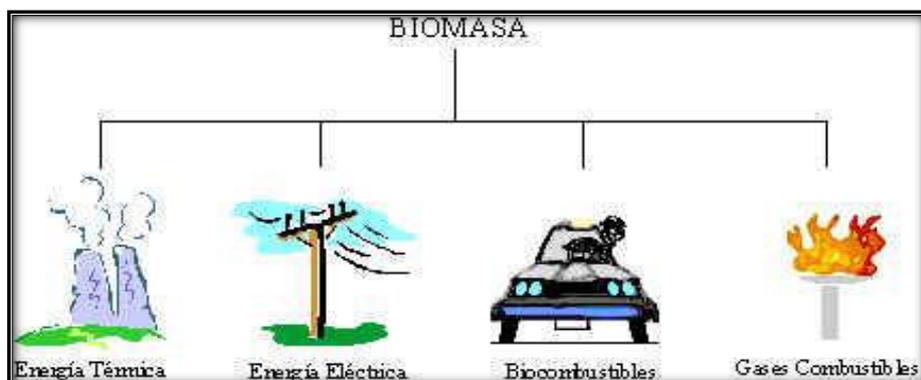
Es aquella que ocurre de forma natural, sin manipulación humana. El principal problema con esto es que su adquisición y transporte requiere de mucho recurso económico. Esto resulta económicamente inviable.

Biomasa Residual (Seca Y Húmeda)

Son restos generados en la actividad agrícola (madereras y herbáceas) y pecuaria.

Figura 6

Biomasa



Fuente: (BUN-CA, (2002), citado por Chong, 2018).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método de la investigación

El método específico se llevó a cabo siguiendo las siguientes fases:

FASE I

Planificación, desarrollo y evaluación de la factibilidad técnica, económica de la construcción e implementación de un biodigestor en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo

FASE II

Diseño del biodigestor en base a la información obtenida en la FASE I.

FASE III

Construcción e instalación del biodigestor.

FASE IV

Evaluación del funcionamiento del biodigestor.

3.1.2. Ubicación geográfica

Departamento: Junín

Provincia: Chupaca

Distrito: Chongos Bajo

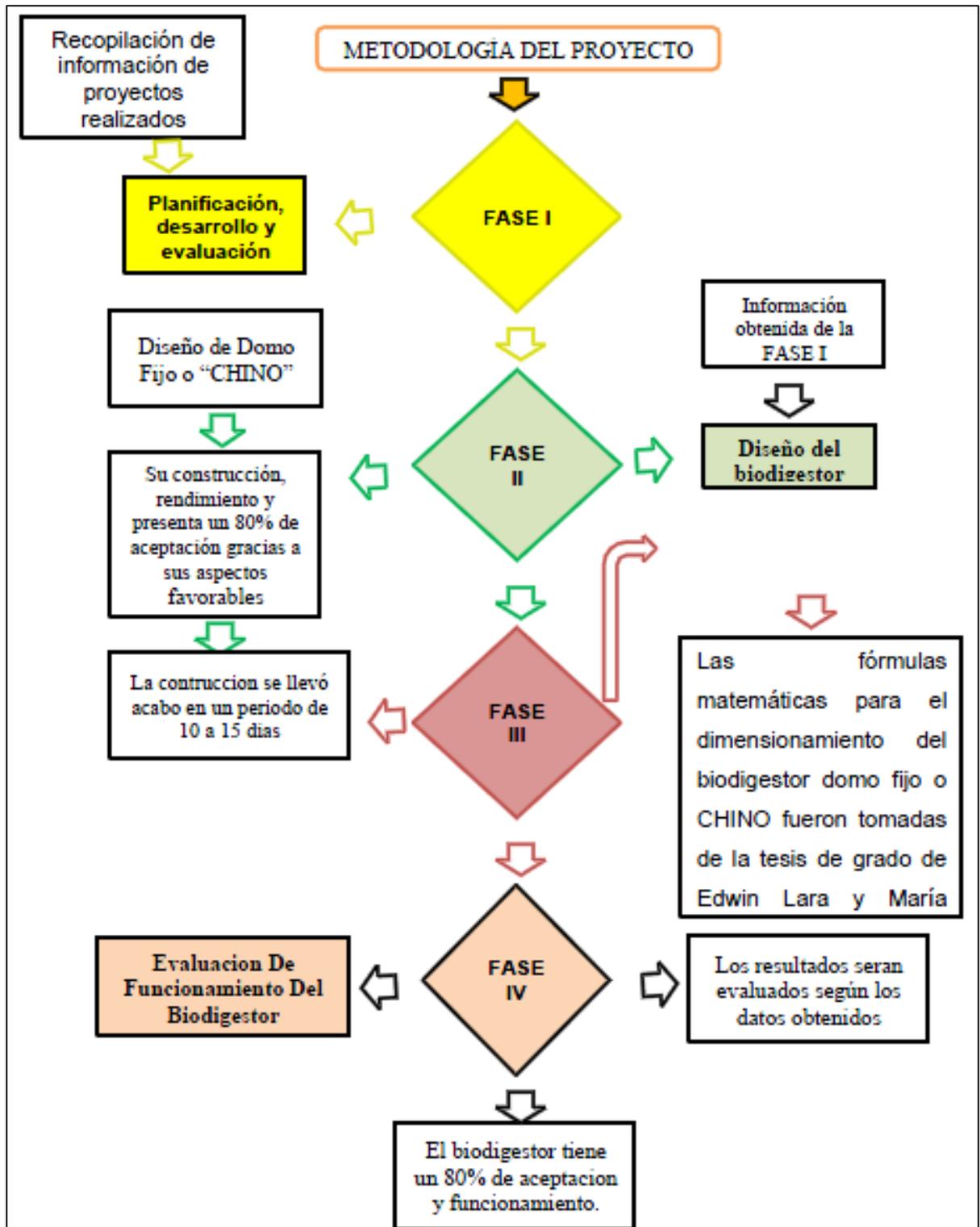
Altitud: Entre los 3200 y 3500 m.s.n.m.

Densidad Poblacional: 42.50 hab/km²

Superficie: 103.74 Km²

Figura 7

Metodología del proyecto



Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Tipo de la Investigación

Este proyecto de investigación es de naturaleza tecnológica, ya que el objetivo es obtener conocimientos útiles para resolver un problema concreto, esto se debe a la necesidad de la sociedad, en este caso el problema de los residuos de la secreción de animales pequeños (cuy) y cuya solución es el diseño y la implementación de un biodigestor anaeróbico.

3.1.4. Nivel de la Investigación

Para realizar el presente proyecto trabajo se utilizó los siguientes niveles.

- EXPLICATIVO: Se identificaron variables mediante el cual se centró en el desarrollo de toda nuestra investigación.
- BIBLIOGRÁFICA: Porque fue necesario documentar para poder contextualizar los problemas y poder fundamentar científicamente el marco teórico.
- EXPERIMENTAL: Porque se realizó el experimento con desechos de cuy para determinar la cantidad de gas metano producido en el biodigestor de material noble ubicado en el Distrito de Chongos Bajo.

3.2. Diseño de la Investigación

Utilizamos en este proyecto de investigación el diseño EXPERIMENTAL ya que se relacionará los parámetros de diseño para llegar a un adecuado diseño del reactor anaerobio.

3.3. Hipótesis de la Investigación

El diseño, implementación y evaluación de un biodigestor anaerobio en una vivienda unifamiliar es la alternativa energética más sostenible para la producción de biogás en el distrito de Chongos Bajo.

3.4. Variables de investigación

3.4.1. Variable Independiente

➤ Parámetros de diseño

Indicadores:

Cantidad de materia orgánica (Kg)

Volumen de biodigestor (m³)

Dimensiones:

Biodigestor de material noble

Vida útil

Presión de producción de biogás

3.4.2. Variable Dependiente

➤ Diseño del Biodigestor.

Dimensiones:

Construcción del biodigestor

Funcionamiento de biodigestor

Dimensionamiento

Indicador:

Cantidad de biogás producido

3.4.3. Operacionalización de Variable

VARIABLE: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR (CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLE)

DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR QUE ADOPTA LA VARIABLE - ITEMS																		
<p>Se define conceptualmente a la construcción de un nuevo modelo de <u>biodigestor</u> con especificaciones técnicas en su diseño de acuerdo a su finalidad que va a cumplir, a la disposición de ganado y a la temperatura a la que va a trabajar.</p> <p>Su diseño básico es en razón que su finalidad es eliminar todo el estiércol producido en un área agrícola. Ganadera y el producto final sea utilizable por el hombre (producción de biogás).</p>	<p>Operacionalmente se define como la matriz de decisión que va a seleccionar el digestor que mejor se adapte a las condiciones de campo, siendo necesario tener en cuenta los rubros considerados como: _ tipo de materia prima, vida útil, requerimiento de área, costos, construcción, operación, mantenimiento, rendimiento, para la producción de biogás.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción del <u>biodigestor</u> • Funcionamiento de <u>biodigestor</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de biogás producido • Dimensiones: que medidas puede presentar un <u>biodigestor</u>. 	<p>Las categorías diagnosticadas para el instrumento se encuentran basadas en las puntuaciones directas del instrumento y tomando como criterio que la máxima puntuación, revela determinar si el diseño e implementación de un <u>biodigestor</u> anaerobio se debe tener en cuenta para poder producir biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de chongos bajo - Chupaca. 2017</p> <p>Categorías diagnosticas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cat.Dx</th> <th>Rango</th> <th>Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Muy alta</td> <td>17 – 20</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>• Alta</td> <td>14 – 17</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>• Media</td> <td>11 – 14</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>• Baja</td> <td>8 – 11</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>• Muy baja</td> <td>5 – 8</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ítems A = 5 ; b = 4 ; c = 3 ; d = 2 ; e = 1 Total = 15 puntos. Escala de <u>licker</u></p>	Cat.Dx	Rango	Puntaje	• Muy alta	17 – 20	100	• Alta	14 – 17	80	• Media	11 – 14	60	• Baja	8 – 11	40	• Muy baja	5 – 8	20
Cat.Dx	Rango	Puntaje																				
• Muy alta	17 – 20	100																				
• Alta	14 – 17	80																				
• Media	11 – 14	60																				
• Baja	8 – 11	40																				
• Muy baja	5 – 8	20																				

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE: PARAMETRO DE DISEÑO (CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLE)

DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR QUE ADOPTA LA VARIABLE - ITEMS																		
Es definido como los principios de organización para el diseño de la estructura organizacional clasificados en grupos formales y semiformales que son empleados para dividir y coordinar el trabajo con el fin de establecer plataformas estables de comportamiento	Operacionalmente se define como los costos del proyecto, el diseño(cantidad de materia orgánica volumen del <u>biodigestor</u>), y los riesgos que pueda producir este proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Biodigestor</u> de material noble • Vida útil • Presión de producción de biogás 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de materia orgánica en (kg) • Volumen del <u>biodigestor</u> (m^3) 	<p>Las categorías diagnosticas consideradas para el instrumento están basadas en las puntuaciones directas del instrumento y tomando como criterio que la máxima puntuación, revela determinar si el diseño e implementación de un <u>biodigestor</u> anaerobio se debe tener en cuenta para poder producir biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de chongos bajo - Chupaca. 2017</p> <p>Categorías diagnosticas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Cat Dx</u></th> <th>Rango</th> <th>Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Muy alta</td> <td>17 – 20</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>• Alta</td> <td>14 – 17</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>• Media</td> <td>11 – 14</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>• Baja</td> <td>8 – 11</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>• Muy baja</td> <td>5 – 8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Ítems A = 5 ; b = 4; c = 3; d = 2; e = 1 Total = 15 puntos. Escala de <u>licker</u></p>	<u>Cat Dx</u>	Rango	Puntaje	• Muy alta	17 – 20	100	• Alta	14 – 17	80	• Media	11 – 14	40	• Baja	8 – 11	20	• Muy baja	5 – 8	
<u>Cat Dx</u>	Rango	Puntaje																				
• Muy alta	17 – 20	100																				
• Alta	14 – 17	80																				
• Media	11 – 14	40																				
• Baja	8 – 11	20																				
• Muy baja	5 – 8																					

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Cobertura de la Investigación

3.5.1. Población

El presente trabajo de investigación se aplicó en el Distrito de Chongos Bajo - Chupaca.

3.5.2. Muestra

Se tomó como muestra una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo.

3.6. Técnicas e Instrumentos

3.6.1. Técnicas de la Investigación

Se consideró el análisis y síntesis. Lo que ayudó a estructurar marcos teóricos y conceptuales de referencia.

3.6.2. Instrumentos de la investigación

Bitácora de registro.

Fichas bibliográficas.

3.6.3. Fuentes

Bibliográficas y documentales

3.7. Proceso estadístico de la información

En este proyecto se aplicó la estadística descriptiva: desviación estándar, máxima y mínima producción diaria de biogás, así mismo el promedio acumulado para la producción de biogás. Utilizamos el software EXCEL y SPSS versión 11.5.

3.7.1. Estadísticas

3.7.1.1. Comparación de medias muestrales

Se debe comparar los datos obtenidos en cuanto a producción de biogás y metano se refiere. Para tratar con medias muestrales utilizaremos el método de análisis basados en la varianza (ANOVA).

3.7.2. Técnicas de comprobación de la Hipótesis

Distribución normal y homogeneidad de varianzas en cada grupo.

3.8. Selección, Dimensionamiento, Diseño y Construcción del Biodigestor

En esta parte del proyecto se desarrolló paso a paso el diseño y la construcción del biodigestor anaerobio de material noble que fue proyectado para producir 2.00 m³ de biogás diarios para una vivienda unifamiliar con un numero de 8 personas en el distrito de Chongos Bajo de la provincia de Chupaca.

3.8.1. Selección del modelo de biodigestor

Para poder escoger el modelo del Biodigestor se tomó en cuenta los siguientes factores que permitan evaluar y seleccionar el tipo de biodigestor más adecuado para el diseño y construcción del biodigestor anaerobio de material noble. En la vivienda unifamiliar se pueden implementar los siguientes tipos de biodigestor:

• Biodigestor de tipo domo flotante o "HINDU"
• Biodigestor de tipo domo fijo o "CHINO"
• Biodigestor de tipo salchicha o "FERROCEMENTO"

Para la selección se elaboró una matriz de selección, se tomó en cuenta las condiciones del lugar tomando una importancia de calificación más alta y llevándose a cabo su diseño y construcción.

3.8.2. Matriz de decisión

Las matrices de decisiones permiten preseleccionar al biodigestor que mejor se adapte a las condiciones para la vivienda unifamiliar, evaluando factores fundamentales el funcionamiento del biodigestor , tales como:

- **Tipo de materia prima**

Este concepto responde a la disponibilidad de materia prima, estiércol de animal, desechos agrícolas, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

- **Factor de vida útil**

Responde a la pregunta en cuánto tiempo seguirá operando un biodigestor, muchas veces la vida útil de un biodigestor depende del tipo de materiales y la técnica de construcción.

- **Factor de área disponible**

El factor del área disponible para la construcción del Biodigestor es fundamental en cuanto a la toma de decisiones.

- **Factor de costos**

Este factor es importantísimo en el diseño de un biodigestor porque se considera los recursos económicos y disponibles, material de la construcción, área disponible y mano de obra.

- **Factor de construcción**

Se refiere a la disponibilidad de materiales y a qué grado de dificultad es para la construcción del Biodigestor.

- **Factor de operación y mantenimiento**

Esto está relacionado con el funcionamiento y mantenimiento continuo, y garantiza la producción de Biogás programado y como es la facilidad del manejo, mantenimiento, confiabilidad del proceso y complejidad de su operación.

- **Factor de rendimiento**

Aquí nos muestra la productividad de biol y biogás (metano), y posteriormente para ser usado como un combustible (generador de energía).

Tabla 6***Ponderación de los factores a evaluar***

FACTOR EVALUADO	PONDERACION	COMENTARIO
Tipo de materia (estiércol)	5	La materia prima disponible en la familia Unifamiliar es el estiércol de Cuy.
Vida útil	15	Se desea que el digestor posea una vida útil lo más larga posible de 20 años.
área Disponible	5	En este factor se cuenta con un área de muy reducida.
Costos	20	Los costos se tomaran de la ferretería más cercana para el lugar del proyecto.
Construcción	15	La construcción del digestor no debe ser compleja.
Operación y mantenimiento	15	Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable.
Rendimiento	25	El digestor que sea diseñado y posteriormente instalado tiene que producir la mayor cantidad de biogás posible.
CALIFICACION		
0 = Nulo 1 = Bajo 3 = Adecuado 5 = Muy bueno		

Fuente: Verdezoto, 2014.

A continuación, se procedió al llenado de las matrices y a realizar los cálculos respectivos para cada Biodigestor.

Tabla 7

Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Flotante o “HINDU”

Nro.	A	B	C	D	E
	%	FACTORES E	CALIFICACION	C/5	D * A
1	5	Tipo de Materia P.	5	1	5
2	15	Vida Útil	3	0.6	9
3	5	Área Disponible	5	1	5
4	20	Costos	3	0.6	12
5	15	Construcción	3	0.6	9
6	15	Operación y Mantenimiento	5	1	15
7	25	Rendimiento	3	0.6	15
TOTAL					70

Fuente: Verdezoto, 2014.

Este tipo de biodigestor tiene un aspecto a favor con el tipo de material prima, área disponible para su ejecución, operación y mantenimiento, pero tiene sus desventajas, el tiempo de vida útil no es bueno porque su campana flotante está elaborada de metal y se oxida y se corroe, por lo tanto no se recomienda, por lo que tiene una aceptación del 70%.

Tabla 8**Matriz de Preselección para el Diseño de Estructura Fija tipo salchicha o “FERROCEMENTO”**

Nro.	A	B	C	D	E
	%	FACTORES E.	CALIFICACION	C/5	D * A
1	5	Tipo de Materia P.	5	1	5
2	15	Vida Útil	5	1	15
3	5	Área Disponible	1	0.2	1
4	20	Costos	3	0.6	12
5	15	Construcción	3	0.6	9
6	15	Operación y Mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento	5	1	25
TOTAL					76

Fuente: Verdezoto, (2014)

Este Biodigestor tiene algunos aspectos a favor como el tipo de material prima, el tiempo de vida, el rendimiento, pero presenta su desventaja para el área disponible ya que está muy reducida por lo tanto no muy recomendable por eso representa un 76% de aceptación.

Tabla 9**Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Fijo o “CHINO”**

Nro.	A	B	C	D	E
	%	FACTORES E	CALIFICACION	C/5	D * A
1	5	Tipo de Materia P.	5	1	5
2	15	Vida Útil	5	1	15
3	5	Área Disponible	5	1	5
4	20	Costos	3	0.6	12
5	15	Construcción	3	0.6	9
6	15	Operación y Mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento	5	1	25
TOTAL					80

Fuente: Verdezoto, (2014)

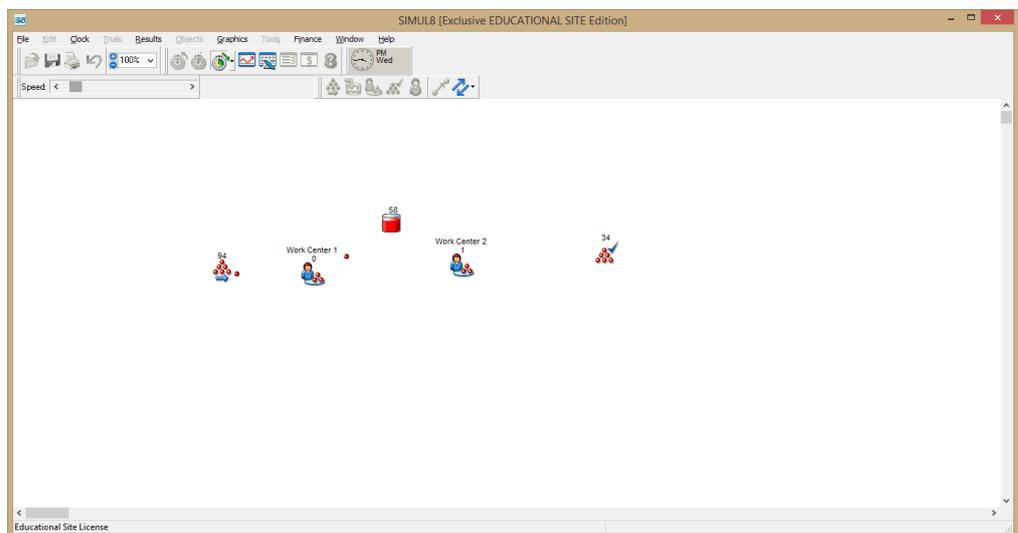
Este biodigestor tiene muchos aspectos a favor como el tipo de material prima, el tiempo de vida, área disponible para su construcción, rendimiento y presenta un 80% de aceptación gracias a sus aspectos favorables, por estas razones lo hacen que haya sido **elegido** para el diseño de la vivienda unifamiliar.

3.8.3. Simulación de la construcción y rendimiento del biodigestor modelo chino de concreto armado

En esta parte de la tesis se realizó una simulación mediante el software Simul8 donde se insertaron parámetros de acuerdo a la zona donde se realizó la construcción del biodigestor:

Figura 8

Software Simlu8 empleado para la simulación de rendimiento del biodigestor.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

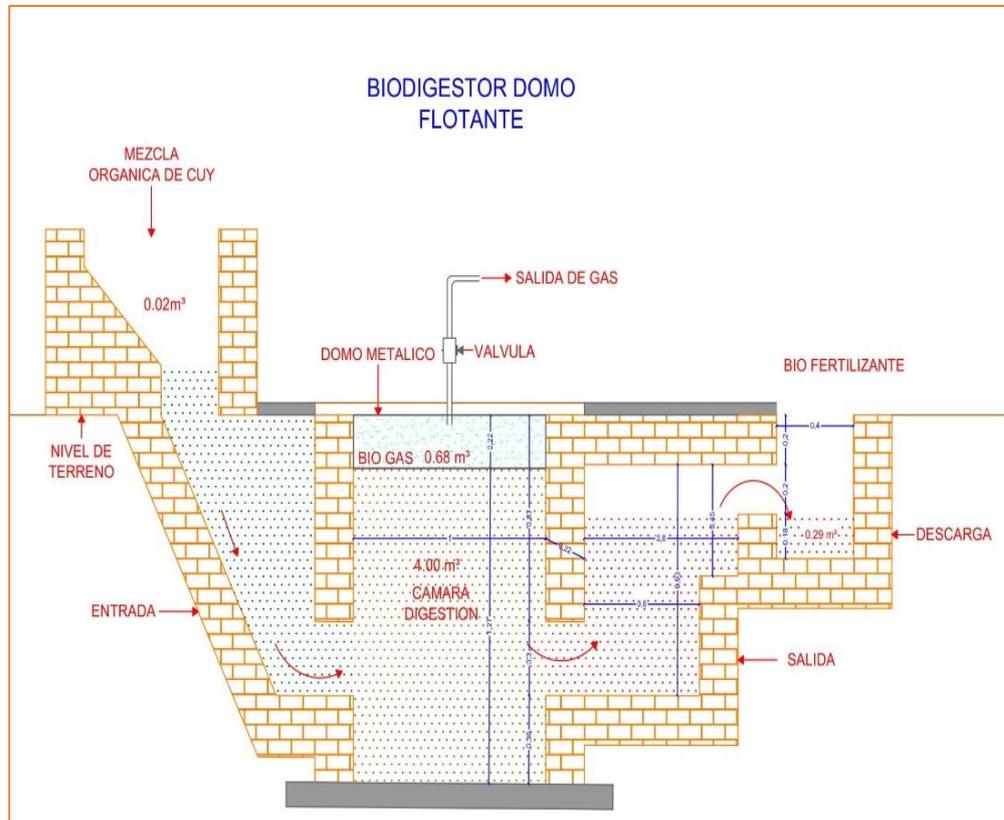
Factores evaluativos

TIPO DE MATERIA:	se utilizó la excreta de cuy = 0.05 m ³ rendimiento de biogás
VIDA UTIL:	el material que se realizó en la construcción es de concreto armado equivalente a 20 años (CEMENTO Y ACERO)
COSTO:	costo efectuado para la construcción : 2834.20 nuevo soles
TEMPERATURA:	temperatura ambiente 8°C- 20°C
RENDIMIENTO:	producción del biogás
MANTENIMIENTO:	la limpieza se realiza cada 7 a 12 meses
CAPACIDAD:	volumen general del biodigestor será de 4.68 m ³
TIEMPO DE RETENCION:	62 días
CANTIDAD DE MATERIA:	1000 KG DE ESTIERCOL +3000 LITROS DE AGUA

Fuente: Elaboración propia

Figura 9

Biodigestor modelo Domo Flotante



Fuente: Elaboración propia

3.8.4. Resultados del simulador (biodigestor domo flotante)

Tabla 11

Cantidad promedio de producción

C.MATERIA	TEMPERATURA	TIPO DE MATERIA	TIEMPO DE RENCION
4.000 KG	8°C - 20°C	0.05 m3	62 DIAS

PROMEDIO DE PRODUCCION	OBSERVACIONES
1.52 - 1.87 m3 de biogás	LA PRODCUCCION DEPENDE DEL TIPO DE MATERIAL UTILIZADO O ENZIMA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Calidad promedio del biogás de producción

METANO	46- 68%
DIOXIDO DE CARBONO	21 - 41%
HIDROGENO	0.5 - 8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

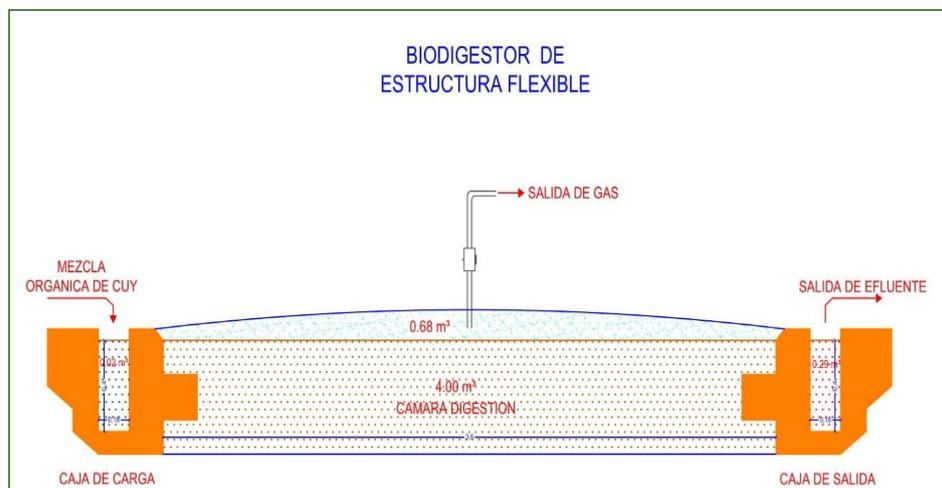
Promedio de vida útil del biodigestor

MATERIAL	VIDA UTIL %	AÑOS PROMEDIOS	OBSERVACIONES
CEMENTO Y ACERO	70%	18-22	ESTO DEPENDE DE LA PROPORCION Y MATERIALES UTILIZADOS
GEOMENBRANA	20%	02- 06	DEPENDE SI EL BIODIGESTOR ESTE EXPUESTO AL SOL Y EXISTE ALGO QUE LO CUBRA
LADRILLO Y CEMENTO	60%	17 - 21	DEPENDE DEL MATERIAL UTILIZADO

Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Biodigestor de estructura flexible (POLIETILENO)



Fuente: Elaboración propia

3.8.5. Resultados del simulador (biodigestor estructura flexible)

Tabla 14

Parámetros utilizados para la producción

C.MATERIA	TEMPERATURA	TIPO DE MATERIA	TIEMPO DE RENCION
4.000 KG	8°C - 20°C	0.05 m3	62 DIAS

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Cantidad promedio del biogas de producción

PROMEDIO DE PRODUCCION	OBSERVACIONES
2.00 – 2.10 m3 de biogás	LA PRODCUCCION DEPENDE DEL TIPO DE MATERIAL UTILIZADO O ENZIMA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Calidad promedio del biogás de producción

METANO	50 - 70%
DIOXIDO DE CARBONO	28 - 47%
HIDROGENO	0.8 – 9.5%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

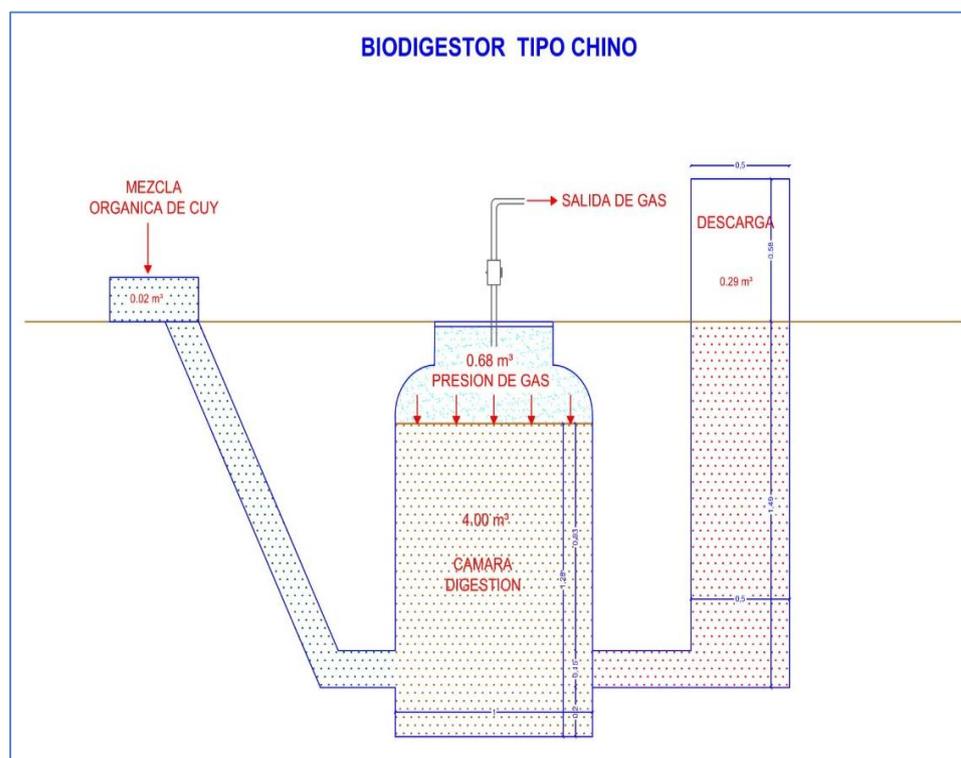
Promedio de vida útil del biodigestor

MATERIAL	VIDA UTIL %	AÑOS PROMEDIOS	OBSERVACIONES
CEMENTO Y ACERO	70%	18-22	ESTO DEPENDE DE LA PROPORCION Y MATERIALES UTILIZADOS
GEOMENBRANA	20%	02- 06	DEPENDE SI EL BIODIGESTOR ESTE EXPUESTO AL SOL Y EXISTE ALGO QUE LO CUBRA
LADRILLO Y CEMENTO	60%	17 - 21	DEPENDE DEL MATERIAL UTILIZADO

Fuente: Elaboración propia

Figura 11

Biodigestor de Domo Fijo tipo Chino



Fuente: Elaboración propia

3.8.6. Resultados del simulador (biodigestor domo fijo tipo chino)

Tabla 18

Parámetros utilizados para la producción

C.MATERIA	TEMPERATURA	TIPO DE MATERIA	TIEMPO DE RENCION
4.000 KG	8°C - 20°C	0.05 m3	62 DIAS

PROMEDIO DE PRODUCCION	OBSERVACIONES
1.55 - 1.86m3 de biogás	LA PRODCUCCION DEPENDE DEL TIPO DE MATERIAL UTILIZADO O ENZIMA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Calidad promedia del biogás de producción

METANO	44- 69%
DIOXIDO DE CARBONO	21 - 43%
HIDROGENO	0.4 - 7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

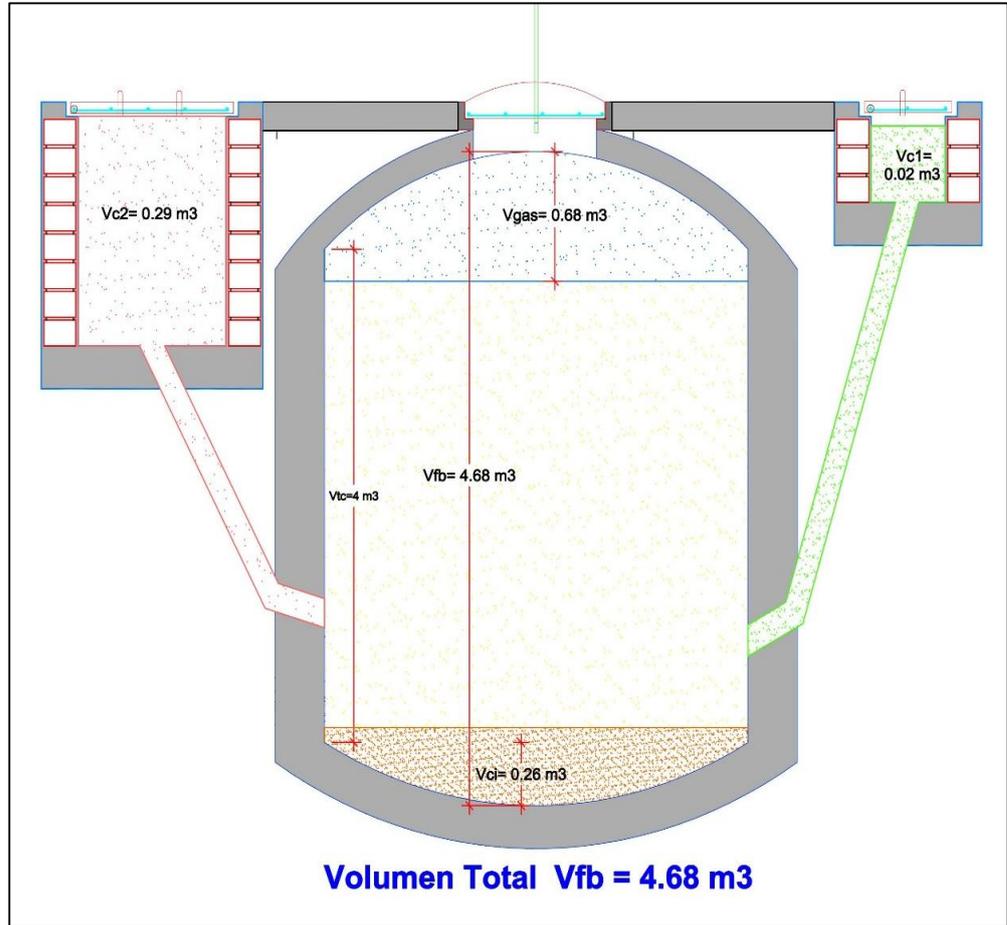
Promedio de vida útil del biodigestor

MATERIAL	VIDA UTIL %	ANOS PROMEDIOS	OBSERVACIONES
CEMENTO Y ACERO	70%	18-22	ESTO DEPENDE DE LA PROPORCION Y MATERIALES UTILIZADOS
GEOMENBRANA	20%	02- 06	DEPENDE SI EL BIODIGESTOR ESTE EXPUESTO AL SOL Y EXISTE ALGO QUE LO CUBRA
LADRILLO Y CEMENTO	60%	17 - 21	DEPENDE DEL MATERIAL UTILIZADO

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Biodigestor modelo chino de concreto armado (seleccionado)



Fuente: Elaboración propia

3.8.7. Resultados del simulador (biodigestor modelo chino de concreto armado))

Tabla 21

Parámetros utilizados para la producción

C.MATERIA	TEMPERATURA	TIPO DE MATERIA	TIEMPO DE RENCION
4.000 KG	8°C - 20°C	0.05 m3	62 DIAS

Fuente: Elaboración propia

PROMEDIO DE PRODUCCION	OBSERVACIONES
1.57 - 1.87 m3 de biogás	LA PRODCUCCION DEPENDE DEL TIPO DE MATERIAL UTILIZADO O ENZIMA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Calidad promedia del biogás de producción

METANO	45 - 68%
DIOXIDO DE CARBONO	22 - 42%
HIDROGENO	0.5 - 8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Promedio de vida útil del biodigestor

MATERIAL	VIDA UTIL %	AÑOS PROMEDIOS	OBSERVACIONES
CEMENTO Y ACERO	70%	18-22	ESTO DEPENDE DE LA PROPORCION Y MATERIALES UTILIZADOS
GEOMENBRANA	20%	02- 06	DEPENDE SI EL BIODIGESTOR ESTE EXPUESTO AL SOL Y EXISTE ALGO QUE LO CUBRA
LADRILLO Y CEMENTO	60%	17 - 21	DEPENDE DEL MATERIAL UTILIZADO

Fuente: Elaboración propia

Mediante este software se determina la producción promedia del biogás que se desea obtener a partir de diferentes parámetros y la calidad obtenida en porcentajes promedios de esta manera se puede comprobar que el biodigestor de domo fijo chino de concreto armado es viable.

3.9. Dimensionamiento del biodigestor

Para el dimensionamiento del biodigestor domo fijo o CHINO se utilizaron las siguientes fórmulas matemáticas que fueron tomadas de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011.

3.9.1. Cantidad de energía requerida por la vivienda

Para la determinación de la cantidad de consumo diario de biogás requerido para la vivienda unifamiliar con un número de 8 personas se tendrá ciertos criterios.

La vivienda unifamiliar consume mensualmente en promedio de 2 balones de gas de GLP de 10 kg y 75 kwh de electricidad mensualmente.

Procederemos a calcular utilizando la tabla 24.

Tabla 24

Equivalencias de 1 m³ de biogas con otros combustibles

Carbón Vegetal	0.8 kg.
Leña	1.5 kg.
Diésel	0.55 kg.
Gasolina	0.61 Lt.
GLP	0.45 kg.
KWH Efic= 20%	1.2
Alcohol Carburante	0.81 Lt
Carbón Mineral	0.74 kg.

Fuente: Manual Técnico de construcción y operación de Biodigestores Modelo Chino.

Al realizar una regla de tres simple se puede obtener la equivalencia con otros combustibles.

Donde:

- **Para los balones de gas de GLP.**

Tenemos en cuenta 2 balones de Gas de GLP de 10 kg/mes

$$0.45 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ m}^3$$

$$20 \text{ kg} \rightarrow X1$$

Regla de tres simple para un mes

$$X1 = \frac{20\text{kg} \cdot \text{m}^3}{0.45\text{kg}} = 44.4 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Consumo diario

$$X1 = \frac{44.40 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}}{30 \text{ dias}} = 1.50 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

- **Para la electricidad consumida.**

Tenemos en cuenta el consumo de 75 Kwh/mes.

$$1.2 \text{ kwh} \rightarrow 1 \text{ m}^3$$

$$75 \text{ kwh} \rightarrow X2$$

Regla de tres simple para un mes

$$X2 = \frac{75 \text{ kwh. m}^3}{1.2 \text{ kwh}} = 62.50 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Consumo diario

$$X2 = \frac{62.50 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}}{30 \text{ dias}} = 2.10 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Entonces:

$$CT = X1 + X2$$

$$CT = 1.50 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} + 2.10 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

$$CT = 3.60 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Los 3.60 m³ Biogás/diario significa la cantidad total de la vivienda, unifamiliar necesaria para poder suplir un 100% de consumo diario de la energía entre el GLP y electricidad, pero por disponibilidad de la materia prima se cuenta con 700 cabezas de cuyes.

El biodigestor fue diseñado para producir 2 m³ de Biogás/diario (60 m³/mensual), este representa un 56% del consumo en total de energía.

$$CT = 2.00 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Donde:

CT: Cantidad total de energía requerida en la vivienda (m³/día)

3.9.2. Cálculos de la cantidad de estiércol requerido

La cantidad de excretas de cuy (estiércol) requerido representa el material prima estiércol de cuy que será cargado al biodigestor a diario, para nuestro caso se tiene resaltado en la tabla 25.

Tabla 25

Rendimiento del biogas en función de la excreta

ESPECIE ANIMAL	RENDIMIENTO DE BIOGAS (m ³ /kg de excreta)
Vacuno	0.04
Búfalo	0.04
Cerdo	0.07
Avícola	0.06
Ovino, conejo, cuy	0.05
Pato	0.05
Paloma	0.05
Caballo	0.04
Camello	0.03
Elefante	0.02
Humano	0.07

Fuente: (Francisco Javier Luis Rodríguez., 2010) Puesta en marcha de un Laboratorio para la producción de Biogás en Nicaragua.

Entonces:

$$Ced = \frac{CT}{Factor\ tabla}$$

$$Ced = \frac{2.00 \frac{m^3}{dia}}{0.05 \frac{m^3}{kg}}$$

$$Ced = 40 \frac{kg}{dia}$$

Donde:

Ced: Cantidad diaria de desechos orgánicos (kg/día).

CT: Cantidad de energía requerida.

3.9.3. Cálculo de la carga diario para el biodigestor

El cálculo para la carga diaria representa el volumen de la mezcla y materia orgánica que diariamente debe de ingresar al biogestor para producir la cantidad de biogás necesaria, para su cálculo se tomará en cuenta la relación de cantidad de agua por kilogramo de estiércol que se determinó según la tabla 26.

Tabla 26

Proporción para la mezcla

MATERIAL PRIMA	MEZCLA
Estiércol de Cuy	1 Kg + 3 Litros de Agua

Fuente: (Moreno, 2009) El Biodigestor de Casa Blanca, Lima-Perú

Entonces:

$$C_d = C_{ed} + 3 (C_{ed})$$

$$C_d = 40 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} + 3 \left(40 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}\right)$$

$$C_d = 40 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} + 3 \left(40 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}\right)$$

$$C_d = 160 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

Convertimos a m³/día

$$C_d = 160 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Kg}}$$

$$C_d = 0.16 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Donde:

C_d = volumen de la carga diaria (m³/día)

C_{ed} = Cantidad diaria de desechos orgánicos (kg/día)

3.9.4. Cálculo de la caja de entrada del biodigestor

La caja por donde ingresa las excretas del Biodigestor seleccionado fue de figura geométrica cuadrada ya que es más adaptable para recibir la descarga de la mezcla homogénea de estiércol y agua, adicionada diariamente al biodigestor, por lo que, se dimensiono en base a la carga diaria (**Cd**), las dimensiones se calcularan para las medidas interiores.

Entonces:

$$Lc \times Ac \times hc = \sqrt[3]{Cd} \times \frac{1}{2}$$

$$Lc \times Ac \times hc = \sqrt[3]{0.16 \frac{m^3}{dia}} \times \frac{1}{2}$$

$$Lc \times Ac \times hc = 0.27 \text{ m}$$

Como resultado del largo, ancho y alto es:

$$Lc \times Ac \times hc = 0.27 \text{ m} \times 0.27 \text{ m} \times 0.27 \text{ m}$$

Se procederá a calcular con las siguientes dimensiones de Largo, Ancho, Alto:

$$Lc \times Ac \times hc = 0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$$

Obteniendo un volumen:

$$Vc1 = 0.03 \text{ m}^3$$

Donde:

Lc: Longitud de largo de la caja (m)
Ac: Longitud de ancho de la caja (m)
hc: Longitud de altura de la caja (m)
Vc1: Volumen de la caja de entrada (m ³)
Cd: Volumen de la carga diaria (m ³ /día)

3.9.5. Cálculo del volumen del tanque del biodigestor

El volumen del tanque representa la cantidad de agua y material. Se calculará multiplicando el volumen de la carga diaria que ingresa al biodigestor por el número de días de retención que deberán transcurrir hasta el comienzo de la producción de biogás, se procederá a calcular utilizando la tabla 27.

Tabla 27

Tiempo de retención según temperatura

REGION CARACTERISTICA	TEMPERATURA °C	Tiempo de retención (Días)
Trópico	30	15
Valle	20	25
Altiplano	10	60

Fuente: Martí Jaime, Guía de diseño y manual de instalación de Biodigestores, 2008

Entonces:

$$VT = Cdxk$$

$$VT = 0.16 \frac{m^3}{dia} \times 25 \text{ dias}$$

$$VT = 4.00 m^3$$

Donde:

VT: Volumen del tanque del biodigestor (m ³)
Cd: Volumen de la carga diaria (m ³ /día)
K: Factor de tiempo de retención (días)

3.9.6. Cálculo del diámetro del biodigestor

Conociendo su volumen del tanque del biodigestor y teniendo en cuenta, que se trata de un biodigestor de forma cilíndrica, vertical de diámetro (\varnothing) igual a su profundidad vertical (H) donde tenemos:

Entonces:

$$\varnothing = H$$

$$VT = A \times H$$

$$VT = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4} \times H$$

Despejamos \varnothing y reemplazamos H por \varnothing :

$$\varnothing = \sqrt[3]{\frac{VT \times 4}{\pi}}$$

$$\varnothing = \sqrt[3]{\frac{4 \text{ m}^3 \times 4}{3.1416}}$$

$$\varnothing = 1.72 \text{ m}$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Lara e Hidalgo (2011).

Donde:

\varnothing : Diámetro Interior del Digestor (m)
H: Altura Interior del Digestor (m)
A: Área del Círculo (m ²)
VT: Volumen del Tanque del Biodigestor (m ³)

3.9.7. Cálculo del radio del biodigestor

Se calculará el radio interior del digestor.

Entonces:

$$r = \frac{\varnothing}{2}$$

$$r = \frac{1.72 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0.86 \text{ m}$$

Donde:

r: Radio Interior de Digestor (m)
\varnothing : Diámetro Interior de Digestor (m)

3.9.8. Cálculo de la altura del tanque de biodigestor

Se debe tener en cuenta que su diámetro (\varnothing) es igual a la profundidad vertical (H), y se procedió a calcular la altura del Biodigestor.

Entonces:

$$VT = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4} \times H$$

Despejamos H tenemos:

$$H = \frac{VT \times 4}{\pi \times \varnothing^2}$$

$$H = \frac{4\text{m}^3 \times 4}{3.1416 \times (1.72 \text{ m})^2}$$

$$H = 1.72 \text{ m}$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011.

Donde:

H: Altura interior del Digestor (m)
VT: Volumen del tanque del Biodigestor (m ³)
Ø: Diámetro Interior del Digestor (m)

3.9.9. Cálculo de la altura de la cúpula superior

Se realizará los cálculos de la altura de la cúpula superior ó cúpula arriba del digestor teniendo en cuenta el (Ø), procederemos a realizar el cálculo utilizando fórmulas

Entonces:

$$hs = \frac{1}{5} \times \varnothing$$

$$hs = \frac{1}{5} \times 1.72 \text{ m}$$

$$hs = 0.34 \text{ m}$$

Donde:

hs: Altura de la cúpula superior (m)
Ø: Diámetro Interior del digestor (m)

3.9.10. Cálculo del radio de la cúpula superior

Se realizará el cálculo del radio de la cúpula superior del Biodigestor teniendo en cuenta el radio y la altura de la cúpula, procederemos a realizar los cálculos.

Entonces:

$$rs = \frac{r^2 + hs^2}{2 \times hs}$$

$$rs = \frac{(0.86\text{m})^2 + (0.34\text{m})^2}{2 \times (0.34 \text{ m})}$$

$$rs = 1.26 \text{ m}$$

Fuente: Esta Fórmulas ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo 2011.

Donde:

rs: radio de la cúpula superior (m)
r: radio interior del digestor (m)
hs: Altura de la cúpula superior

3.9.11. Cálculo del volumen de la cúpula superior

Conociendo la altura y el radio de la cúpula superior del Biodigestor, procederemos a realizar el cálculo del volumen de la cúpula superior.

Entonces:

$$V_{cs} = \pi \times hs^2 \times \left(rs - \frac{hs}{3} \right)$$

$$V_{cs} = 3.1416 \times (0.34 \text{ m})^2 \times \left(1.26 \text{ m} - \frac{0.34 \text{ m}}{3} \right)$$

$$V_{cs} = 0.42 \text{ m}^3$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011

Donde:

Vcs: Volumen total de la cúpula superior (m ³)
hs: Altura de la cúpula superior (m)
rs: Radio de la cúpula superior (m)
a: 3 Constante

3.9.12. Cálculo de la altura de la cúpula inferior

Se realizará los cálculos de la altura interior de la cúpula inferior o cúpula abajo del digestor teniendo en cuenta el (\emptyset), procederemos a realizar el cálculo.

Entonces:

$$h_i = \frac{1}{8} \times \emptyset$$

$$h_i = \frac{1}{8} \times 1.72 \text{ m}$$

$$h_i = 0.22 \text{ m}$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011

Donde:

hi= Altura de la cúpula inferior (m)
\emptyset = Diámetro Inferior del Biodigestor (m)

3.9.13. Cálculo de la radio de la cúpula inferior

Se realizará el cálculo del radio interior de la cúpula inferior del digestor, teniendo en cuenta el radio y la altura de la cúpula inferior, procederemos a realizar los cálculos.

Entonces:

$$r_i = \frac{r^2 + h_i^2}{2 \times h_i}$$
$$r_i = \frac{(0.86\text{m})^2 + (0.22\text{m})^2}{2 \times (0.22 \text{ m})}$$
$$r_i = 1.79 \text{ m}$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011

Donde:

ri: radio de la cúpula inferior (m)
r: radio interior de digestor (m)
hi: Altura de la cúpula inferior (m)

3.9.14. Cálculo del volumen de la cúpula inferior

Conociendo la altura y el radio de la cúpula inferior del biodigestor, procederemos a realizar el cálculo del volumen de la cúpula inferior.

Entonces:

$$V_{ci} = \pi \times h_i^2 \times \left(r_i - \frac{h_i}{3} \right)$$
$$V_{ci} = 3.1416 \times (0.22 \text{ m})^2 \times \left(1.79 \text{ m} - \frac{0.22 \text{ m}}{3} \right)$$
$$V_{ci} = 0.26 \text{ m}^3$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011.

Donde:

Vci: Volumen total de la cúpula inferior (m ³).
hi: Altura de la Cúpula Inferior (m).
ri: Radio de la cúpula inferior (m).
a: 3 Constante.

3.9.15. Cálculo del volumen total del cilindro

Para poder calcular del volumen total del cilindro se cuenta la volumétrica del biodigestor sin contar las cúpulas.

Entonces

$$V_{tc} = \pi \times r^2 \times H$$

$$V_{tc} = 3.1416 \times (0.86 \text{ m})^2 \times 1.72 \text{ m}$$

$$V_{tc} = 4.00 \text{ m}^3$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011.

Donde:

Vtc: Volumen total del cilindro (m ³)
r: Radio interior del digestor (m)
H: Altura interior del digestor (m)

3.9.16. Cálculo de la altura final del biodigestor

En este campo se calculara la altura total comprendido desde la superficie de la cúpula superior hasta la base de la cúpula inferior.

Entonces

$$HT = H + E_p + E_t + h_s + h_i$$

$$HT = 1.72\text{m} + 0.15\text{m} + 0.10\text{m} + 0.34\text{m} + 0.22\text{m}$$

$$HT = 2.53 \text{ m}$$

Fuente: Esta Fórmula ha sido tomada de la tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011.

Donde:

HT: Altura total de Biodigestor (m).
H: Altura inferior del digestor (m).
Ep: Altura del espesor del piso (m).
Et: Altura del espesor del techo (m).
hs: Altura de la cúpula superior (m).
hi: Altura de la cúpula inferior (m).

3.9.17. Cálculo del volumen final del biodigestor

Es el volumen total del biodigestor.

Entonces

$$V_{fb} = V_{cs} + V_{ci} + V_{tc}$$

$$V_{fb} = 0.42 \text{ m}^3 + 0.26 \text{ m}^3 + 4.00 \text{ m}^3$$

$$V_{fb} = 4.68 \text{ m}^3$$

Donde:

Vfb: volumen final del biodigestor (m ³).
Vcs: volumen total de la cúpula superior (m ³).
Vci: volumen total de la cúpula inferior (m ³).
Vtc: volumen total del cilindro (m ³).

3.9.18. Cálculo del volumen del gas almacenado

Se calculará el volumen de almacenamiento del biogás en la parte de la cúpula superior del biodigestor.

Entonces:

$$V_{\text{gas}} = V_{\text{fb}} - V_{\text{tc}}$$

$$V_{\text{gas}} = 4.68 \text{ m}^3 - 4.00 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{gas}} = 0.68 \text{ m}^3$$

Donde:

V_{gas} : volumen de gas almacenado (m^3)
V_{tc} : Volumen total del cilindro (m^3)
V_{fb} : volumen final del biodigestor (m^3).

3.9.19. Cálculo de la caja de salida del biodigestor

La caja de salida fue calculada para el Biodigestor modelo domo fijo o "chino" donde nos da su forma geométrica cuadrada, por lo tanto, se dimensiono en base a la carga diaria (**Cd**).

Las dimensiones se calcularán para las medidas interiores.

Entonces:

$$L_{\text{cs}} \times A_{\text{cs}} \times h_{\text{cs}} = \sqrt[3]{Cd}$$

$$L_{\text{cs}} \times A_{\text{cs}} \times h_{\text{cs}} = \sqrt[3]{0.16 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}}$$

$$L_{\text{cs}} \times A_{\text{cs}} \times h_{\text{cs}} = 0.54 \text{ m}$$

Como resultado del largo, ancho y alto es:

$$L_{\text{cs}} \times A_{\text{cs}} \times h_{\text{cs}} = 0.54 \text{ m} \times 0.54 \text{ m} \times 0.54 \text{ m}$$

Se procederá a calcular con las siguientes dimensiones de Largo, Ancho, Alto:

$$Lcs \times Acs \times hcs = 0.60 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}$$

Obteniendo un volumen:

$$Vc2 = 0.29 \text{ m}^3$$

Donde:

Lcs: Longitud de largo de la caja de salida (m)
Acs: Longitud de Ancho de la caja de salida (m)
hcs: Longitud de altura de la caja de salida (m)
Vc2: Volumen de la caja de salida (m ³)
Cd: Volumen de la carga diaria (m ³ /día)

3.9.20. Cálculo de la altura de las tuberías en el biodigestor

La altura de las tuberías del biodigestor, se calcularán multiplicando la cantidad diaria de desechos orgánica por el tiempo de retención según temperatura.

Las dimensiones se calcularán para las medidas interiores.

Entonces:

$$EF = Ced \times k$$

$$EF = 40 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times 25 \text{ dias}$$

$$EF = 750 \text{ kg}$$

Tenemos al mes 750 kg de estiércol fresco, según su tesis de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011 nos da a conocer que por cada kilogramo de estiércol fresco un 16% son sólidos totales obteniendo en un mes donde:

$$V_{st} = \frac{EF \times 16\%}{100\%}$$

$$V_{st} = \frac{750 \times 16\%}{100\%}$$

$$V_{st} = 120 \text{ kg}$$

Convertimos el volumen de sólidos totales de kg am^3 , el diámetro de la tubería se colocará de acuerdo al RNE, NTE IS 010 tanques sépticos

$$V_{st} = 120 \text{ kg} = 120 \text{ litros}$$

$$V_{st} = 120 \text{ lt} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}}$$

$$V_{st} = 0.12 \text{ m}^3$$

Donde:

$$V_{st} = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4} \times H_{tub1}$$

Despejamos H_{tub1}

$$H_{tub1} = \frac{V_{st} \times 4}{\pi \times \varnothing^2}$$

$$H_{tub1} = \frac{0.12 \text{ m}^3 \times 4}{3.1416 \times (1.72 \text{ m})^2}$$

$$H_{tub1} = 0.05 \text{ m}$$

Proponemos la limpieza del Biodigestor cada 7 meses.

Donde primer mes

$$ST = V_{st} - V_{ci}$$

$$ST = 0.12 \text{ m}^3 - 0.26 \text{ m}^3$$

$$ST = -0.14 \text{ m}^3$$

Calcularemos para el primer mes

$$H_{tub2} = \frac{ST \times 4}{\pi \times \varnothing^2}$$

$$H_{tub2} = \frac{-0.14 \text{ m}^3 \times 4}{3.1416 \times (1.72 \text{ m})^2}$$

$$H_{tub2} = -0.06 \text{ m}$$

Calcularemos para los 7 meses

$$H_{tub} = H_{tub2} + (H_{tub1} \times 7 \text{ meses})$$

$$H_{tub} = -0.06 \text{ m} + (0.05 \text{ m} \times 7 \text{ meses})$$

$$H_{tub} = -0.06 \text{ m} + (0.05 \text{ m} \times 7 \text{ meses})$$

$$H_{tub} = 0.29 \text{ m}$$

Redondeando:

Teniendo la altura de entrada de la tubería, desde la base del Biodigestor en 0.30 m y tomamos en cuenta la limpieza dentro de 7 meses como máximo, la tubería de salida tendrá un flujo de 0.40 m.

Donde:

EF: Estiércol fresco introducido a diario (kg).
K: Factor de tiempo de retención (días)
Ced: Cantidad diario de desechos orgánicos (kg/día).
Vst: Volumen de salidas totales (m ³).
Ø: Diámetro interior del digestor (m).
Htub1: Altura de la tubería propuesto uno (m).
Htub2: Altura de la tubería propuesto dos (m).
ST: Sólidos Totales (m ³).
Htub: Altura de la tubería de entrada (m).

3.9.21. Tuberías que conducirá el biogás

Para proceder a la extracción del biogás se utilizó una tubería PVC calibre 10 de ½ pulgadas con longitud de 1.00 m. para la conducción del biogás (Planos Anexos).

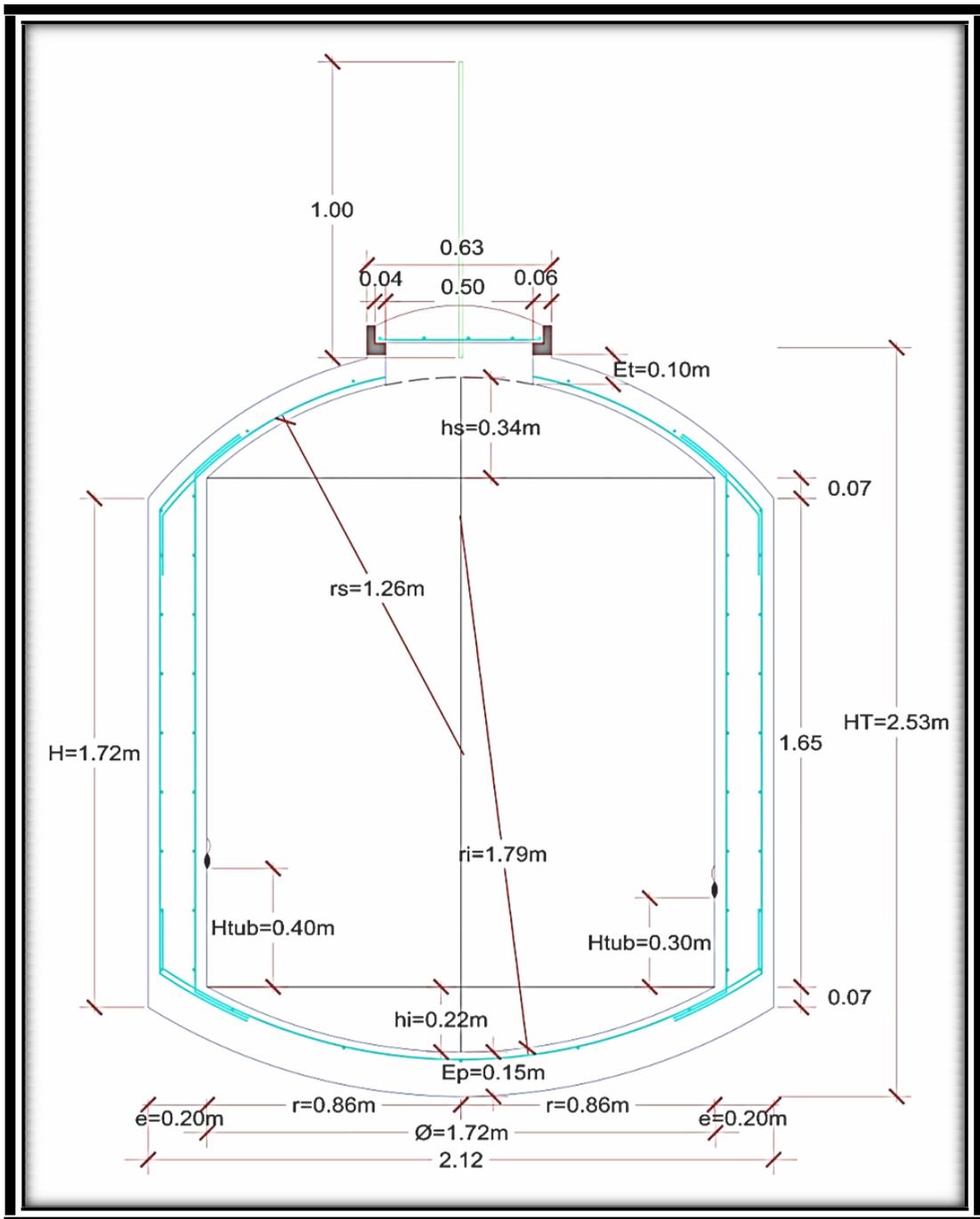
3.9.22. Tapa del biodigestor

La tapa del Biodigestor tendrá un diámetro de 0.50 cm. Como mínimo y será de concreto armado (Planos Anexos).

Finalmente, en la figura 7 y 8 se presentan la disposición final de las dimensiones y volumen del biodigestor dimensionado.

Figura 13

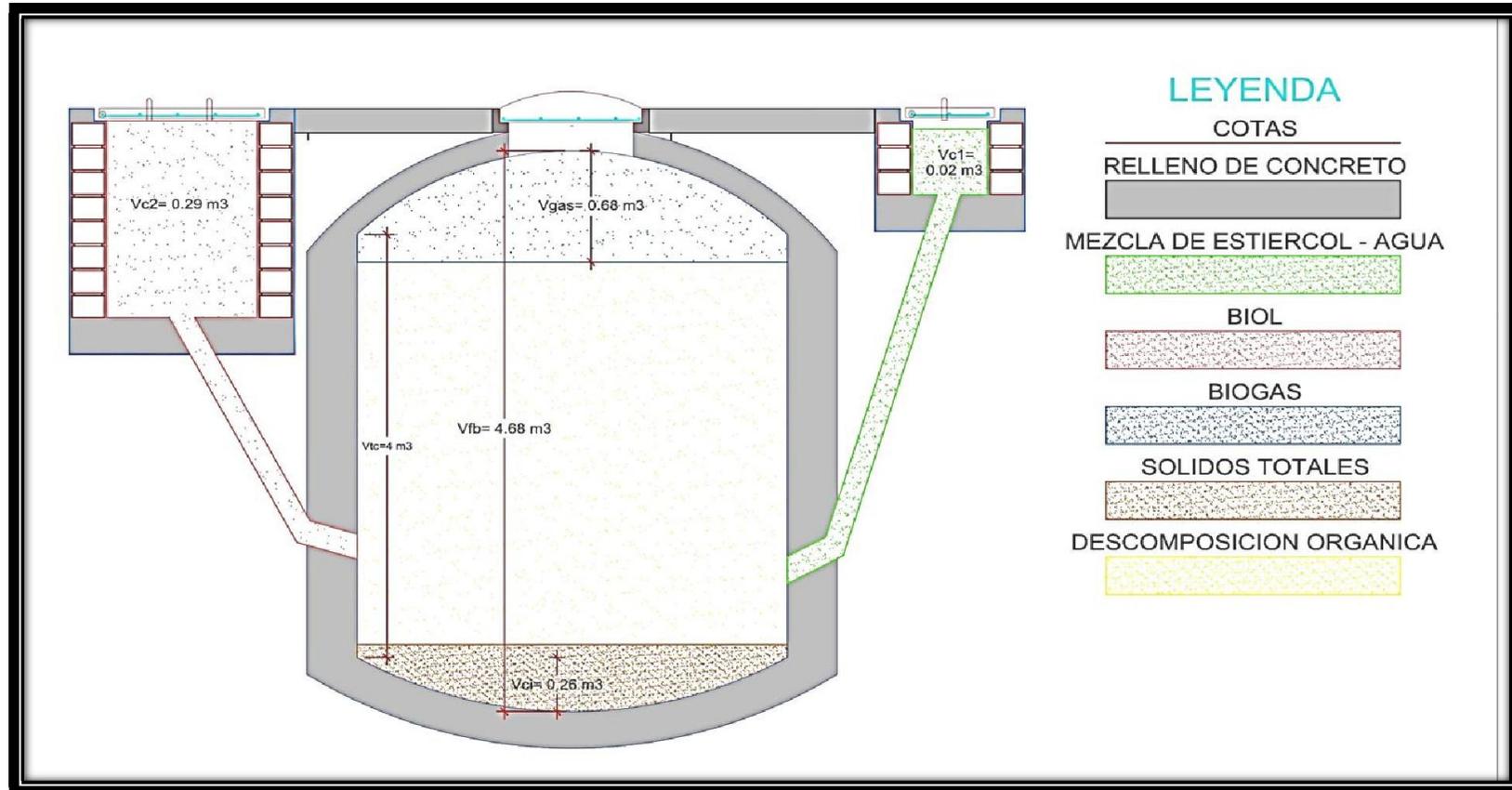
Dimensiones del biodigestor



Fuente: Elaboración propia

Figura 14

Volumen del biodigestor



Fuente: Elaboración propia

3.10. Diseño estructural del biodigestor

En esta parte de la tesis, los elementos estructurales del biodigestor fueron proyectados como una losa sólida en el proyecto cortando y doblando un haz de sección rectangular de 1 m. en ambas direcciones de análisis. El Biodigestor tiene 2.12m de diámetro y profundidad de 2.53m que fue construido para una casa unifamiliar.

3.10.1. Cargas de diseño.

Utilizamos cargas de gravedad en el diseño estructural del biodigestor donde se cumplen con lo especificado en la normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):

Tabla 28

Cargas de diseño

Norma	Siglas
Norma Técnica de Edificación E.020: "Cargas"	NTE E.020

A continuación, mostramos los conceptos de las cargas a ser utilizadas en el análisis y diseño del biodigestor.

Carga Muerta (CM).

Es la carga de gravedad constante que funciona durante la vida útil de la estructura, como: el peso del edificio en sí.

Carga Viva (CV).

Carga gravitacional de carácter móvil que podría actuar esporádicamente en la estructura. Estas demandas incluyen el peso de sus ocupantes, equipos removibles agua, y otros elementos móviles aguantados por el biodigestor. La carga se distribuye uniformemente como se indica en el NTE E.020.

Carga de Sismo (CS).

La carga dinámica se produce cuando las ondas sísmicas causan aceleraciones en la estructura. Esta conjunción crea fuerzas de inercia que varían durante el terremoto. “.

3.10.2. Método de diseño.

El método utilizado fue el “método de resistencia”, también denominado “método de diseño de ráfaga” o “método de diseño de carga más reciente”. “Este método se caracteriza por la mejora de las cargas de actores o servicios en la estructura y por el estudio de las condiciones del elemento cuando se proyecta en su paso final, que es el momento en que comienza el error”.

$$U = 1.4 MD + 1.7 ML$$

En el caso donde se presente que el elemento estructural que soporta el empuje lateral del terreno, la resistencia necesaria será de al menos:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.7 CE$$

El caso donde se presenta la carga muerta y / o la carga viva reduzcan su efecto del empuje lateral, se utilizará lo siguiente:

$$U = 0.90 CM + 1.80 CE$$

Donde:

U: Resistencia requerida
CM: Carga muerta
CV: Carga viva
CE: Empuje lateral del terreno

3.10.3. Materiales empleados.

Materiales utilizados son los siguientes: acero de refuerzo y hormigón. Las características de cada uno de estos materiales se enumeran en las siguientes secciones.

Acero de refuerzo.

Se utilizaron varillas de acero corrugada clase 60. La siguiente tabla muestra dos características básicas del acero que se utilizará para el diseño de los elementos.

Tabla 29

Acero refuerzo

Propiedad	Valor
Esfuerzo de Fluencia	$f_y = 4200 \text{ Kg /cm}^2$
Módulo de Elasticidad	$E = 2\,000\,000 \text{ Kg /cm}^2$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E060

Concreto

El concreto tiene buena resistencia a la compresión, pero tiene mucha resistencia a la tracción que es complementada por el acero de refuerzo. El gráfico siguiente muestra algunas propiedades concretas.

Tabla 30

Concreto

Propiedad	V
Resistencia específica a la compresión	$f'_c = 210 \text{ Kg /cm}^2$
Módulo de Poisson	$\mu = 0.15$
Módulo de Elasticidad	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} = 210000 \text{ kg /cm}^2$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E060

3.10.4. Normas empleadas.

Consideración se ha dado a las normas contenidas en el National Building Regulations (RNE). Las normas utilizadas fueron las siguientes:

Tabla 31

Normas empleadas

Norma	Siglas
Norma Técnica de Edificación IS.010 'Instalaciones sanitarias'	NTE.IS.010
Norma Técnica de Edificación IS.020 'Tanques Sépticos'	NTE.IS.020
Norma Técnica de Edificación E-020: 'Cargas'	NTE E.020
Norma Técnica de Edificación E-050: 'Suelos y Cimentaciones'	NTE E.050
Norma Técnica de Edificación E-060: 'Concreto Armado'	NTE E.060

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E060

3.10.5. Metrado de cargas

En este capítulo, las cargas verticales a las que se somete la estructura del proyecto serán cuantificadas, considerando las cargas muertas como el peso de las estructuras (losas, acabados, etc.) y como cargas vivas, a las producidas por las sobrecargas.

3.10.6. Cargas unitarias

Los materiales que serán utilizados para la construcción del Biodigestor, así como sus respectivos pesos específicos; son los siguientes:

- La densidad del concreto: 2400 kg/m^3
- Densidad del agua: 1000 kg/m^3
- Acabados: 100 kg/m^2 |
- Sobrecargas: 200 kg/m^2

3.10.7. Consideración para el diseño del biodigestor.

El diseño de paredes de concreto con agua + mezcla debe ser hecho con algunas consideraciones especiales que apuntan a la disminución de las grietas en el concreto.

La principal recomendación es:

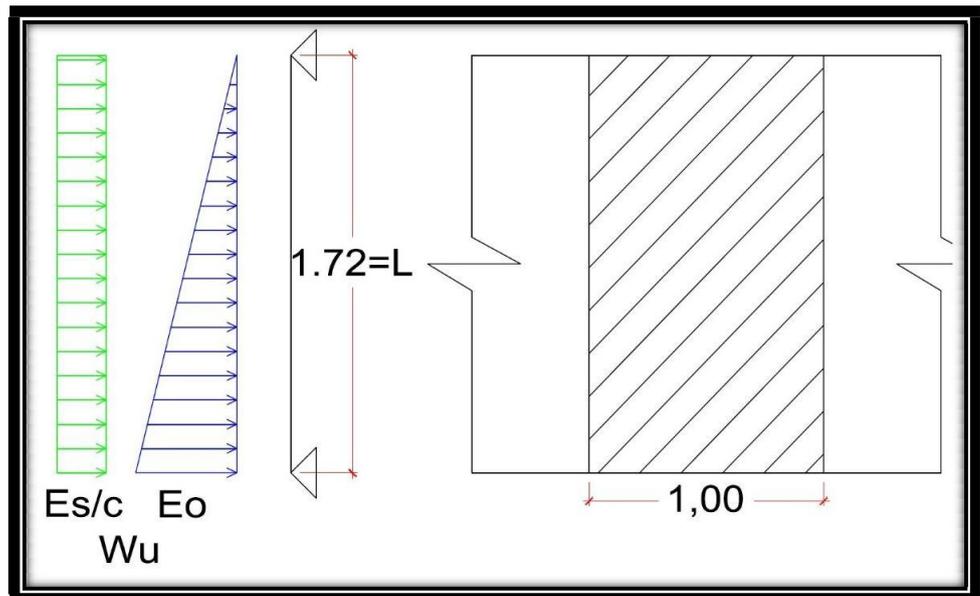
Si es proyectado por el último método de carga, un factor de amplificación de 1,3 debe ser considerado

3.10.8. Diseño del muro del biodigestor.

A. Modelo estructural y fuerzas de diseño.

Figura 15

Modelo estructural de las fuerzas



Fuente: Elaboración Propia

Para llevar a cabo el análisis estructural, modelaremos la pared como una placa vertical de 1 m de ancho, simplemente apoyada en los extremos (cúpula superior e inferior), una vez que la luz es la que trabaja principalmente doblando, y luego presentamos el modelo estructural y el cálculo de los datos necesarios para obtener la última carga

aplicada al muro de retención del biodigestor “.

Donde:

Según el dimensionamiento de muros de contención por el método de Rankine nos dice que $T1 \geq 0.20$ m

Según propuesta planteada para el espesor del muro tenemos:

$e = 0.20$ m (Espesor de la pared).

$L = 1.72$ m (Luz Libre vertical del muro).

B. Presión lateral de tierras:

Para calcular la presión lateral de la tierra se consideró que el suelo tiene un ángulo de fricción interna es $\phi = 30^\circ$ para suelos grava limoso.

C. Calculo coeficiente del empuje activo del terreno (Ka)

Para el cálculo del coeficiente del empuje activo usaremos la Teoría de Rankine, considerando que sobre la estructura no se tiene un talud inclinado.

Entonces:

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

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{28^\circ}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{28^\circ}{2} \right)$$

$$K_a = 0.36$$

Donde:

Ka: coeficiente del empuje activo del terreno.

D. Calculo del coeficiente del empuje del suelo en reposo (Ko)

Para el cálculo del coeficiente del empuje del suelo en reposo (Ko) se tendrá como lineamiento Manual de Diseño NAV –

FAC.

Entonces

$$K_o = 0.65 \times K_a$$

$$K_o = 0.65 \times 0.33$$

$$K_o = 0.22$$

Donde:

Ko: Coeficiente del empuje del suelo en reposo

E. Calculo empuje del suelo en reposo (Eo)

Para los cálculos de empuje del suelo en reposo se tuvo los criterios del Manual de Diseño NAV – FAC.

Para los cálculos de las presiones ejercidas por la tierra a lo largo del muro se detalla lo siguiente:

Entonces

$$E_o = K_o \times \gamma \times L$$

$$E_o = 0.22 \times 2.2 \text{ ton m}^3 \times 1.72 \text{ m}$$

$$E_o = 0.83 \text{ ton m}^2 \quad E_o = 0.83 \text{ ton}$$

Donde:

Eo: Empuje del suelo en reposo.

F. Calculo del empuje de la sobrecarga (Es/C)

Se consideró s/c 0.20 ton/m² (sobrecarga según Norma E-050 viviendas - personas)

Entonces

$$E_s/c = K_o \times s/c$$

$$E_s/c = 0.22 \times 0.20 \text{ ton m}^2$$

$$E_s/c = 0.04 \text{ ton m}^2$$

Donde:

Es/c: Empuje de la sobrecarga.

G. Calculo De La Carga Última (Wu)

Para un metro de ancho del biodigestor tenemos la carga última amplificada:

Entonces:

$$W_u = 1.30 \times (1.4 \times E_o + 1.7 \times E_s/c)$$

$$W_u = 1.30 \times (1.4 \times 0.83 \text{ ton m}^2 + 1.7 \times 0.04 \text{ ton}) \text{ m}^2$$

$$W_u = 1.30 \times (1.4 \times 0.83 \text{ ton m}^2 + 1.7 \times 0.04 \text{ ton})$$

Donde:

Wu: Empuje de la sobrecarga.

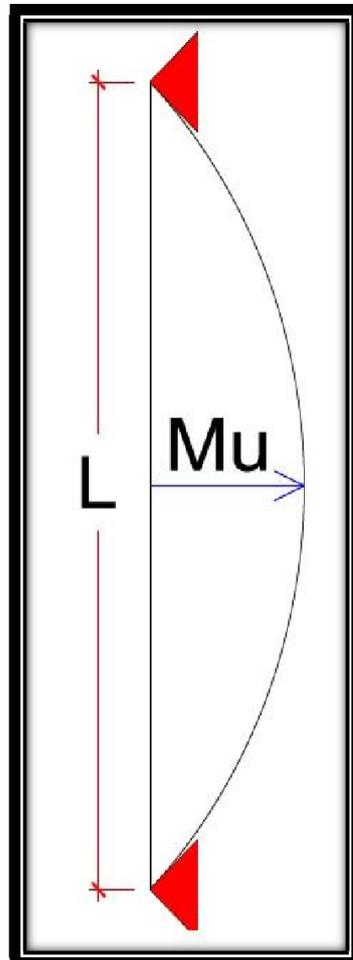
De acuerdo con la estructura de diseño ACI-350, el último momento (Mu) se ha determinado que, para las estructuras de almacenamiento para agua, reforzando las últimas cargas utilizando el factor de

1.30 para obtener una mayor cantidad de acero, menos esfuerzo en las varillas y, por lo tanto, tener un mayor control en la forma del ancho de la grieta en el hormigón.

El siguiente diagrama muestra el diagrama del momento de flexión de la placa vertical de 1 m.

Figura 16

Momento último



$$Mu = \frac{Wu \times L^2}{8}$$

Fuente: Elaboración Propia

Entonces:

$$Mu = 1.60 \text{ ton m}^2 \times (1.72\text{m})^2$$

$$Mu = 0.59 \text{ ton - m}$$

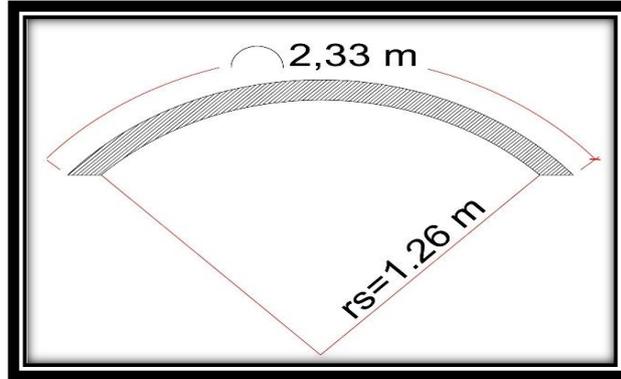
Donde:

3.10.9. Diseño de las cúpulas

Para este capítulo se diseñó la cúpula superior. La cúpula superior como inferior del biodigestor se diseñó como una losa que trabaja en las dos direcciones, ya que las dimensiones son la siguiente:

Figura 17

Dimensiones de la cúpula

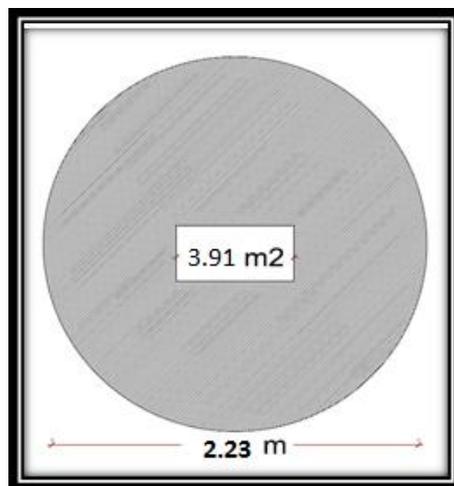


Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la cúpula inferior se tiene una longitud de arco de 2.23 metros se llevó a una losa plana con un área de 3.91 m².

Figura 18

Área de la cúpula



Fuente: Elaboración propia

A. Calculo del espesor de la losa de la cúpula inferior (Ei)

Considerando que la altura determinada con la siguiente expresión:

$$E_i = \frac{L}{24} = \frac{2.23 \text{ m}}{24} = 0.15 \text{ m}$$

Fuente: Elaboración Propia

3.10.10. Proceso constructivo del biodigestor

Las siguientes imágenes muestran las diferentes etapas de la construcción del biodigestor:

Figura 20

Limpieza del terreno Manual



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21

Trazo y replanteo del terreno



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22

Excavación Manual



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23

Caja de Salida con muros de albañilería para recolección del biol.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 24

Tarrajeo interior con mortero 1:5 E=1.5 cm usando aditivos para garantizar la impermeabilización de la estructura



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25

Acabados en cajas y biodigestor



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26

Instalación de las tuberías y Manómetro a Utilizar



Fuente: Elaboración Propia

La válvula de seguridad nos permite que el gas que no se ocupe o almacene, pueda escaparse al aire cuando la presión del digestor llega a un valor límite. Consta de un recipiente plástico de 2 litros de capacidad, que se llena de agua hasta un nivel que permita ejercer una presión de aproximadamente 10 cm de columna de agua.

3.10.11. Proceso de mezclado del estiércol

La figura 31 y 32 muestra el galpón de cuyes y estiércol de cuy seco respectivamente.

Figura 27

Galpón del cuy raza peruano, raza Andina



Fuente: Elaboración Propia

Se cuenta con un promedio de 700 cuyes, y un peso en promedio de 900 gr.

Figura 28

Materia Prima a cargar al biodigestor



Fuente: Elaboración Propia

Siendo el 10/08/17 se pesó las excretas de cuy y restos de alfalfa con ayuda de un balde y una balanza convencional, por cada kilo

de excretas de cuy se agregó 3 litros de agua, formando así una mezcla homogénea para poder verter al biodigestor, como se puede observar en las figuras 33 y 34.

Figura 29

Mezcla para fermentación 33



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30

Mezcla lista para poder verter al biodigestor



Fuente: Elaboración Propia

De manera inicial se vertió 4 m³ de la mezcla homogénea conformado por estiércol y agua al biodigestor también se agregó el tracto intestinal de vacuno para acelerar la descomposición y producción del biogás, posteriormente el día 21 inicio la producción de biogás se agregó 0.16 m³ de mezcla homogénea, dependiendo de la producción de biol se agregó cada 18-20 días, 0.16 m³ de mezcla homogénea.

3.11. Análisis y evaluación económica

La construcción del biodigestor no es considerada un gasto, sino una inversión que aportará grandes beneficios económicos y ambientales a la vivienda unifamiliar a medio y largo plazo.

La ventaja directa del uso de la tecnología de biodigestores puede calcularse a partir del uso de biogás como Fuente alternativa de energía renovable y en la aplicación de nutrientes que se suministran como fertilizantes y fertilizantes químicos en la agricultura.

El valor comercial del biogás como Fuente de energía se estimará en equivalente en valor energético a partir de un combustible fósil que se puede reemplazar por el uso de biogás que se usa generalmente para el GLP.

3.11.1. Análisis de costos

Para efecto de este capítulo el presupuesto el sistema de análisis de costos unitarios, se analizó con el SOFTWARE S10 y como lineamiento la norma de la cámara peruana de la construcción.

➤ Costos de mano de obra

Para la construcción del biodigestor están implicadas Maestro de Obra, Oficial y Peones con conocimientos en obras civiles.

➤ Costos materiales y equipos

Los precios de los materiales son uno de los factores determinantes en la aplicación de biodigestores y, por lo tanto, el proyecto se ha

hecho para optimizar el uso de materiales para evitar altos costos para los inversores del proyecto

Tabla 32

Presupuesto de costo del biodigestor

S10					Página 1
Presupuesto					
Presupuesto 0102004 BIODIGESTOR MODELO CHINO					
Subpresupuesto 001 BIODIGESTOR TESIS					
Cliente UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS					
Lugar JUNIN - CHUPACA - CHONGOS BAJO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				11.16
01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL.	m2	8.09	0.34	2.75
01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	8.09	1.04	8.41
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				402.63
02.01	EXCAVACION MANUAL	m3	10.27	17.17	176.34
02.02	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL	m3	4.70	1.24	5.83
02.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA (50 m)	m3	12.84	17.17	220.46
03	CONCRETO ARMADO				1740.70
03.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2	kg	101	5.08	513.08
03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	6.8	32.70	222.36
03.03	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	0.17	304.43	51.75
03.04	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	2.93	325.43	953.51
04	MUROS DE ALBAÑILERIA				470.29
04.01	MURO DE SOGA LADRILLO KING KONG ARTESANAL CON C:A E=15CM	m2	3.38	24.43	82.57
04.02	TARRAJEOS C/MORTERO 1:5 E = 1.5 CM	m2	20.9	12.35	258.12
04.03	TUBERIA DE 1/2 PVC SAP PRESION C-10	m	30	4.32	129.60
05	TUBERIA Y ACCESORIOS				209.42
05.01	CODO 1/2" PVC C-10	pza	6	3.41	20.46
05.02	TEE 1/2" PVC C-10	pza	2	3.61	7.22
05.03	VALVULA COMPUERTA DE 1/2"..	und	3	38.14	114.42
05.04	TUBERIA PVC SAL DE 4"	m	2	28.10	56.20
05.05	CODO PVC SAL 4"X45°	pza	2	5.56	11.12
	Costo Directo				2834.20
SON : DOS MIL OCHOCIENTOS TRENTICUATRO Y 20/100 NUEVOS SOLES					

Fuente: Elaboración Propia

3.11.2. Evaluación Económica

El beneficio directo del uso de la biodigestión puede ser estimados en base al uso del biogás, como una Fuente alternativa de la energía no renovable, y en el uso de Biol como fertilizante.

Su valor comercial del biogás se estimó de acuerdo al valor energético de un combustible fósil que puede ser reemplazado por el uso de biogás. Un combustible comúnmente utilizado en las zonas rurales es el diesel o también puede ser GLP.

PARA CUANTIFICAR EL AHORRO DE ENERGÍA, REALIZAMOS EL SIGUIENTE RAZONAMIENTO:

- Producción diaria de biogás: 2.00 m³
- Producción anual de biogás: 730 m³ (considerando que se producirá los 365 del año.)
- Energía substituida anual:

$$730 \text{ m}^3 \times \frac{0.45 \text{ Kg de GLP}}{1 \text{ m}^3 \text{ de Biogas}} \times \frac{1 \text{ Balones GLP}}{10 \text{ KG}} = 32.85 \text{ Balones de gas}$$

- Precio / balones de gas doméstico (2017): S/ 35.00
- Ahorro de energía:

$$32.85 \text{ balones GLP} \times \text{S}/35.00 = \text{S}/1,149.75$$

PARA CUANTIFICAR EL VALOR DEL BIOL, REALIZAMOS EL SIGUIENTE RAZONAMIENTO:

- Carga diaria para el Biodigestor: 160 L/día
- Producción diaria de Biol: 160 L/día x 5% = 8L/día
- Producción anual del Biol: 2920lt/año (considerando que se producirá los 365 del año). El precio por litro de Biol de acuerdo a a diferentes empresas que ya comercializan este producto es de S/ 0.60 - S/ 2.00 dos nuevos soles
- Producción anual del fertilizante:

$$0.60 \frac{\text{soles}}{\text{litros}} \times 2920 \frac{\text{lt}}{\text{año}} = 1752 \text{ soles anuales}$$

El beneficio económico total del biodigestor se estima durante un período de 20 años. Es muy importante destacar que se tomó en cuenta una tasa de depreciación anual del 5% en la ecuación de tasa de interés compuesta para encontrar el valor del futuro. El descuento es un método utilizado para evaluar proyectos cuyos costos y beneficios varían con el tiempo.

$$\mathbf{VF = VA (1 + i)^n}$$

Donde:

VF: Valor futuro
VA: Valor anual o inicial
n: Numero de anualidades o periodos
i: Descuento anual

Tabla 33

Beneficios económicos totales (S/.) derivados de la construcción de un biodigestor material noble con una producción de biogás de 2 m³/día

AÑOS	BENEFICIO DE AHORRO		COSTO DE INVERSION		beneficio
	Biogas	Biol	Costo de Proyecto	Mantenimiento Cada 7-12 Meses	
0	S/. 1,149.8	S/. 1,752.0	S/. 2,834.2	S/. 1,000.0	S/. -932.45
1	S/. 1,207.2	S/. 1,839.6	S/. -	S/. 1,050.0	S/. 1,996.84
2	S/. 1,267.6	S/. 1,931.6	S/. -	S/. 1,102.5	S/. 2,096.68
3	S/. 1,331.0	S/. 2,028.2	S/. -	S/. 1,157.6	S/. 2,201.51
4	S/. 1,397.5	S/. 2,129.6	S/. -	S/. 1,215.5	S/. 2,311.59
5	S/. 1,467.4	S/. 2,236.0	S/. -	S/. 1,276.3	S/. 2,427.17
6	S/. 1,540.8	S/. 2,347.8	S/. -	S/. 1,340.1	S/. 2,548.53
7	S/. 1,617.8	S/. 2,465.2	S/. -	S/. 1,407.1	S/. 2,675.95
8	S/. 1,698.7	S/. 2,588.5	S/. -	S/. 1,477.5	S/. 2,809.75
9	S/. 1,783.6	S/. 2,717.9	S/. -	S/. 1,551.3	S/. 2,950.24
10	S/. 1,872.8	S/. 2,853.8	S/. -	S/. 1,628.9	S/. 3,097.75
11	S/. 1,966.5	S/. 2,996.5	S/. -	S/. 1,710.3	S/. 3,252.64
12	S/. 2,064.8	S/. 3,146.3	S/. -	S/. 1,795.9	S/. 3,415.27
13	S/. 2,168.0	S/. 3,303.7	S/. -	S/. 1,885.6	S/. 3,586.03
14	S/. 2,276.4	S/. 3,468.8	S/. -	S/. 1,979.9	S/. 3,765.33
15	S/. 2,390.2	S/. 3,642.3	S/. -	S/. 2,078.9	S/. 3,953.60
16	S/. 2,509.8	S/. 3,824.4	S/. -	S/. 2,182.9	S/. 4,151.28
17	S/. 2,635.2	S/. 4,015.6	S/. -	S/. 2,292.0	S/. 4,358.85
18	S/. 2,767.0	S/. 4,216.4	S/. -	S/. 2,406.6	S/. 4,576.79
19	S/. 2,905.4	S/. 4,427.2	S/. -	S/. 2,527.0	S/. 4,805.63
20	S/. 3,050.6	S/. 4,648.6	S/. -	S/. 2,653.3	S/. 5,045.91

Fuente: Elaboración Propia

Con esta tabla, se evaluó el proyecto, mostrando los diferentes beneficios a lo largo de los años en cuanto a la tecnología de biodigestión y sugiriendo que se implementara como Fuente de combustible y biogás.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Producción diaria del biogás de un Biodigestor de Domo fijo o CHINO

La producción de biogás fue de 1.36 cm³ durante los 62 días, este resultado difiere del simulador que otorga un promedio para la misma temporalidad de entre 1.55cm³ y 1.86cm³.

El promedio diario fue de 0.032cm³, obtenidos mediante, la fermentación de excremento de cuy a partir de 21 días después de que comenzó la fermentación, confirmándose cuando el biogás fue liberado por medio del quemador de la cocina anteriormente preparado y adaptado, para esta prueba (Figura 31).

Figura 31 *Biogás obtenido a los 21 días de iniciado la fermentación*



Fuente: Elaboración Propia

Esta producción tuvo lugar de variable de T° interno en el biodigestor durante el comienzo hasta el final de la fermentación con una temperatura ambiente promedio de 20.36°C , (esto difiere de la simulación, ya que el promedio obtenido en simulación es de 14°C), y una desviación estándar de 0.035 con una presión máxima de 0526 PSI y un mínimo de 0384 PSI; De la misma forma, en un intervalo variable de presión manométrica en el digestor 21 días del inicio hasta el final de la fermentación, el digestor con una media de $0,33 \text{ mH}_2\text{O}$, como puede verse en la Tabla 34.

Tabla 34 Datos tomados cada 5 días, en agosto, septiembre y octubre del 2017.

DIA DE FERMENTACION	DIA DE PRODUCCION	T °C	PRESION (m de H2O)	PRESION PSI	ACUMULADO PRESION PSI
10/08/2017 -	-	17.80 -	-	-	-
29/08/2017	-	21.00	-	-	-
30/08/2017	1	17.40	0.29	0.413	0.413
04/09/2017	6	19.80	0.31	0.441	2.747
09/09/2017	11	21.40	0.34	0.484	5.010
14/09/2017	16	23.40	0.37	0.526	7.542
19/09/2017	21	21.80	0.35	0.498	9.861
24/09/2017	26	20.60	0.33	0.470	12.182
29/09/2017	31	19.80	0.30	0.427	14.416
04/10/2017	36	21.80	0.35	0.498	16.636
10/10/2017	42	20.80	0.31	0.441	19.467

Fuente: Elaboración Propia

La presión ejercida por el gas se midió con un manómetro que mide en metros de columna de agua (mH_2O)

Se inició con un nivel de agua de $0 mH_2O$ y posteriormente se llegó al día 21 donde en todo ese lapso de 20 días de fermentación se obtuvo una presión de gas del $0.29 mH_2O$ y así consecutivamente se tomó los datos de la presión ejercida por el biogás.

Para tabular los datos estadísticos se procedió de conversión de mH_2O a PSI

Proceso de conversión tomando los datos del día 21 que se tiene $0.29 mH_2O$ ejercidas por el gas.

De: mH_2O a Pascales (Pa)

$$0.29 mH_2O \times 9806.38 Pa$$

$$2843.850 Pa$$

De Pa a KPascales:

$$2843.850 Pa \times 0.001 KPa$$

2.844 KPa

De KPa a PSI:

$$2.844 \text{ KPa} \times 0.145038 \text{ PSI}$$

$$0.413 \text{ PSI}$$

Para hallar la presión acumulada del biogás se hizo la sumatoria del biogás acumulado del día 21 más el resultado del biogás ejercida diariamente del día 22

$$P \text{ ACUMULADA} = P \text{ ACUMULADA DIA 21} + P \text{ DIARIA DIA 22}$$

$$P \text{ ACUMULADA} = 0.413 + 0.413$$

$$P \text{ ACUMULADA DIA 22} = 0.826 \text{ PSI}$$

En la evaluación de producción de biogás, los primeros datos obtenidos fue a los 21 días de haberse iniciado la fermentación y la última a los 62 días del inicio de la fermentación; siendo el total de producciones 42 días.

La máxima presión diaria de biogás fue de 0.526 PSI, así como señala en la (Tabla 35), que se encuentra resaltada de color oscuro y la mínima de 0.384 PSI de color verde, los resultados fueron desde los 21 días hasta los 62 días de producción (Figura 32)

Tabla 35

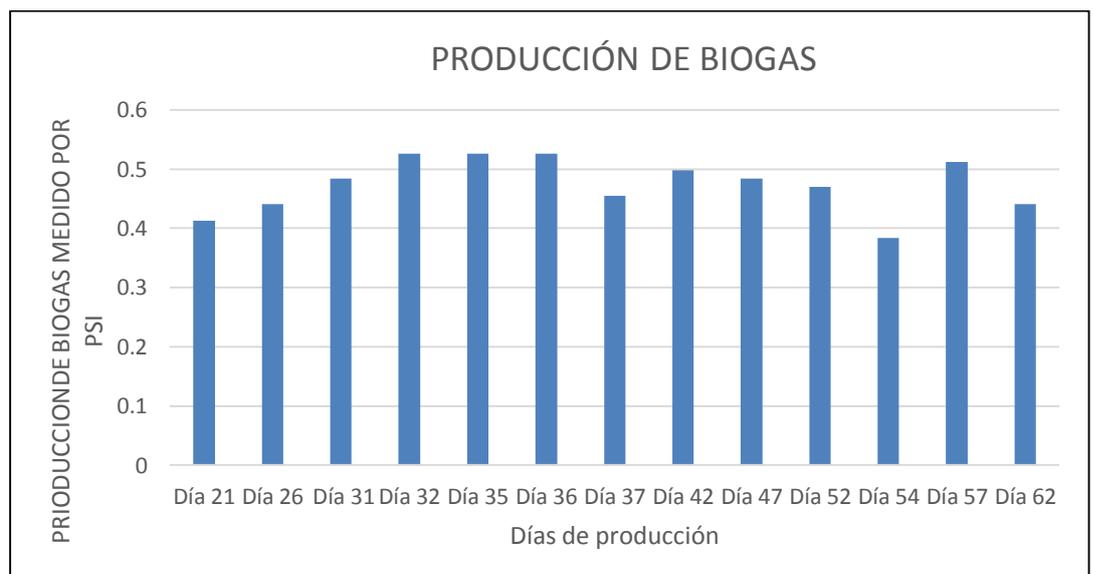
Producción cada 5 días y días de mayor producción de biogás desde los 21 días hasta los 62 días de la fermentación

DIA FERMENTACION	FECHA	PRESION PSI
21	30/08/2017	0.413
26	04/09/2017	0.441
31	09/09/2017	0.484
32	10/09/2017	0.526
35	13/09/2017	0.526
36	14/09/2017	0.526
37	15/09/2017	0.455
42	20/09/2017	0.498
47	25/09/2017	0.484
52	30/09/2017	0.470
54	02/10/2017	0.384
57	05/10/2017	0.512
62	10/10/2017	0.441

Fuente: Elaboración Propia

Figura 32

Producción de biogás cada 5 días, días de mayor y menor producción



Fuente: Elaboración propia

La figura 32 nos muestra la producción diaria del biogás en PSI versus los días de fermentación en proceso semicontinua, esto nos muestra que se obtuvimos una presión máxima de 0.526 PSI y una presión mínima de 0.384 PSI. A partir de estiércol de cuy, rastrojo vegetal, tracto intestinal de vacuno y agua

El grafico indica que según pasan los días la presión ejercida del biogás disminuye, esto se debe probablemente a los cambios de temperatura, asociado a los días lluviosos asiendo pues estas disminuciones de biogás aún se encuentren dentro del parámetro aceptado.

La producción de biogás está relacionada directamente a la temperatura, nos quiere decir a mayor temperatura tendremos una mayor producción de biogás.

Tabla 36

Análisis estadístico descriptivo de la producción diaria biogás desde los 21 días hasta los 62 días de la fermentación

N°	Media	Desviación estándar	Varianza	Rango	
				Mínimo	Máximo
42	0.463	0.035	0.001	0.384	0.526

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 36 indica que en promedio la producción de biogás fue de 0.443 PSI, y el valor de desviación estándar nos indica que, en promedio, las observaciones individuales se desvían del promedio de 0.035 PSI. También indica que el rango mínimo era 0.384 PSI y el rango máximo de 0.526 PSI con una varianza de 0.001.

4.1.2. Diseño de Biodigestor

Para una vivienda unifamiliar con un número de 8 personas en el distrito de Chongos Bajo, debiendo producir 2 m³ de biogás diarios

(ver anexos) se determinó el diseño y la construcción del Biodigestor Domo Fijo o “CHINO”, esto responde a las condiciones ambientales encontradas en el área, su elección se basó en la matriz de selección, siendo la calificación más alta la que fue construida, considerando factores como factibilidad, durabilidad, entre otros. (Los evaluados fueron: Biodigestor de tipo domo flotante o “HINDU”, domo fijo o “CHINO”, salchicha o “FERROCEMENTO”; esta evaluación además se realizó mediante simulación).

4.1.3. Parámetros a tomar en cuenta en el diseño de un biodigestor

Para saber lo que ocurre en el biodigestor, es muy importante medir sus parámetros. La elección de los parámetros a medir se debió en gran parte al equipo que fue llevado en ese momento para realizarlo y la implementación del equipo en el biodigestor. En el presente trabajo se eligieron los siguientes parámetros: composición del biogás, DQO, pH, radiación solar y temperatura del biodigestor y del ambiente. La Tabla 37 muestra los criterios para seleccionar los parámetros.”

Tabla 37 Criterios de la selección de los parámetros a considerar en el diseño del biodigestor.

Parámetro	Criterios
DQO	Mostrará el oxígeno equivalente al contenido de la materia orgánica
pH	Se notará si el biodigestor se encuentra dentro de las condiciones óptimas de crecimiento de las bacterias metanogénicas, además de que esté tiene influencia en la actividad enzimática
Temperatura del Biodigestor	Denotará si la temperatura se encontrará dentro de los intervalos de crecimiento de las bacterias metanogénicas

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Producción acumulada del biogás

En los datos obtenidos nos muestra que el biogás producido tiene una presión acumulada de 19.410 PSI a los 62 días de la fermentación. Cuyo proceso puede observarse en la siguiente tabla:

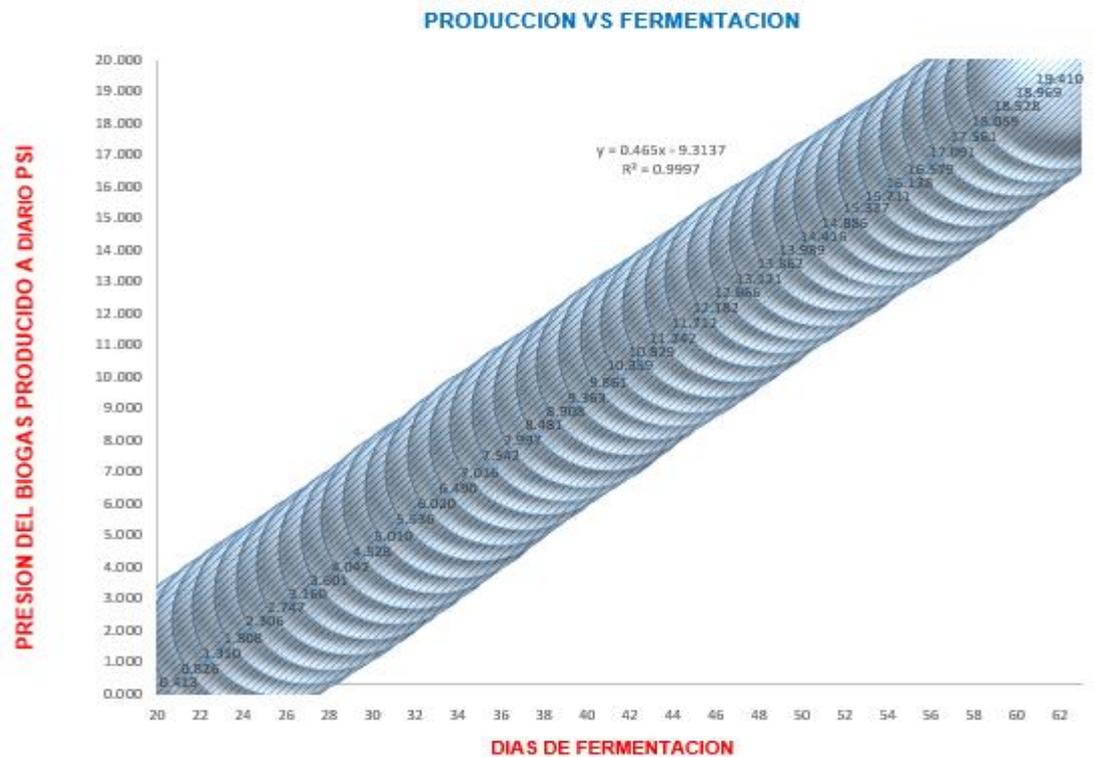
Tabla 38

Producción acumulada de biogás cada 10 hasta los 62 días de la Fermentación

DIA FERMENTACION	FECHA	PRESION ACUMULADO (PSI)
21	30/08/2017	0.413
30	08/09/2017	4.526
31	09/09/2017	5.010
DIA FERMENTACION	FECHA	PRESION ACUMULADA (PSI)
32	10/09/2017	5.536
42	20/09/2017	10.359
52	30/09/2017	14.886
62	10/10/2017	19.410

Figura 33

Producción diaria del volumen acumulado de biogás versus tiempo de fermentación



Fuente: Elaboración Propia

La Figura 33 nos muestra el volumen de biogás acumulado versus los días de fermentación en proceso semicontinua. Durante la etapa de ensayo se obtuvo una presión acumulada de 19.410 PSI. A partir de

estiércol de cuy, rastrojo vegetal, tracto intestinal de vacuno y agua

Tabla 39

Análisis estadístico descriptivo de la producción de gas acumulada

N°	Media	Desviación estándar	Varianza	Rango	
				Mínimo	Máximo
42	9.983	5.705	32.548	0.413	19.410

FUENTE: Elaboración propia

En La Tabla 39 indica que la producción promedio de biogás fue de 9,983 PSI, y el valor de la desviación estándar indica que, en promedio, las observaciones individuales difieren en 5,705 PSI. También indica que el rango mínimo fue 0.413 PSI y el rango máximo 19.410 PSI con una variación de 32 548 PSI, respectivamente.

4.2. Contrastación de la hipótesis

Para la verificación de la hipótesis planteamos las hipótesis Nula (H_0) y la hipótesis de alterna (H_1), que surgen del problema objeto de estudio, para esto se eligió la prueba estadística tomando en consideración las características del estudio que se realizó.

H_0 = El diseño, implementación y evaluación de un biodigestor anaerobio en una vivienda unifamiliar es la alternativa energética y sostenible para la producción de biogás en el distrito de Chongos Bajo.

H_1 = El diseño, implementación y evaluación de un biodigestor anaerobio en una vivienda unifamiliar no es la alternativa energética y sostenible para la producción de biogás en el distrito de Chongos Bajo.

Es necesario determinar un porcentaje o nivel de confianza dentro del cual se aceptarán o rechazarán las hipótesis anteriores, pero para esto es más común usar valores entre 1%, 5%, con los cuales recopilamos datos de

una muestra representativa como Básicamente consiste en obtener información sobre la población o la muestra del sujeto del estudio.

Decisión Final: Mediante los resultados obtenidos tenemos que la producción de biogás acumulada promedio fue 9.983 PSI y una producción acumulada de 19.467 PSI; entonces decimos que la hipótesis Nula ($H_0 =$ El diseño, implementación y evaluación de un biodigestor anaerobio en una vivienda unifamiliar es la alternativa energética y sostenible para la producción de biogás en el distrito de Chongos Bajo), es válida debido a que existe una producción significativa de biogás como podemos observar en la Tabla 40 que representa la eficiencia del biodigestor.

Tabla 40

Análisis estadístico descriptivo de la eficiencia del biodigestor

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Eficiencia digestor ($L_{CH_4} L_{dg}^{-1} d^{-1}$)	Inter-grupos	8,782	3	2,927	1465,833	,000
	Intra-grupos	,208	104	,002		
	Total	8,989	107			

FUENTE: Elaboración Propia

Dado que $p < 0.005$, podemos concluir que existe una producción significativa de biogás la que representa una alternativa energética.

4.3. Discusión

- El diseño del Biodigestor para una vivienda unifamiliar de 8 personas debe tener una producción de 3.60m³ de biogás diarios, además debe ser de modelo fijo o chino por las condiciones del área de investigación, el Biodigestor implementado en la presente investigación, está diseñado para una producción de 2m³ de biogás con lo que responde en 56% a las necesidades energéticas familiares del área de estudio, permitiéndoles reducir el gasto familiar.
- Los parámetros utilizados para el diseño e implementación de un Biodigestor modelo fijo o chino, utilizado en la presente investigación fueron: DQO, PH, temperatura del Biodigestor; los cuales de acuerdo a

los niveles óptimos de estos parámetros, producen la cantidad adecuada de biogás.

- El resultado del biogás ha sido de calidad, porque se ha producido por bacterias mediante la biodegradación de materia orgánica en condiciones anaeróbicas (sin aire) y se compone principalmente de gas metano (Sandoval, 2006). La coloración azul de la llama era transparente e inodoro, según Ome y Fafalla (2003). Esto es un indicio de la presencia de gas metano en más del 70% en la composición de la mezcla de gases.

Tabla 41

Calidad de biogas

Biogás	Porcentaje	CARACTERIZACION
METANO CH4	70-80 %	LLAMA DEBE SER COLOR AZULINO
DIOXIDO DE CARBONO CO2	25 – 30 %	INODORO E INCOLORO

Fuente: Ome y Fafalla 2003

La aplicación de procesos anaeróbicos tiene una perspectiva interesante, porque no sólo puede alcanzar resultados positivos para mejorar el ambiente, cantidades significativas de biogás para ser utilizado de forma diferente también obtener, permitiendo depreciación y, en algunos casos, la inversión no es sólo a partir del proceso anaeróbico, pero también de la estación de tratamiento de residuos que fue construida (De La Fuente, 1995). Lo que se desprende del trabajo de investigación actual.

Del trabajo de Garzón, (2011) “ El estudio de una caldera de generador de gas metano mediante la práctica alternativa de fertilizantes de energía orgánica “menciona que el uso de biodigestores ofrece grandes beneficios para el tratamiento de residuos orgánicos además de una alta producción y al mismo tiempo, confiar en este tipo de mezcla de biomasa que se produce en el sustrato, que es un parámetro La temperatura central (60 ° - 100 ° F) en grados Celsius 15 ° a 37 resultados son similares a los del

presente estudio, tanto en los parámetros de producción como en la energía alternativa.

Del autor Verdezoto, (2014) en su “Diseño de un biodigestor anaerobio para producir biogás a partir de excretas de ganado vacuno, empleando 118.17 kg de EF/día tuvo un rendimiento del 80% lo que indica la importancia del tipo de estiércol en la producción de biogás.

De Cueva, (2012) del estudio “Obtención de biogás de estiércol porcino y restos vegetales por fermentación semicontinua” teniendo una producción promedio de biogás de 14.864 cm^3 y una producción promedio acumulada de $644,668 \text{ cm}^3$, resultados bastante similares a los de la propia investigación principalmente por el control de parámetros y el diseño del biodigestor.

Hay procesos para la conversión de biomasa en energía, estos procesos utilizan las propiedades bioquímicas de la biomasa y el efecto metabólico de los microorganismos para la producción de combustible, el proceso más importante de digestión anaeróbica en que la biomasa bacteriana genera un gas combustible llamado biogás, que es una mezcla. De metano y dióxido de carbono, excepto que el material sólido permanece del proceso que es un buen fertilizante orgánico (Jeason, 2000)

El volumen promedio diario y el biogás acumulado obtenido son valores muy significativos en comparación con otros estudios. Un claro ejemplo, Delgado (2006) informa de una baja producción de biogás a través de cobayas de desecho de fermentación y, en sí misma, una producción acumulada de 452 litros de biogás durante 7 meses y 19 días de la fermentación por lotes de cobayas vegetal Stover..

De Camarena, (2012) en el “Estudio de la influencia del tiempo de fermentación según la producción de biogás con excretas de ganado y vacuno” determinó que el tiempo es fundamental e influye directamente en la producción de metano, resultados que dentro del estudio personal se puede comprobar, ya que a mayor tiempo de fermentación mayor producción como se puede observar en la figura 33.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó e implemento un Biodigestor modelo CHINO de concreto armado y construido con capacidad de $4.68 m^3$ para la fermentación semicontinua de la producción de biogás en una vivienda unifamiliar ubicado en el Distrito de Chongos lo cual representa una alternativa energética para cubrir las necesidades de las mismas debido a su calidad y efectividad.
2. Se determinó que de acuerdo a las condiciones ambientales y simuladores de eficiencia, que el Biodigestor de mejores características para el área de estudio, es el Biodigestor modelo CHINO de concreto armado, el cual responde a las necesidades de una vivienda unifamiliar
3. Se llegó a establecer que los parámetros constructivos tomados en cuenta son el, DQO, el PH y la temperatura del Biodigestor, que fueron aplicados en la construcción del Biodigestor implementado para la presente investigación, el cual tiene la capacidad de producción de $2 m^3$ de biogás, solventando así un 56% del consumo total de energía requerida por la vivienda.
4. Se produce biogás de buena calidad a partir del estiércol de cuy, como se muestra en la figura 31, ya que cuando se enciende y se produce una llama azul, se muestran resultados satisfactorios. Para la parte evaluativa según las estimaciones de la producción diario de biogás, se llegó a determinar que la construcción de un biodigestor de material noble influye en la producción de biogás con un promedio de producción de 0.463 PSI diarios de biogás en el Distrito de Chongos Bajo – Chupaca. 2017; debido a que el área del proceso anaeróbico se encuentra con una temperatura de calor homogéneo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda contar con softwares de simulación que permitan el pre diseño de los Biodigestores y el funcionamiento de estos, considerando las características medioambientales del área de instalación, el consumo promedio de energía dentro de la vivienda. Al momento de la implementación del Biodigestor utilizar materiales de la zona para evitar costos adicionales en transporte y otros,
2. Para determinar del modelo de Biodigestor se recomienda considerar: el tiempo de vida útil, la facilidad de manejo, la accesibilidad a materiales, además es necesaria la implementación bajo tecnologías limpias.
3. Se recomienda en estudios posteriores continuar analizando que otros parámetros son influyentes en la implementación y cuales mejoran el funcionamiento de los Biodigestor instalados bajo las mismas condiciones ambientales.
4. Se recomienda la utilización de enzimas u otros estimulantes de fermentación, a fin de incrementar la producción de biogás con la finalidad de cubrir la necesidad de energía dentro de la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Rubio, J. P. (2015). *Diseño e implementación de un biodigestor para el tratamiento de excretas de ganado bovino*. Tumbaco: Cadet - Universidad Central del Ecuador.
- Anchundia Delgado, G., & Ruiz Caicedo, B. (2012). *Implementación de un biodigestor para la utilización y aprovechamiento de los residuos generados en las actividades productivas del camal municipal de Manta*. Manabi - Ecuador: Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi.
- Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en América Latina y el Caribe. (2009). *Manual de Biocombustibles*. IICA.
- Ávila Soler, E. (2009). *Biogás: Opción real de seguridad energética para México*. Mexico D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Barber, R., & Ferry, J. (2001). *Methanogenesis*. Encyclopedia of Life Sciences.
- Botero Botero, R., & Preston, T. R. (1987). *Biodigestor de bajo costo para la producción de Combustible y Fertilizante a partir de excretas*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Camarena Valenzuela, M. (2012). *Estudio de la influencia del tiempo de fermentación según la producción de biogás con de excretas de ganado y vacuno*. Huamanga: Universidad Nacional de san Cristóbal de Huamanga.
- Castillo Cotrina, D., & Tito Vargas, C. (2011). Obtención de Biogás a Partir de Excremento de Cuy en Condiciones Ambientales en Tacna Perú. *Ciencia & Desarrollo*, 13, 84-91.
- Chong Obando, H. W. (2018). *Análisis para la obtención de energía eléctrica utilizando un Gasificador de Biomasa*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Cueva Ancalla, B. (2012). *Obtención de biogas de estiércol porcino y restos vegetales, por fermentación semicontinua*. Tacna. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- De La Cruz Palomino, B. (2011). *Estado de desarrollo de energías renovables en la Región Junín “Año 2011. (con apoyo de la Dirección Regional de Energía y Minas)*. Junín – Perú.
- De La Fuente, E. (1995). *Estudio de la producción de biogas en una unidad experimental de Relleno sanitario, trabajo de tesis para optar al grado de Ingeniero Civil Industrial, Otorgado por la Universidad de Barcelona*. España.
- Diaz de Basurto Burgos, A. (2013). (2013). *Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobio con residuos orgánicos generados en el mercado de Tiquipaya. Tiquipaya: Cooperación Internacional de Bolivia*. Tiquipaya: Cooperación Internacional de Bolivia.
- FAO. (2011). *Manual de Biogas*. Santiago de Chile: Oficina de Intercambio de Conocimientos, Investigación y Extensión.
- Garrigues, A. (2003). *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. Madrid: Ecoiuris.
- Garzón Cuji, M. (2011). *Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Hernández Embate, A. J. (2013). *El potencial de los biodigestores como técnica sostenible para la producción de biogás en la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán*. México D.F.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). *JUNÍN: COMPENDIO ESTADÍSTICO 2010*. Junín: Oficina Departamental de Estadística e Informática de Junín.
- Jeason, D. (2000). *Avances en Biotecnología Ambiental, tratamiento de residuos líquidos y sólidos, vol 1, pp 35-52*. Madrid, España: Acribia.
- Kiely, G. (2005). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Venezuela.

- López Martínez, G. (s.f.). *ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE METANO PRESENTE EN EL BIOGÁS*.
- M.O.P.U. (2009). *Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva*. Colombia.
- Marti Herrero, J. (2008). *Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares*. Lima – Perú.
- Marti Herrero, J. (2011). *Biodigestores de bajo costo para producir biogás*. Spain: International Center of Numerical Methods.
- Medina, A. (2013). *Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol del ovino producido a través de biodigestores*. Lima: UNALM.
- Monar Castillo, U. (2009). *Diseño de un Biodigestor para una finca del recinto San Luis De Las Mercedes del cantón Las Naves*. Provincia de Bolívar, Ecuador.
- Moreno, U. (2009). *El Biodigestor de Casa Blanca*. Lima-Perú.
- Padilla Sevillano, A. W., & Rivero Méndez, J. F. (2016). Producción de Biogás y compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna. *Ciencia y Tecnología*, 29-43.
- Paucar Malpica , L. (2015). *PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL BIOGAS Y BIOL EN UN BIODIGESTOR USANDO ESTIERCOL DE CODORNIZ DE LA GRANJA V.A. VELEBIT S.AC. UBICADA EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., & Meza-Contreras, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *SciELO Perú*.
- Portal SitioSolar. (23 de Octubre de 2017). *SitioSolar*. Obtenido de <http://www.sitiosolar.com/>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española* (22.a ed. ed.). Madrid, España: RAE.
- Sandoval, L. (2006). *Manual de Tecnologías Limpias en PYMES del Sector Residuos Sólidos*. Perú.: Concytec .

Valdez Llantoy, B. (2016). *Evaluación de la calidad de biogás y biol producido en biodigestores usando excretas de animales del Parque Zoológico de Huachipa*. Lima: Univesidad Nacional Agraria La Molina.

Venero Moreno, 2. (s.f.).

Verdezoto Carvajal, D. (2014). *Diseño de un biodigestor anaerobio para la producción de biogás a partir de las excretas de ganado vacuno, en la finca los laureles en la comunidad flor del Manduro*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Vignote Peña, S. (2016). *La biomasa: Importancia, tipos y características y formas de preparación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Yauyo Ramos, L. M. (2016). *ELABORACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO TUBULAR PARA EL MANEJO DE ESTIÉRCOL PORCINO, EN UNA DE LAS VIVIENDAS DE LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA LOS LÚCUMOS DE PACHACAMAC*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

ANEXOS

ANEXO

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS

TÍTULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE CHONGOS BAJO – CHUPACA, DURANTE EL AÑO 2017

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES Y DIMENSIONES
<p style="text-align: center;">PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo será el diseño e implementación del biodigestor anaerobio para la producción de biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo?</p> <p style="text-align: center;">PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>A. ¿cuál será el modelo de biodigestor más adecuado para la implementación en una casa unifamiliar en el distrito de Chongos?</p> <p>B. ¿Cuáles son los parámetros a tomar en cuenta en el diseño de un biodigestor que se adapte a las necesidades unifamiliares</p> <p>C. ¿Cuál será la producción de biogás en el biodigestor diseñado?</p>	<p style="text-align: center;">OBJETIVO GENERAL</p> <p>Diseñar e implementar un biodigestor anaerobio para la producción de biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo</p> <p style="text-align: center;">OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>A. Determinar el modelo de biodigestor más adecuado para la implementación en una casa unifamiliar en el distrito de Chongos</p> <p>B. Determinar los parámetros a tomar en cuenta en el diseño de un biodigestor que se adapte a las necesidades unifamiliares.</p> <p>C. Evaluar el funcionamiento del biodigestor mediante la producción de biogás.</p>	<p style="text-align: center;">HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El diseño, implementación y evaluación de un biodigestor anaerobio en una vivienda unifamiliar es una alternativa energética sostenible para la producción de biogás en el distrito de Chongos Bajo.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de diseño <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño e implementación del Biodigestor Indicador: <ul style="list-style-type: none"> Construcción del biodigestor Funcionamiento del biodigestor

ANEXO 2: NORMA E.060 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

320904

NORMAS LEGALES

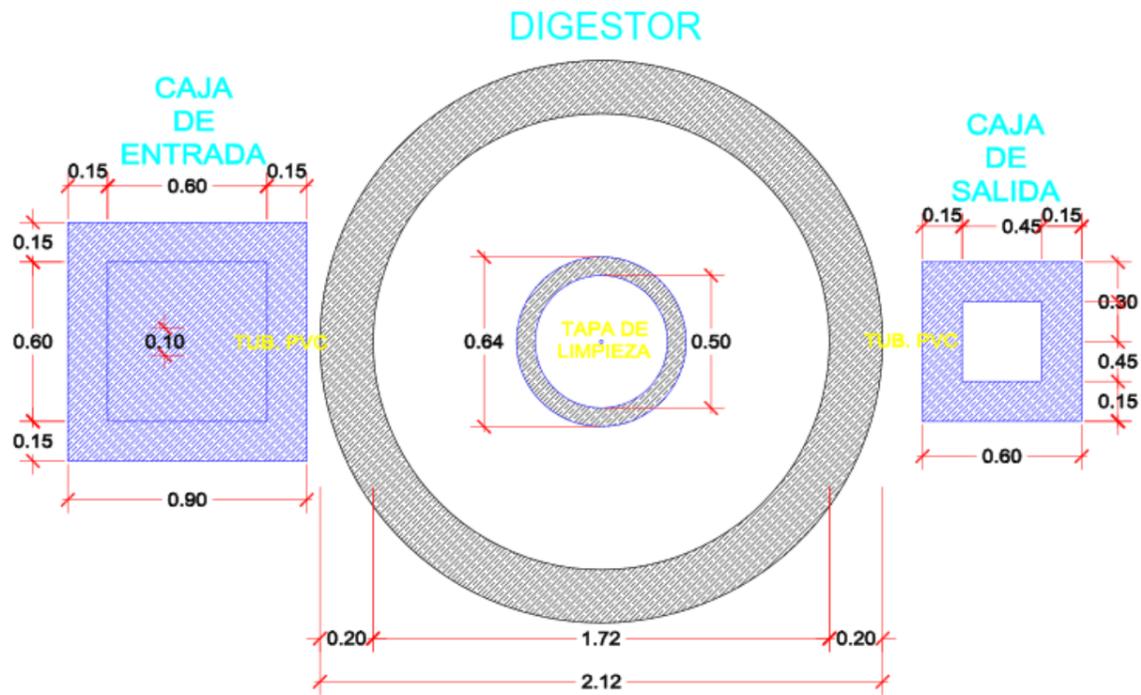
El Peruano
sábado 10 de junio de 2006

TABLA 17.9.2.5 RELACIONES DE CARGA w_d EN LAS DIRECCIONES A Y B PARA CORTANTES EN TABLEROS Y CARGA SOBRE LOS APOYOS

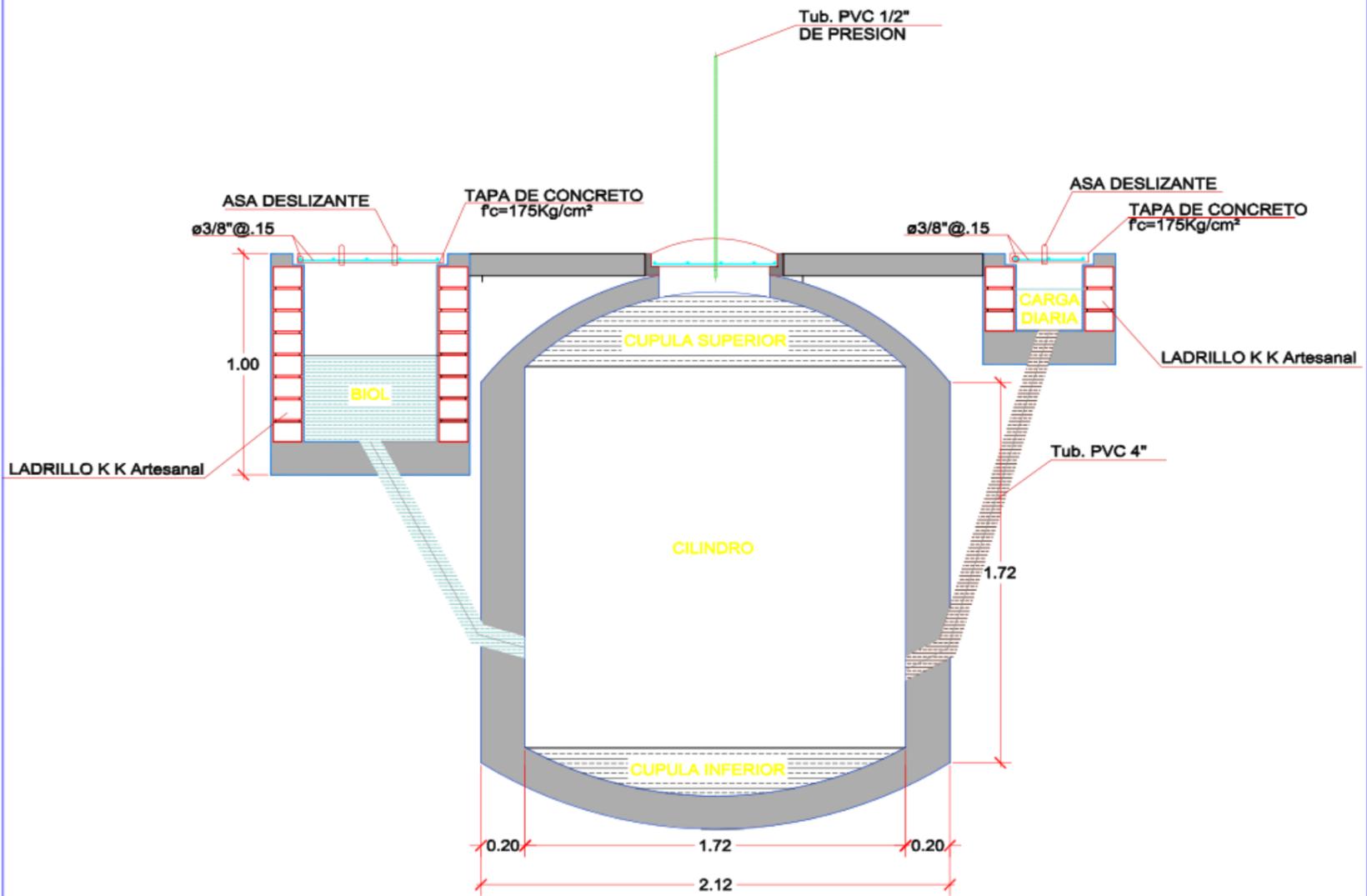
RELACION $m = A/B$	CASO 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1,00										
w_{IA}	0,50	0,50	0,17	0,50	0,83	0,71	0,29	0,33	0,67	
w_{IB}	0,50	0,50	0,83	0,50	0,17	0,29	0,71	0,67	0,33	
0,95	w_{IA}	0,55	0,55	0,20	0,55	0,86	0,75	0,33	0,38	0,71
w_{IB}	0,45	0,45	0,80	0,45	0,14	0,25	0,67	0,62	0,29	
0,90	w_{IA}	0,60	0,60	0,23	0,60	0,88	0,79	0,38	0,43	0,75
w_{IB}	0,40	0,40	0,77	0,40	0,12	0,21	0,62	0,57	0,25	
0,85	w_{IA}	0,66	0,66	0,28	0,66	0,90	0,83	0,43	0,49	0,79
w_{IB}	0,34	0,34	0,72	0,34	0,10	0,17	0,57	0,51	0,21	
0,80	w_{IA}	0,71	0,71	0,33	0,71	0,92	0,86	0,49	0,55	0,83
w_{IB}	0,29	0,29	0,67	0,29	0,08	0,14	0,51	0,45	0,17	
0,75	w_{IA}	0,76	0,76	0,39	0,76	0,94	0,88	0,56	0,61	0,86
w_{IB}	0,24	0,24	0,61	0,24	0,06	0,12	0,44	0,39	0,14	
0,70	w_{IA}	0,81	0,81	0,45	0,81	0,95	0,91	0,62	0,68	0,89
w_{IB}	0,19	0,19	0,55	0,19	0,05	0,09	0,38	0,32	0,11	
0,65	w_{IA}	0,85	0,85	0,53	0,85	0,96	0,93	0,69	0,74	0,92
w_{IB}	0,15	0,15	0,47	0,15	0,04	0,07	0,31	0,26	0,08	
0,60	w_{IA}	0,89	0,89	0,61	0,89	0,97	0,95	0,76	0,80	0,94
w_{IB}	0,11	0,11	0,39	0,11	0,03	0,05	0,24	0,20	0,06	
0,55	w_{IA}	0,92	0,92	0,69	0,92	0,98	0,96	0,81	0,85	0,95
w_{IB}	0,08	0,08	0,31	0,08	0,02	0,04	0,19	0,15	0,05	
0,50	w_{IA}	0,94	0,94	0,76	0,94	0,99	0,97	0,86	0,89	0,97
w_{IB}	0,06	0,06	0,24	0,06	0,01	0,03	0,14	0,11	0,03	

ANEXO 3: PLANOS ESTRUCTURALES

PLANO DE PLANTA Y PERFIL



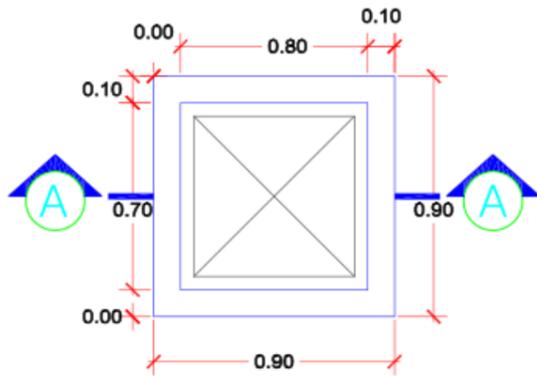
PLANO DE PLANTA
Esc: 1/25



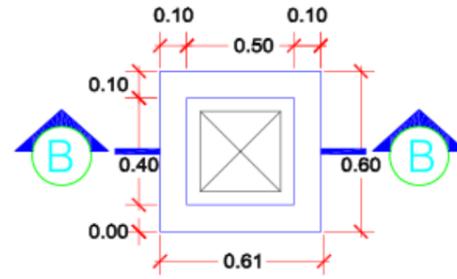
PLANO DE PERFIL
Esc: 1/25

	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS		CLAVE: 2017 LAMINA: PPP-01
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL		
	PROYECTO DE TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOGESTOR ANAERÓBICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE CHONGOS BAJO - CHUPACA, REALIZADO DURANTE EL AÑO 2017		
PLANO:	PLANO DE PLANTA DE PERFIL		
BACHILLER:	JOSE LUIS VALVERDE CALERO		
DIBUJO:	ESCALA:	FECHA:	
JOSE LUIS VALVERDE CALERO	INDICADA	DIC - 2017	

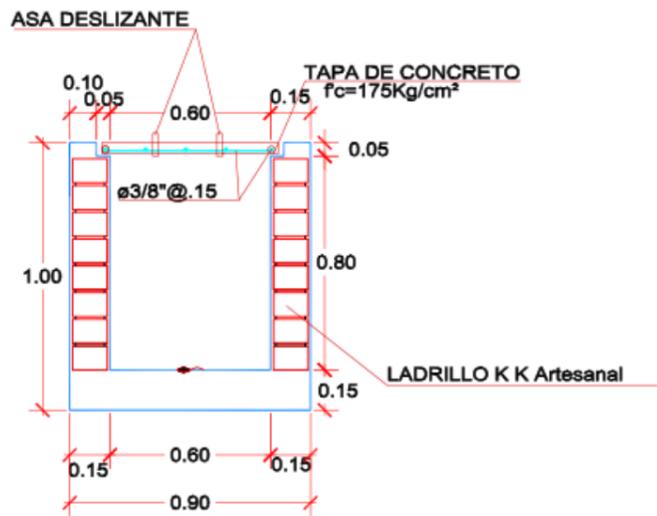
DETALLE DE LAS CAJAS



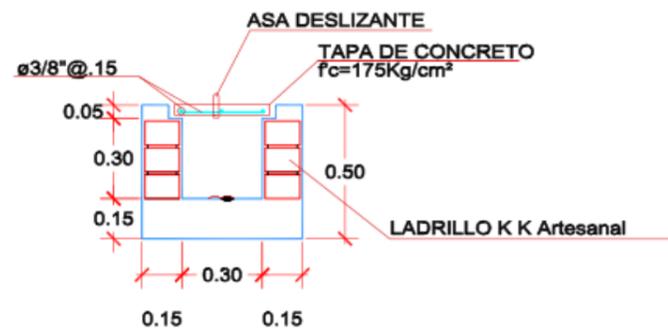
PLANTA CAJA DE SALIDA
Esc: 1/25



PLANTA CAJA DE ENTRADA
Esc: 1/25



CORTE A-A
DETALLE DE CAJA DE SALIDA
Esc: 1/25



CORTE B-B
DETALLE DE CAJA DE ENTRADA
Esc: 1/25

ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO ARMADO

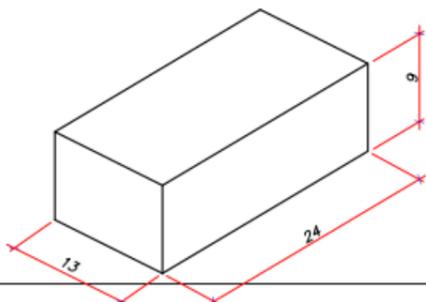
CONCRETO : $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO : $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$

TERRENO

CAPACIDAD PORTANTE : $gt \geq 0.5 \text{ Kg/cm}^2$ (VER ESTUDIO DE SUELOS)

ALBAÑILERIA

UNIDAD DE ALBAÑILERIA: TODAS LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE MUROS SE FABRICARAN CON LAS DIMENSIONES MINIMAS INDICADAS EN ESTE PLANO, PODRAN SER DE CONCRETO, ARCILLA O SILICO CALCAREO, DEBERAN CLASIFICAR COMO MINIMO CON EL TIPO IV DE LA NORMA ITINTEC CORRESPONDIENTE

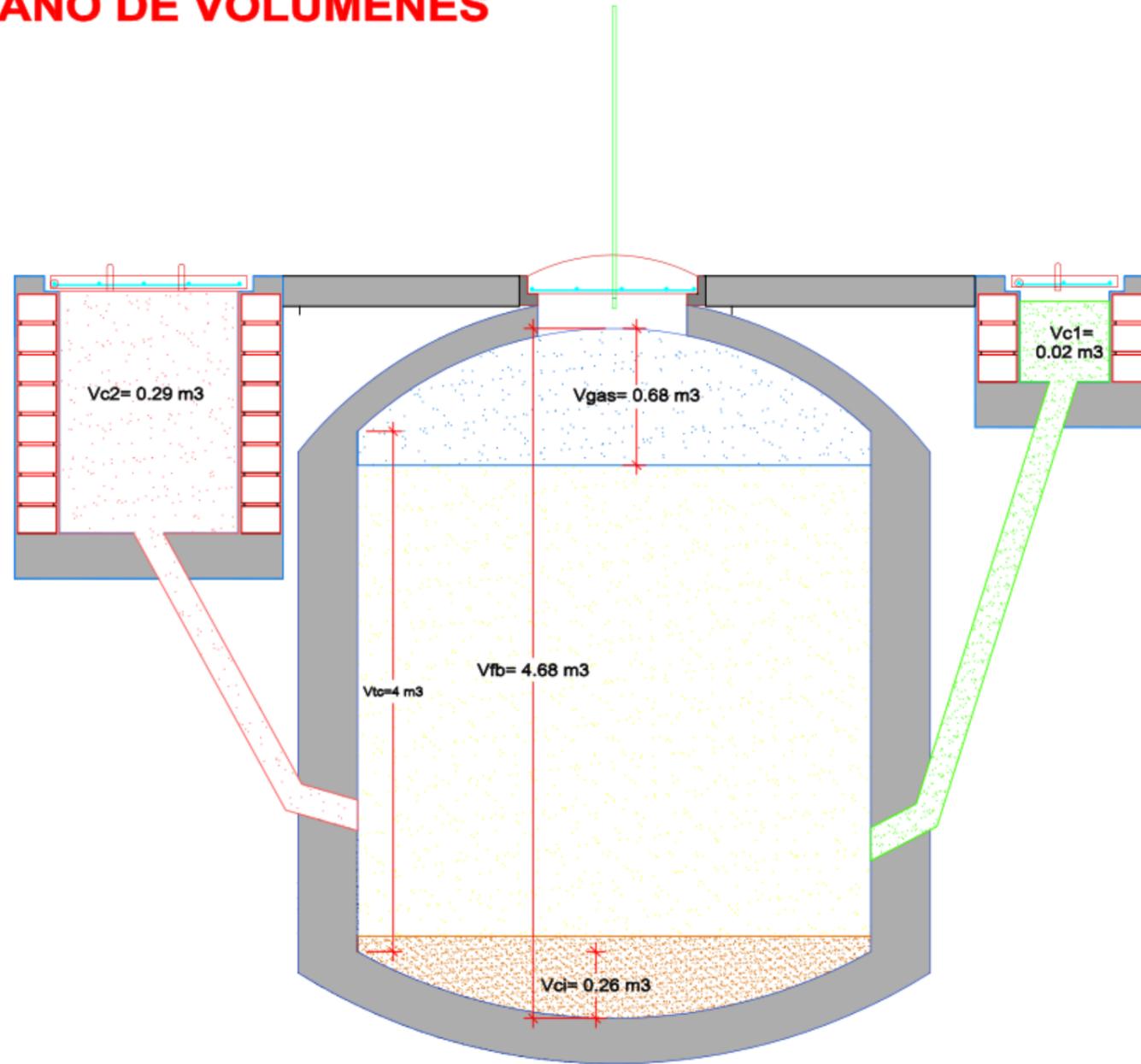


MORTERO : 1:1:4 (CEMENTO-CAL-ARENA)
PARA LA ELECCION DEL TIPO DE CEMENTO A USAR EN LA CIMENTACION, DEBERA REVISARSE EL ESTUDIO DE SUELOS CORRESPONDIENTE

ALBAÑILERIA : $f_m = 45 \text{ Kg/cm}^2$

	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL	
	PROYECTO DE TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIGAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE CHONGBOS BAJO - CHUPACA, REALIZADO DURANTE EL AÑO 2017	
PLANO: PLANO DE DETALLES		CLAVE: 2017
BACHILLER: JOSE LUIS VALVERDE CALERO		LAMINA: PD-02
DIBUJO: JOSE LUIS VALVERDE CALERO	ESCALA: INDICADA	FECHA: DIC - 2017

PLANO DE VOLUMENES



Volumen Total Vfb = 4.68 m³

DETALLE DEL VOLUMENES DEL BIODIGESTOR

Esc: 1/20

LEYENDA

COTAS

RELLENO DE CONCRETO



MEZCLA DE ESTIERCOL - AGUA



BIOL



BIOGAS



SOLIDOS TOTALES

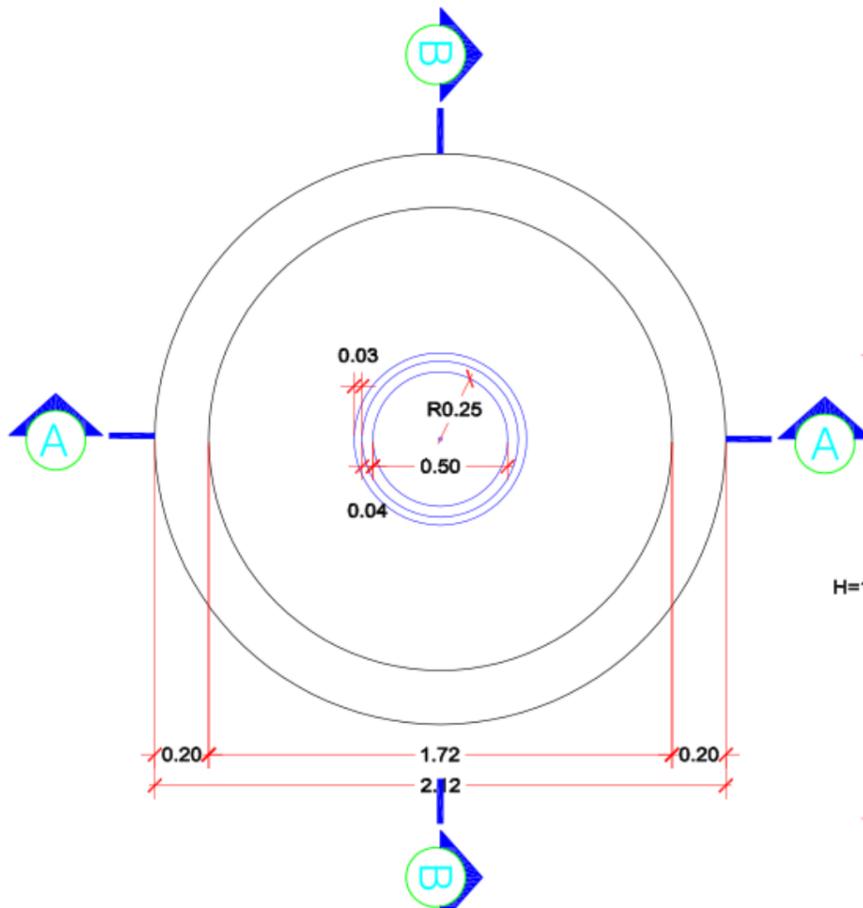


DESCOMPOSICION ORGANICA

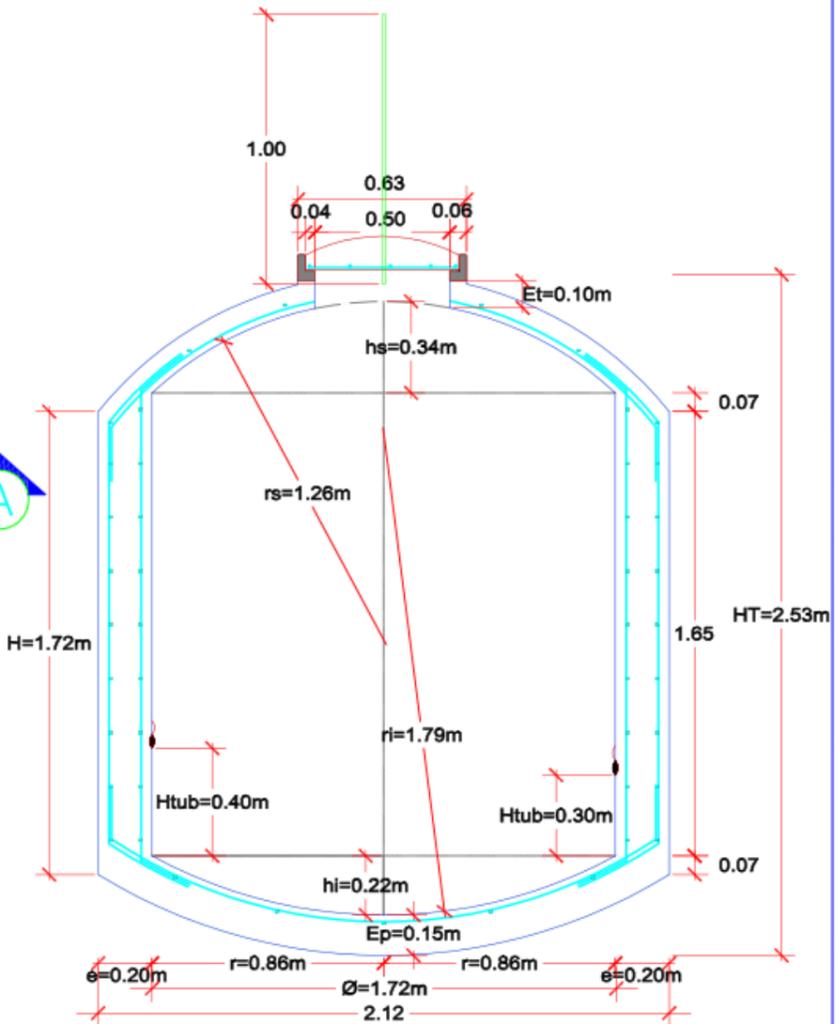


	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL		
	PROYECTO DE TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE CHONGOS BAJO - CHUPACA, REALIZADO DURANTE EL AÑO 2017		
	PLANO: PLANO DE VOLÚMENES	CLAVE: 2017	
	BACHILLER: JOSE LUIS VALVERDE CALERO	LAMINA: PV-01	
DIBUJO: JOSE LUIS VALVERDE CALERO	ESCALA: INDICADA	FECHA: DIC - 2017	

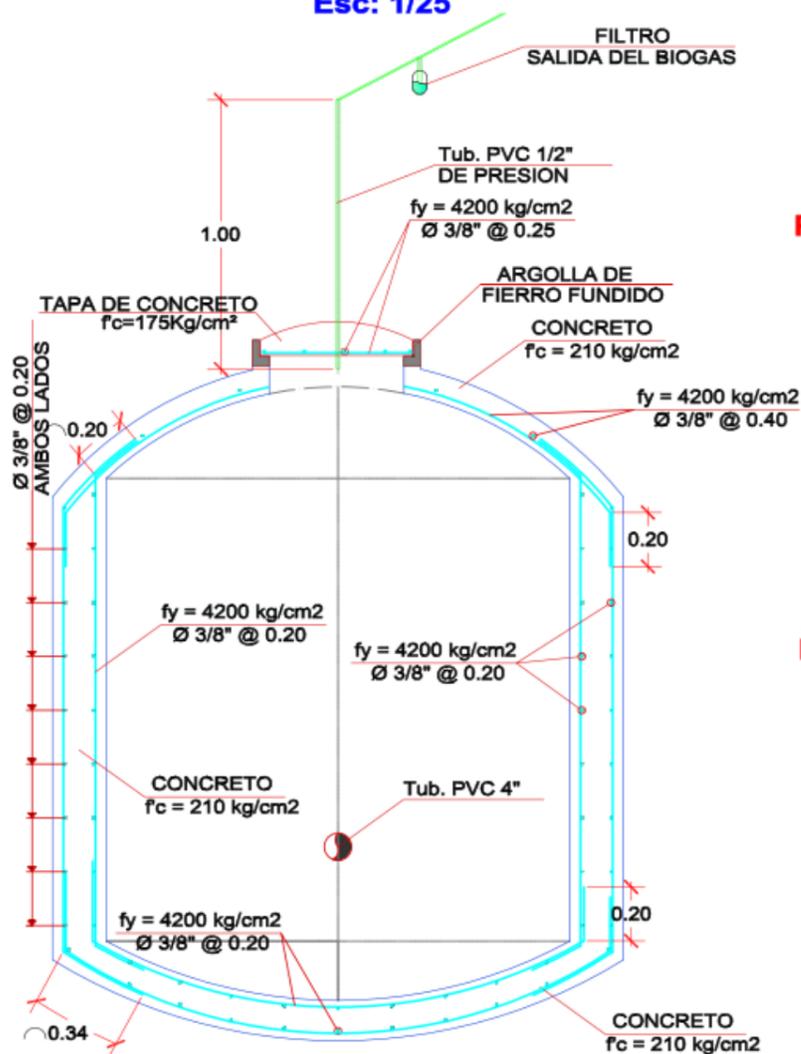
DETALLE DEL DIGESTOR



PLANTA DEL DIGESTOR
Esc: 1/25

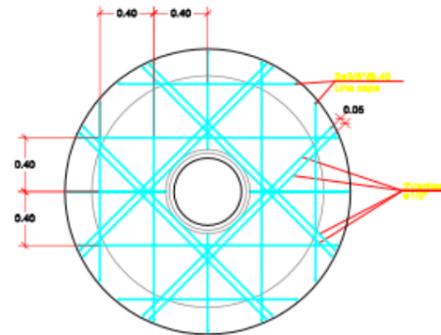


CORTE A-A
DETALLE DIMENSIONES
Esc: 1/25

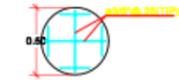


CORTE B-B
DETALLE ESTRUCTURAL
Esc: 1/25

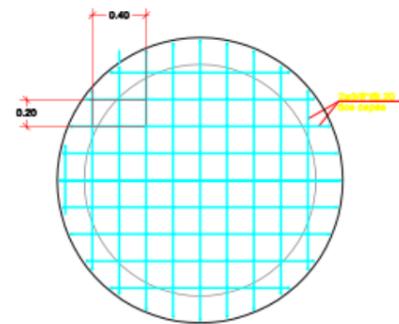
PLANTA CUPULA SUPERIOR



TAPA



PLANTA CUPULA INFERIOR



DETALLE ESTRUCTURAL
Esc: 1/50

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO ARMADO		RECUBRIMIENTO	
CUPULA SUPERIOR	: f'c = 210 Kg/cm ²	CUPULA SUPERIOR	7.5 cm
CUPULA INFERIOR	: f'c = 210 Kg/cm ²	CUPULA INFERIOR	7.5 cm
MUROS LATERALES	: f'c = 210 Kg/cm ²	MUROS LATERALES	4.0 cm
ACERO REFUERZO	: fy = 4200 Kg/cm ²		



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL		
PROYECTO DE TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE CHONGOS BAJO - CHUPACA, REALIZADO DURANTE EL AÑO 2017		
PLANO:	PLANO DE DETALLES	CLAVE: 2017
BACHILLER:	JOSE LUIS VALVERDE CALERO	LAMINA: PD-01
DIBUJO:	JOSE LUIS VALVERDE CALERO	ESCALA:
	INDICADA	FECHA:
	DIC - 2017	

ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS:

CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR



Verificación de las dimensiones

FUENTE: Elaboración Propia



Habilitación del acero corrugado $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

FUENTE: Elaboración Propia



Concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ en losa de caja de entrada y salida

FUENTE: Elaboración Propia



Probetas de concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$. en losa de caja de entrada y salida

FUENTE: Elaboración Propia



Mezcladora de concreto 9 p3 para Concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

FUENTE: Elaboración Propia



Sellado de la tapa para evitar posibles fugas de Biogás.

FUENTE: Elaboración Propia

Se instalaron las tuberías del manómetro de H_2O , para medir la presión y producción de biogás.



Botella de trampa para agua (válvula de seguridad de Biogás)

FUENTE: Elaboración Propia

SEGUIMIENTO DE FERMENTACIÓN DE EXCRETAS



Toma de datos de la experimentación a los 21 días de fermentación

FUENTE: Elaboración Propia



Carga diaria al Biodigestor

FUENTE: Elaboración Propia

PROCESO PRODUCTIVO DEL BIOGÁS



Producción de biogás al 20/10/2017

FUENTE: Elaboración Propia



Presión ejercida del Gas, medida en columnas de agua (m H₂O)

FUENTE: Elaboración Propia



Toma de datos de la experimentación al 25/10/2018

FUENTE: Elaboración Propia



Toma de datos de la experimentación alcanzando presiones máximas

FUENTE: Elaboración Propia



Resultados en la producción de biogás alcanzado

FUENTE: Elaboración Propia



Tomas de datos de presión al 30/10/2017

FUENTE: Elaboración Propia



Biodigestor utilizado en la experimentación

FUENTE: Elaboración Propia



Biodigestor construido domo fijo o “chino”

FUENTE: Elaboración Propia