

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Trabajo Estructurado de Manera Independiente, previo a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico**

TEMA:

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOMASA PARA SU
APLICACIÓN EN LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN ZONAS RURALES
FRÍAS DEL CANTÓN PÍLLARO.**

AUTOR:

Egdo. Oscar Enrique Villacís Villacís

TUTOR:

Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda.

AMBATO – ECUADOR

JUNIO 2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, con el tema “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOMASA PARA SU APLICACIÓN EN LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN ZONAS RURALES FRÍAS DEL CANTÓN PÍLLARO”, desarrollado por el estudiante Villacís Oscar, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito informar que este ha sido concluido en su totalidad, y por tanto puede continuar con el respectivo trámite de graduación.

Ambato, 27 de Junio del 2014

.....
Ing. Mg. Santiago Cabrera Anda
DOCENTE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DE LA TESIS

Yo, OSCAR ENRIQUE VILLACÍS VILLACÍS expreso que el tema, objetivos, conclusiones, recomendaciones, análisis de los resultados y la propuesta, con excepción de conceptos y definiciones en la presente investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Mecánico son absolutamente originales, auténticos y personales.

EL AUTOR

.....
OSCAR VILLACÍS

C.I: 1803436342

DEDICATORIA

Este proyecto primeramente va dedicado a Dios, a mi mamita que me acompaña siempre desde el cielo, a mi esposa Martha, a mi hija Samantha, a mis hermanos que siempre me apoyaron en las buenas y en las malas para lograr mis objetivos y mis metas poder superarme personal y profesional con amor y paciencia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis hermanos que por sus esfuerzos realizados para darme la oportunidad de seguir estudiando y culminar con mis estudios de mi carrera, agradezco especialmente a mi hermana Katy ella fue la impulsora del término de mi carrera ya que fue como mi mamá que se preocupaba de mí siempre.

Al Ing. Santiago Cabrera que es tutor del presente proyecto le agradezco infinitamente por la ayuda que me ha dado para poder culminar mi tesis, a mi hermano Daniel que él me supo ayudar en la elaboración de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA.

1.1	Tema	1
1.2	Planteamiento del Problema	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis Crítico	2
1.2.3	Prognosis	3
1.2.4	Formulación del Problema	3
1.2.5	Preguntas Directrices	3
1.2.6	Delimitación	4
1.2.6.1	Contenido	4
1.2.6.2	Espacial	4
1.2.6.3	Temporal	4
1.3	Justificación	4
1.4	Objetivos	5
1.4.1	Objetivo General	5
1.4.2	Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de investigación	7
2.2	Fundamentación filosófica	8
2.3	Red de categorías fundamentales	9
2.3.1	Potencial energético	9
2.3.2	Termodinámica	10
2.3.3	Eficiencia Térmica	11

2.3.4	Fuentes de Energía Renovable	11
2.3.5	El Biogás	12
2.3.5.1	Beneficios del biogás	13
2.3.6	El Biodigestor	14
2.3.7	Tipos de Biodigestores	14
2.3.7.1	Biodigestor batch o discontinuo	14
2.3.7.2	Semi Continuo	15
2.3.7.3	Continuos	16
2.3.8	Residuos de animales	17
2.3.9	Descomposición Anaeróbica	17
2.3.10	Digestión Anaeróbica	17
2.3.10.1	Condiciones para la Digestión Anaeróbica	19
2.3.10.2	Procesos de Digestión para Tratar los Residuos Orgánicos	19
2.3.11	Biomasa	21
2.3.11.1	Biomasa seca y húmeda	21
2.4	Hipótesis	23
2.5	Señalamiento de Variables de la Hipótesis	23
2.5.1	Variable	23
2.5.2	Término de Relación	23

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

3.1	Enfoque	24
3.2	Modalidad básica de la investigación	24
3.3	Población y Muestra	25
3.4	Operacionalización de Variables	26
3.4.1	Variable Independiente	26
3.4.2	Variable Dependiente	27
3.5	Plan de recolección de información	27
3.6	Plan de procesamiento de la información	29

3.6.1	Plan de análisis e interpretación de resultados	30
-------	---	----

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de Resultados	32
4.2	Interpretación de resultados	35
4.2.1	Generación de biogás	35
4.2.2	Aprovechamiento del biogás para generación de calor en mechero bunsen.	40
4.2.3	Aprovechamiento del biogás como combustible en Lámpara Infrarroja	45
4.3	Verificación de la Hipótesis.	53

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	55
5.2	Recomendaciones	56

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1	Datos Informativos	58
6.2	Antecedentes de la Propuesta	58
6.3	Justificación	59
6.4	Objetivos	59
6.5	Análisis de Factibilidad	59
6.6	Fundamentación	60
6.7	Metodología	67

6.7.1. Parámetros de Diseño del Sistema	67
6.7.2 Cantidad de Estiércol	69
6.7.3 Cantidad de Orín	69
6.7.4 Materia Prima para Carga	70
6.7.5 Porcentaje de Sólidos Totales	71
6.7.6 Sólidos Totales	71
6.7.7 Carga	72
6.7.8 Cálculo del Tiempo de Retención	72
6.7.9 Volumen del Digestor	73
6.7.10 Dimensionamiento del Tanque	73
6.7.11 Determinación de la presión del gas metano al interior del tanque.	74
6.7.12 Determinación de los Diámetros de la Tubería para el Sistema de Calefacción.	74
6.8 Administración	79
6.8.1 Análisis de Costos	79
6.9 Previsión de la Evaluación	81
6.9.1 Guía de operación	81
6.9.1.1 Funcionamiento de arranque para operación diaria	81
6.9.2 Mantenimiento del sistema de calefacción	81
6.9.2.1 Lámpara Infrarroja	81
6.9.2.2 Normas de seguridad	82
6.9.2.3 Biodigestores.	82
6.10. Conclusiones de la Propuesta.	82
Bibliografía	84
Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Composición química del biogás	12
Tabla 2.2. Proceso de Transformación de biomasa seca	22
Tabla 2.2. Proceso de Transformación de biomasa húmeda	22
Tabla 4.1 Valores de capacidad en cada Tanque de 220 lt	33
Tabla 4.2 Valores de capacidad en cada Tanque de 150 lt	35
Tabla 4.3 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 220lt en Píllaro Viejo	40
Tabla 4.4 Datos Técnicos del Mechero Bunsen.	41
Tabla 4.5 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 150lt en Píllaro Viejo	42
Tabla 4.6 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 220lt en San Miguelito de Píllaro.	43
Tabla 4.7 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 150lt en San Miguelito de Píllaro	44
Tabla 4.8. Recomendaciones de temperatura en criaderos.	45
Tabla 4.9. Datos Técnicos de la Lámpara Infrarroja	46
Tabla 4.10 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 220lt en el criadero de pollos en Píllaro Viejo	47
Tabla 4.11 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 150lt en el criadero de pollos en Píllaro Viejo	49
Tabla 4.12 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 220lt en el criadero de pollos en San Miguelito de Píllaro	50
Tabla 4.13 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 150lt (0,15m ³) en el criadero de pollos	52
Tabla 4.14 Datos tomados en el ensayo y comparaciones de tiempo de uso	53
Tabla 6.1 Datos generales de la propuesta	58
Tabla 6.2. Tipos de accesorios para conexiones	63
Tabla 6.3 Valores obtenidos de los tramos del sistema de calefacción	78
Tabla.6.4 Costos unitarios de materiales	79

Tabla.6.5 Costos indirectos	80
Tabla.6.6 Costos Total	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 4.1 Tanque de 220lt (0,22m ³) con los porcentaje de los materiales	32
Gráfico 4.2 Tanque de 150lt (0,15m ³) con los porcentaje de los materiales	34
Gráfico 4.3 Variación de Presión en el Tanque de 220lt (5 Psi) ubicado en Píllaro Viejo	35
Gráfico 4.4 Variación de Presión en el Tanque de 150lt (3 Psi) ubicado en Píllaro Viejo.	36
Gráfico 4.5 Variación de Temperatura ambiente de dos tanques 220lt y 150lt en Píllaro Viejo.	36
Gráfico 4.6 Variación de Presión en el Tanque de 220lt (4,5 Psi) ubicado en San Miguelito de Píllaro.	37
Gráfico 4.7 Variación de Presión en el Tanque de 150lt (2,8 Psi) ubicado en San Miguelito de Píllaro.	37
Gráfico 4.8 Variación de Temperatura en los dos tanques de 220lt y 150lt en Píllaro Viejo	38
Gráfico 4.9 Comparaciones de presiones de los tanques de 220lt en las dos zonas del Cantón Píllaro	38
Gráfico 4.10 Comparaciones de presiones de los tanques de 150lt en las dos zonas del Cantón Píllaro	39
Gráfico 4.11 Comparaciones de Presiones de los 2 tanques de 220lts y los dos 150lts en las dos zonas del Cantón Píllaro	39
Gráfico 4.12 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 220lt con 5 Psi ubicado en Píllaro Viejo	41
Gráfico 4.13 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 150lt con 3 Psi ubicado en Píllaro Viejo	42
Gráfico 4.14 Variación de presión al momento de encender	

el Mechero Bunsen en el tanque de 220lt con 4.5 Psi ubicado en San Miguelito de Píllaro	43
Gráfico 4.15 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 150lt con 2.8 Psi ubicado en San Miguelito de Píllaro	44
Gráfico 4.16 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 220lt en Píllaro Viejo	48
Gráfico 4.17 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 150lt en Píllaro Viejo	49
Gráfico 4.18 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 220lt en San Miguelito de Píllaro	51
Gráfico 4.19 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 150lt (0,15m ³) en San Miguelito de Píllaro.	52

NOMENCLATURA

- V_T** : Volumen total del tanque (lt, m^3)
- V_G** : Cantidad de gas en el tanque (lt, m^3)
- V_A** : Cantidad de agua en el tanque (lt, m^3)
- V_E** : Cantidad de estiércol en el tanque (lt, m^3)
- E**: Estiércol en kilogramos por día (kg/día)
- NA**: Número de animales por especie (vacas, cerdos, etc.)
- PVP**: Peso vivo promedio por animal (kg)
- PE**: Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo (%)
- O**: Orín (kg/día)
- PO**: Producción de orín por animal por día (%)
- MPC**: Materia prima para carga (kg/día)
- %ST**: Porcentaje de sólidos totales contenidos (%)
- %EST**: Porcentaje de sólidos en el estiércol (%)
- ST**: Sólidos totales (kg/día)
- C**: Carga de materia prima en el digestor (lt/día)
- TR**: Tiempo de retención (días)
- V_d** : Volumen del digestor (lt, m^3)
- d_s** : Densidad relativa del gas.
- L_e** : Longitud del tramo (m).
- Q**: Caudal circulante en cada extremo (m^3/h)
- D**: Diámetro interno del conducto (mm)
- ΔP** : Diferencial de presión (kPa)
- P**: Presión absoluta del tramo (kPa)
- V**: Velocidad del gas (m/seg)
- P**: Presión en el tanque. (Pa)
- n**: Número de moles.
- R**: Constante de los gases ideales ($8,314472 \frac{Pa \times m^3}{mol \times ^\circ K}$)
- T**: Temperatura en $^\circ K$.

RESUMEN EJECUTIVO

El principal objetivo de este trabajo es aprovechar el potencial energético del estiércol de cerdo mediante la descomposición en un reactor denominado también biodigestor, el cual está semi-enterrado para generar biogás en zonas frías del cantón Píllaro, usando cuatro bidones dos de 220lt y dos de 150lt.

Se aplicó observación directa que dentro de la misma se realizaron mediante ensayos de pruebas de presión de gas, tiempo de generación, temperatura ambiente y tiempo de uso utilizando Mechero Bunsen y Lámpara Infrarroja, los resultados obtenidos mediante los ensayos con mechero bunsen tenemos una $P_{Max} = 5\text{psi}$ con tiempo de uso de 304seg para tanque de 220lt; $P_{Max} = 3\text{psi}$ con tiempo de uso de 180seg para tanque de 150lt; con la temperatura promedio ambiente de $16,5^{\circ}\text{C}$, en cambio con la lámpara infrarroja se obtuvo $P_{Max} = 5\text{psi}$ con tiempo de uso de 780seg para tanque de 220lt; $P_{Max} = 3\text{psi}$ con tiempo de uso de 320seg para tanque de 150lt; ubicados en Píllaro Viejo; los siguientes valores como $P_{Max} = 4,5\text{psi}$ con tiempo de uso de 254seg para tanque de 220lt; $P_{Max} = 2,8\text{psi}$ con tiempo de uso de 170seg para tanque de 150lt; con la temperatura promedio ambiente de $15,98^{\circ}\text{C}$, en cambio con la lámpara infrarroja se obtuvo $P_{Max} = 4,5\text{psi}$ con tiempo de uso de 600seg para tanque de 220lt; $P_{Max} = 2,8\text{psi}$ con tiempo de uso de 240seg para tanque de 150lt; ubicados en San Miguelito Píllaro.

Se diseñó un sistema de calefacción para criadero de pollos usando estiércol de cerdo para generar de biogás, mediante cálculos realizados permitió obtener una capacidad de almacenamiento de $0,198\text{m}^3$, los cuales permitirán ser instalados con una potencia de 4,2kw, con una autonomía de 8h.

EXECUTIVE SUMMARY

The main objective of this work is to tap the energy potential of manure from pig through decomposition in a reactor, also known as bio-digester, which this semi-buried to generate biogas in cold areas of the Píllaro canton, using four drums 220lt two and two from 150lt.

There was applied direct observation that inside the same one was realized by means of essays of tests of gas pressure, generation time, temperature ambience and time of use using lighter Bunsen and Infrared Lamp, the results obtained by means of the essays with lighter bunsen we have a $P_{Max} = 5\text{psi}$ with time of use of 304seg for tank of 220lt; $P_{Max} = 3\text{psi}$ with time of use of 180seg for tank of 150lt; with the temperature average ambience of $16,5^{\circ}\text{C}$, on the other hand with the infrared lamp it was obtained $P_{Max} = 5\text{psi}$ with time of use of 780seg for tank of 220lt; $P_{Max} = 3\text{psi}$ with time of use of 320seg for tank of 150lt; located in Píllaro Viejo; the following values as $P_{Max} = 4,5\text{psi}$ with time of use of 254seg for tank of 220lt; $P_{Max} = 2,8\text{psi}$ with time of use of 170seg for tank of 150lt; with the temperature average ambience of $15,98^{\circ}\text{C}$, on the other hand with the infrared lamp it was obtained $P_{Max} = 4,5\text{psi}$ with time of use of 600seg for tank of 220lt; $P_{Max} = 2,8\text{psi}$ with time of use of 240seg for tank of 150lt; located in San Miguelito Píllaro.

A heating system for chicken house using pig dung to generate biogas, was designed by calculations made it possible to obtain a storage capacity of $0,198\text{m}^3$, will be installed with a power of 4.2 kW, a range of 8h.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 TEMA: Evaluación del potencial energético de biomasa para su aplicación en la generación de biogás en zonas rurales frías del Cantón Píllaro.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.

En la actualidad el 90% de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas con la utilización de combustibles fósiles que se obtienen del petróleo, del gas natural y del carbón. Estos combustibles fósiles no renovables y sus derivados están experimentando crecientes costos debido a su agotamiento.

Las energías alternativas a diferencia de las energías no renovables, son energías inagotables. Entre las energías renovables se encuentran el viento, el sol, el agua, la biomasa o los residuos orgánicos por lo que se plantea la necesidad de encontrar una tecnología apropiada para que estos recursos puedan ser usados como medio para producir energía.

Además las distintas fuentes de energía son recursos naturales o domésticos, por lo que su disposición no está afectada por variaciones de precio a nivel mundial, no se encuentran distribuidas en un territorio específico y se pueden generar de cualquier actividad humana, principalmente en los procesos agrícolas, ganaderos y los del propio hombre, tal como, basuras y aguas residuales, por lo que al utilizar estos residuos como fuente de energía, a su vez se reduce significativamente el problema de la disposición de basura, mejora la vida de los campesinos, incrementa la producción agrícola y preserva el medio ambiente.

En el Ecuador es poca la influencia de estas tendencias de energía ya que debido al costo de la generación se han perfeccionado pocos proyectos de desarrollo, que se lo han tratado aisladamente como es el caso de la generación de gas metano y biofertilizante a través del impulso de biodigestor los cuales son obtenidos a partir de la fermentación de residuos orgánicos y residuos agropecuarios.

En el desarrollo de otras fuentes de energía alternativas es muy poca debido a que la forma más común de obtención de energía es mediante afluentes hídricos los cuales han opacado el desarrollo de generación de nuevas fuentes de obtención de energía alternativa.

En el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se explica que siendo el Ecuador un país agrícola y ganadero, existe un gran potencial para la explotación de esta fuente de energía en el que genéricamente se denomina energía alternativa, a aquellas fuentes de energía planteadas como alternativa a las tradicionales o clásicas.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.

Desarrollando fuentes alternativas en comunidades y formando el adelanto de tendencias de obtención de energía renovable en el país se podrá aumentar la capacidad de generación de energía que se obtiene y a la vez mejorar la calidad ambiental como beneficio adicional si se lograra ampliar al máximo estas tendencias mundiales.

Si aplicamos formas de obtención de energía más baratas y de fácil manejo es decir que esta se involucre con la colectividad y permita que su avance sea más sostenible generando fuentes de trabajo y mejorar la capacidad que el país tiene para utilizar energía.

Nuestro país depende principalmente del petróleo como fuente de ingreso y como mayor fuente de obtención de energía hídrica, pero la agricultura progresa como

una fuente primordial que necesita el país en sus planes alimentarios, la cual genera grandes cantidades de biomasa residual que representa una fuente de desechos orgánicos, que no es aprovechada para generar energía, la misma que se podría utilizar en las comunidades que todavía carecen de la misma.

Los desechos de los alimentos en descomposición que se generan en el campo, constituyen una fuente importantísima de biomasa que puede ser convertida en energía, así también la excreta que se genera de los sectores agrarios y que solo son utilizadas como abono se podría optimizar para generar una fuente de energía limpia y a la vez también mejorar la capacidad de fertilización del mismo en el campo con lo cual se podrá evitar la utilización de productos químicos en la agricultura perjudiciales para la salud del ser humano.

Si se llega a nuestro objetivo que es aprovechar al máximo estos residuos orgánicos y generar energía limpia, a partir de estos se podría mejorar su manejo disminuyendo el consumo de fuentes no renovables como el petróleo, mejorando la calidad ambiental de nuestro país.

1.2.3 PROGNOSIS.

Al desconocer el potencial de aprovechamiento energético de biogás en zonas frías no se podrá cuantificar un posible uso al nivel agroindustrial en sectores del Cantón Píllaro.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿La evaluación del potencial energético de biomasa en zonas frías podrá ser aprovechada para generar biogás en sectores rurales del Cantón Píllaro?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.

¿Se podrá evaluar los tiempos requeridos para la generación de biogás?

¿Cómo podrá analizar diversos tipos de biodigestores anaerobios verticales?

¿Se podrá analizar el contenido de poder calorífico que contendrá los residuos de ganado porcino?

¿Se podrá plantear una solución al problema de generación de biogás en zonas frías?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

Para poder desarrollar esta investigación es necesario delimitar los intervalos de tiempos, lugares y fechas en que se podrá dar a conocer el resultado de esta investigación, para lo cual procederemos a una delimitación por el contenido, espacial y temporal que a continuación son descritas.

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DEL CONTENIDO.

La investigación se realizará mediante estudios como: metodología de la investigación, energías alternativas, diseño, ciencia de los materiales, mecánica de fluidos, termodinámica, gestión de proyectos, ingeniería ambiental, siendo nuestra fuente de consulta y guía: la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y manuales expuestos en el Internet.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.

El desarrollo del proyecto de investigación se realizará en los sectores de San Miguelito de Píllaro y Píllaro Viejo en los dos Terrenos del Sr Milton Loor.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL.

El estudio del problema se inicia en octubre del 2013 a marzo del 2014.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La razón principal para la realización de esta investigación es buscar que el nivel de manejo de residuos orgánicos así como el de excretas de chanco de los diferentes terrenos, se pueda desarrollar con mayor efectividad mejorando el almacenamiento y recolección del abono generado para luego ser tratado, y así permitirnos obtener energía del mismos y con lo cual se podrá tratar de mitigar en un parte el consumo de energías no renovables en la misma.

Este proyecto es de suma importancia para el avance biotecnológico, ya que los recursos necesarios para la obtención de materia prima son fácilmente adquiridos, y los beneficios directos del biodigestor pueden ser estimados en base al uso del biogás, como una fuente alternativa a energías no renovables, y a la aplicación del efluente como una sustitución de nutrientes aportados por fertilizantes.

Este biodigestor produce biol que es un fertilizante ecológico que se produce de la fermentación del estiércol dentro del biodigestor, también podría contribuir a la reducción de los problemas de contaminación de las aguas residuales, manteniendo el equilibrio ambiental y mejorar la estructura del suelo.

La factibilidad de realizar el presente Trabajo de Investigación; es posible ya que se cuenta con: Internet, guías, materiales comerciales que se pueden encontrar con facilidad en el mercado nacional.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el potencial energético de biomasa para poder aprovechar la generación de biogás en zonas rurales frías del Cantón Píllaro.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar los tiempos requeridos para la generación de biogás.
- Analizar diversos tipos de biodigestores anaerobios verticales.
- Analizar el contenido calorífico que contendrá los residuos del ganado porcino.
- Plantear una solución al problema de generación de biogás en zonas frías.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.

Según varias experiencias en la utilización de energía renovable como lo mencionan diferentes autores en reportes, revistas, libros, etc. en donde se ven experimentados los beneficios económicos y además ecológicos que pueden producir estos métodos de obtención de energía, y como nuestro tema de investigación se refiere a la producción de biogás a partir de desechos orgánicos solo se abarcará este método de obtención de energía para nuestro estudio de todo el campo que comprende las energías renovables y la misma que tomará algunas recomendaciones importantes que caben tomar en cuenta para la investigación actual.

- Diana Patricia Galvis Pinzón, de la Universidad Industrial de Santander, realizó evaluación de potencial energético de la biomasa residual proveniente del sector porcino en Colombia; nos indica que mediante un modelo matemático con base a la aplicación específica para la producción de biogás, debido a que el estiércol durante su descomposición tiene una elevada producción de metano.
- Razo, Edison, EPN, Escuela de Ingeniería, Quito marzo 2007, realizó un estudio de biodigestor con la finalidad de encontrar el más adecuado para cubrir necesidades de rendimiento y tiempos de producción de biogás.
- Según la publicación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Perú, desarrolló un estudio en el medio para conocer su fácil manejo y bajo costo de los biodigestor tubulares de plástico, instalados en una zanja con

aislamiento térmico del suelo, y cubiertos con un invernadero, son una buena alternativa para superar limitaciones condiciones climáticas.

- Denisse Dinora Ortiz Sandoval, de la Universidad de el Salvador, realizó una evaluación del potencial energético de desechos sólidos de granjas de engorde avícolas en el Salvador; la finalidad principal es la determinación del poder calorífico superior del estiércol puro del pollo de las granjas de engorde avícola en el Salvador.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

El propósito que se persigue mediante el desarrollo de esta investigación, es ampliar y tener un mayor conocimiento sobre las mejoras que se pueden obtener al utilizar este proceso en relación a las otras formas de obtención de energía y así disminuir la contaminación provocada por fuentes no renovables de energía.

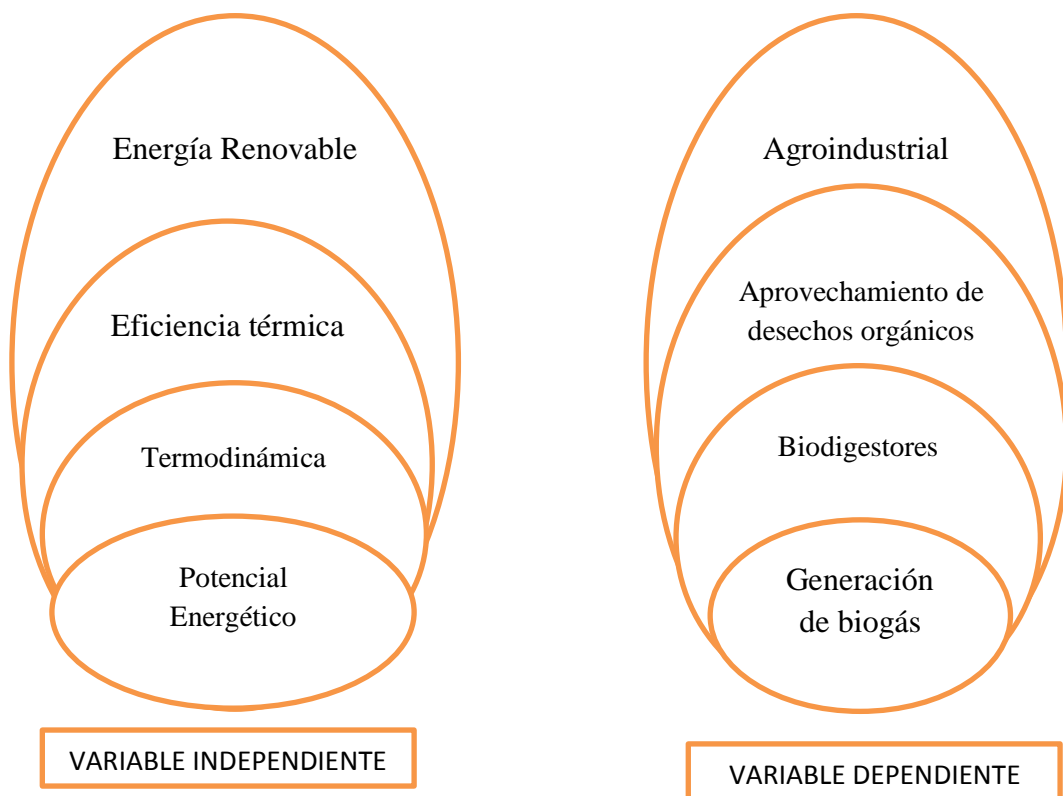
Estas formas de energía no renovable son las causantes de la contaminación ambiental que se ve desarrollada en gran parte por la industrialización y en menor influencia producida en los hogares al desarrollar fuentes contaminantes como basura y residuos orgánicos que no son tratados y lo cual generan problemas en las grandes ciudades en donde se ve afectada por la gran población presente que arrastran estas costumbres no ecológicas.

El presente estudio se fundamenta a partir de los modelos ya existentes. Lo que se quiere conseguir es que estos generadores de energía económica puedan ser productores de fuentes alternativas de energía y a la vez fuentes de trabajo para nuestro país y una fuente de desarrollo para nuestro sector rural.

Este sistema de generación de energía es versátil ya que es sencilla en su operatividad, de poca complejidad ya que su operación no es tan técnica aunque si necesita algunas pequeñas recomendaciones para su buen manejo y conservación, aunque este sistema ocupa gran espacio, su fabricación es más económica y a veces

algo rentable. Su funcionamiento se basa en la descomposición de las bacterias provenientes de los residuos orgánicos o de excretas producidas por animales y personas las mismas que liberan compuestos químicos que producen la generación del biogás que se utilizará en este proceso para reducir el consumo de energías no renovables que utiliza en los terrenos, el biogás que se genere podrá ser utilizado ya sea como gas para consumo doméstico o para la generación de energía eléctrica mediante la transformación de este mismo gas.

2.3 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

2.3.1 POTENCIAL ENERGÉTICO.

Según **GTZ** (2007) nos indica que el potencial energético es la energía liberada en forma de calor que puede ser obtenida de la naturaleza y del sol mediante una

reacción exotérmica como la combustión de algún combustible; mediante la energía eléctrica por efecto joule o por efecto Termoeléctrico.

El potencial energético de la biomasa se clasifica según la probabilidad de su utilización:

- **El potencial teórico** está determinado por la cantidad total de biomasa que es producida o generada en forma de residuos sin considerar restricciones técnicas o económicas.
- **El potencial disponible** corresponde a la cantidad de biogás que es posible de producir a partir de la biomasa efectivamente disponible, aplicando restricciones a la capacidad de recolección.
- **El potencial técnico** corresponde a la energía eléctrica y térmica que es posible de generarse a partir del biogás producido, aplicando restricciones tecnológicas a la conversión, fundamentalmente en términos de eficiencia eléctrica y térmica de los equipos de cogeneración.
- **El potencial económico** está determinado por la cantidad de energía que puede ser producida en condiciones de rentabilidad económica.
- **El potencial implementable** es el que siendo económicamente factible es posible de ser implementado.

2.3.2 TERMODINÁMICA.

Según **Cengel, Y** (2003) nos indica que la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. La termodinámica se interesa en la cantidad de transferencia de calor a medida que un sistema pasa por un proceso, de un estado de equilibrio a otro, y no indica cuánto tiempo transcurrirá. Un análisis termodinámico sencillamente nos dice cuánto calor

debe transferirse para que se realice un cambio de estado específico con el fin de satisfacer el principio de conservación de la energía.

2.3.3 EFICIENCIA TÉRMICA.

Cengel. Y (2003) nos señala que la eficiencia térmica, e (o simplemente eficiencia), de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo, se escribe de la forma:

$$e = \frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c - Q_F}{Q_c} = 1 - \frac{Q_F}{Q_c} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Se puede pensar en la eficiencia como la razón de lo que se obtiene (trabajo mecánico) a lo que se paga por (energía). Este resultado muestra que una máquina térmica tiene una eficiencia de 100% ($e = 1$) sólo si $Q_F = 0$, es decir, si no se libera calor a la fuente fría. En otras palabras, una máquina térmica con una eficiencia perfecta deberá convertir toda la energía calórica absorbida Q_C en trabajo mecánico.

2.3.4 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE.

Larraín y Stevens (2002) nos indica que las fuentes de energía renovables se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables que contienen una inmensa cantidad de energía y otras son capaces de regenerarse por medios naturales.

Existen fuentes energéticas diversas tales como el aprovechamiento directo de la radiación solar, el viento, biomasa, etc., que tienen las siguientes características comunes:

- Son recursos que se encuentran muy bien distribuidos por todo el planeta lo que garantiza el suministro autóctono.

- Los procesos tecnológicos asociados a su utilización son relativamente sencillos, lo que proporciona su accesibilidad.
- Tiene un reducido impacto ambiental.

2.3.5 EL BIOGÁS.

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegeneración de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico).

Botero y Preston (1987) nos muestran que el biogás es un gas compuesto cerca de 60% de metano (CH_4) y 40% de bióxido de carbono (CO_2). Contiene mínimas cantidades de otros gases entre ellos 1% de ácido sulfhídrico (H_2S). Es un poco más liviano que el aire, posee una temperatura de inflamación de $700\text{ }^\circ\text{C}$ y su llama alcanza una temperatura de $870\text{ }^\circ\text{C}$.

Tabla 2.1. Composición química del biogás.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BIOGÁS		
Componentes	Fórmula Química	Porcentaje (%)
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
Ácido Sulfúrico	H_2S	0.1

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas de México 1980.

El metano es el componente energético útil y del contenido de este depende el valor combustible del biogás. Para la producción de biogás se sigue la secuencia de la figura 2.1.

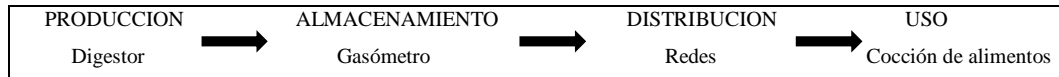


Figura 2.1: Secuencia para la producción de Biogás.

Fuente: Botero y Preston (1987)

2.3.5.1 BENEFICIOS DEL BIOGÁS.

El biogás como producto obtenido del tratamiento de los residuos se obtiene diferentes beneficios para la sociedad como son:

- **DIRECTOS.**

- ✓ Combustible para cocinar.
- ✓ Generación de fuerza motriz, para accionar bombas de irrigación, molinos de harinas, cortadoras de basura.
- ✓ Iluminación.
- ✓ Generación de energía eléctrica para hornos y calderas.

- **INDIRECTOS.**

- ✓ Economía de tiempo para cocinar.
- ✓ Menor contaminación por la ausencia del humo.
- ✓ Mayor limpieza.
- ✓ Facilidad para cocinar.

- ✓ Eliminación del trabajo en la colecta de madera y leña.

2.3.6 EL BIODIGESTOR.

Botero y Preston (1987) nos indica que un biodigestor es un sistema sencillo de conseguir y solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales.

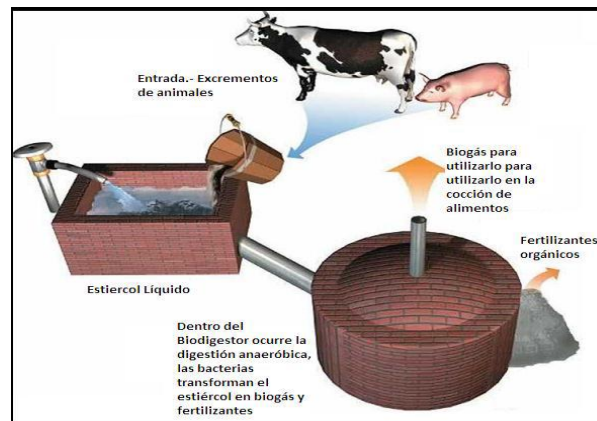


Figura 2.2. Esquema de un Biodigestor

Fuente: Botero y Preston (1987)

2.3.7 TIPOS DE BIODIGESTORES.

De acuerdo a la frecuencia de cargado, los sistemas de biodigestión se pueden clasificar en:

- ✓ Batch o discontinuo.
- ✓ Semi continuos.
- ✓ Continuos

2.3.7.1 BIODIGESTOR BATCH O DISCONTINUO.

Tayllhardat, L (1985), nos dice que este tipo de digestor se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas

combustible. Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena al biogás. Figura 2.6.

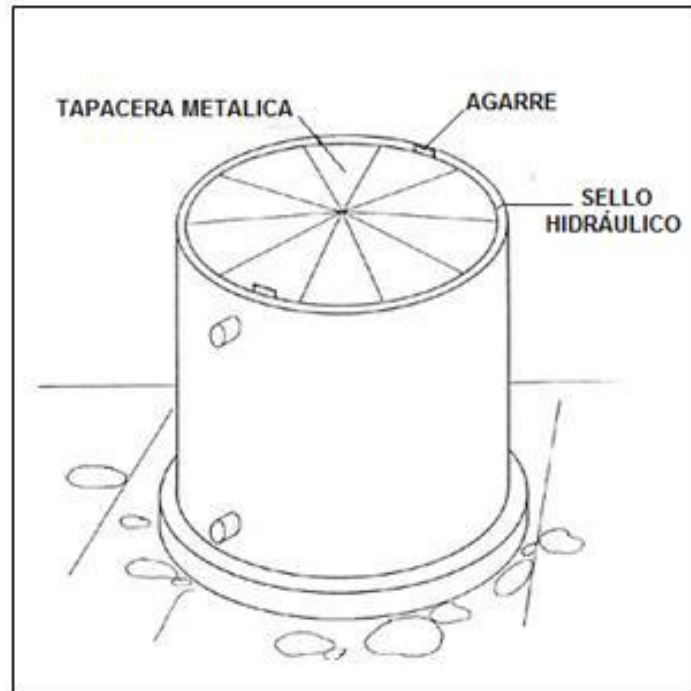


Figura 2.6. Biodigestor Batch.

Fuente: Tayllhardat, 1985.

2.3.7.2 SEMI CONTINUO.

Es el más usado en el medio rural, cuando se trata de digestores pequeños para el uso doméstico. Los diseños más populares son el hindú y el chino.

✓ Biodigestor de campana flotante (Tipo Hindú).

Gil y Olaya (2001; 2006) nos expone que por lo general son verticales y enterrados. Esta clase de biodigestores se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación.

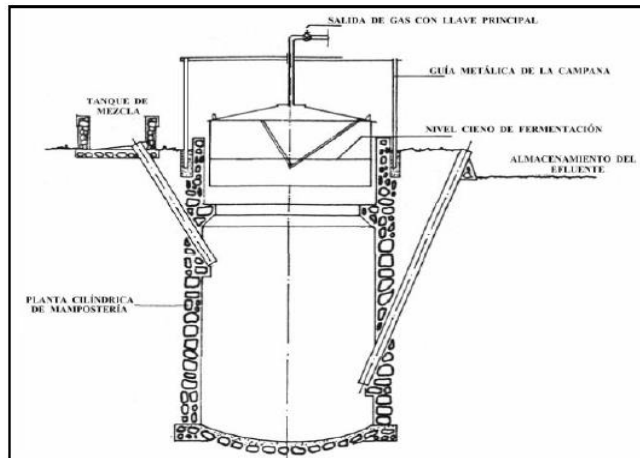


Figura 2.7. Biodigestor de campana flotante

Fuente: Robes-Gil 2001; Olaya 2006

✓ **Biodigestor de campana fija (Tipo Chino).**

Estos son tanques cilíndricos con el techo y piso en forma de domo, y se construyen totalmente enterrados y no existe gasómetro, almacenándose el biogás dentro del mismo sistema. (Figura 2.8).

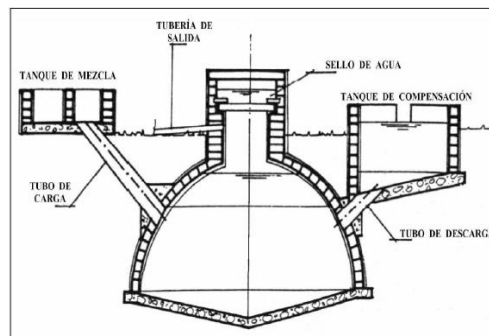


Figura 2.8. Biodigestor de campana fija.

Fuente: Gil y Olaya (2001; 2006).

2.3.7.3 CONTINUOS.

Tayllhardat, L (1985), nos indica que este digestor se construye para tratamiento de aguas residuales, estas plantas son muy grandes en las cuales se emplean equipos comerciales para alimentarlos, para suministrar calefacción y agitación, así como

para su control, este tipo de plantas son más bien instalaciones tipo industriales, donde se genera una gran cantidad de biogás el que a su vez se aprovecha en aplicaciones industriales.

2.3.8 RESIDUOS DE ANIMALES.

BESEL, S.A (2007) nos indica que los residuos ganaderos son una fuente de energía como los purines y estiércoles de las granjas de vacas y cerdos que pueden valorizarse energéticamente como por ejemplo; el aprovechando el gas (o biogás) que se produce a partir de ellos, para producir calor y electricidad, de la misma manera se puede aprovecharse la energía de las basuras urbanas, porque también producen un gas o biogás combustible, al fermentar los residuos orgánicos, que se puede captar y se puede aprovechar energéticamente produciendo energía eléctrica y calor en los que se puede denominar como plantas de valorización energética de biogás de vertedero.

2.3.9 DESCOMPOSICIÓN ANAERÓBICA.

Según **Jácome. A** (1990) nos indica que la descomposición anaeróbica es considerado útil para tratar residuos biodegradables ya que estos pueden producir un combustible de valor, al momento que se genera un efluente que puede ser utilizado como abono genérico. El biogás tiene como promedio un poder calorífico entre 4.500 a 5.600 Kcal/m³. Normalmente, se trata de evitar (en lo posible) la putrefacción de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación - oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes), aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción mediante bacterias anaeróbicas.

2.3.10 DIGESTIÓN ANAERÓBICA.

Según **McInerney and Bryant** (1980), la digestión anaeróbica es un proceso biológico degradativo en el cual, parte de la materia orgánica contenida en un

sustrato es convertida en una mezcla de gases principalmente metano y dióxido de carbono.

El proceso de descomposición anaerobia de la materia orgánica se divide en cuatro fases o procesos:

- ✓ Hidrólisis.
- ✓ Etapa fermentativa o acidógena.
- ✓ Etapa acetógena.
- ✓ Etapa metanogénicas.

A continuación se muestra las etapas metabólicas en el proceso de digestión anaerobia representadas en la figura 2.3.

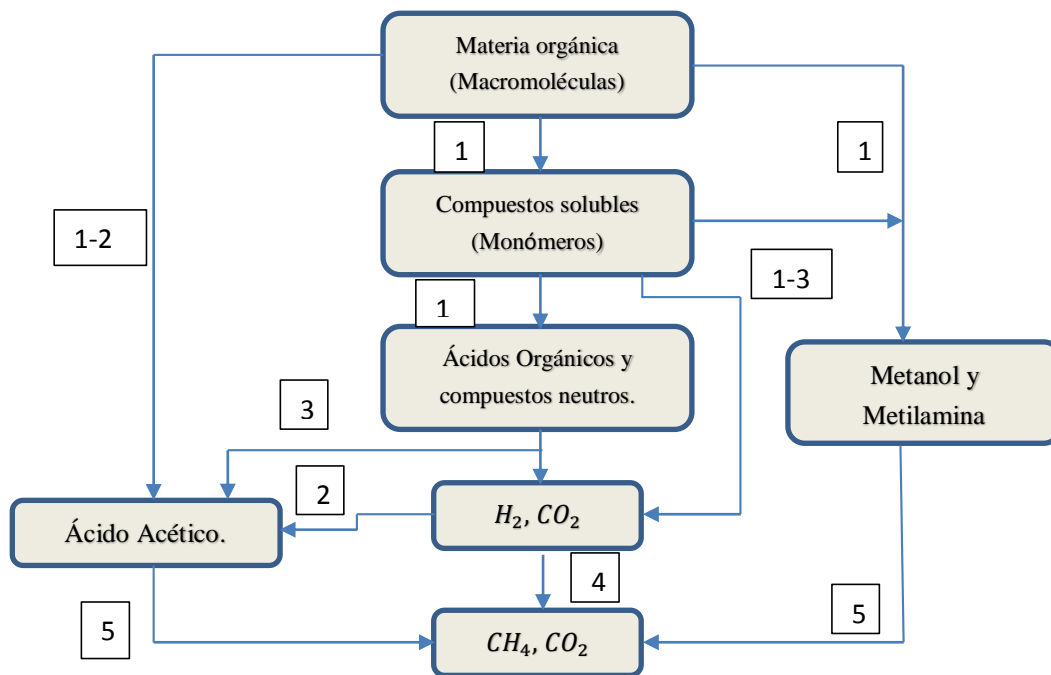


Figura 2.3. Etapas de fermentación bacteriana.

Fuente: McInerney and Bryant (1980).

1. Bacterias hidrolíticas – acidógenas.
2. Bacterias homoacetógenas.
3. Bacterias acelógenas.
4. Bacterias metanótgenas.

5. Bacterias metanógenas acetoclásticas.

2.3.10.1 CONDICIONES PARA LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA.

Las condiciones para la obtención de metano en el digestor son las siguientes:

- ✓ Temperatura entre los 15 °C y 60 °C.
- ✓ pH (nivel de acidez/ alcalinidad) alrededor de siete.
- ✓ Ausencia de oxígeno.
- ✓ Gran nivel de humedad.
- ✓ Materia orgánica.
- ✓ Que la materia prima se encuentre en trozo más pequeños posible.
- ✓ Equilibrio de carbono / nitrógeno.

2.3.10.2 PROCESOS DE DIGESTIÓN PARA TRATAR LOS RESIDUOS ORGÁNICOS.

Jácome. A (1990), nos explica que la digestión para degradar los residuos orgánicos mediante la producción de biogás en un proceso microbiano, se necesita condiciones ambientales propicias y un manejo adecuado para que funcione eficientemente el sistema, desde que se carga el digestor hasta la producción del gas y salida del fluente.

Existen procesos para tratar los diversos residuos orgánicos, los cuales dependen de las condiciones de diseño del sistema, como de los propios digestores y del modo del sistema, como de los propios digestores y del modo de presentación de los

substratos a ser fermentados. Según la forma de alimentación puede ser las siguientes:

➤ **FERMENTACIÓN CONTINUA.**

La fermentación en el digestor es un proceso ininterrumpido, el fluyente que descarga es igual al material que entra, la producción de gas es uniforme en el tiempo; este proceso se aplica en zonas con ricos materiales residuales y digestor de tamaño grande (mayor de 15 m³) y mediano (entre 6.3 y 15 m³). La característica más importante es alta dilución de la carga, de 3 a 5 veces agua/excreta y además su manejo es relativamente fácil, pues lo que se hace es manejo hidráulico del sistema, que puede llegar a no requerir mano de obra en la operación si las condiciones topográficas son favorables. En la figura 2.4 se muestra el esquema del proceso de fermentación continua.

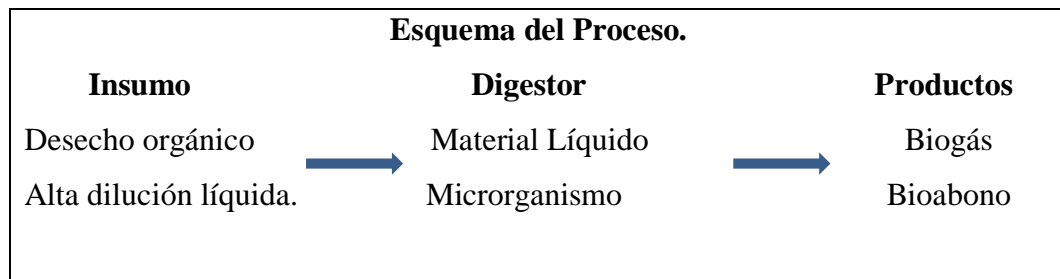


Figura 2.4: Esquema del proceso de fermentación continua.

Fuente: Jácome. A (1990).

➤ **FERMENTACIÓN SEMICONTINUA.**

La primera carga que se introduce, consta de gran cantidad de materiales; cuando va disminuyendo gradualmente el rendimiento del gas se agregan nuevas materias primas y se descarga el fluyente regularmente en la misma cantidad. El sustrato a degradar ocupa un volumen en el digestor (80%), mientras que el resto del volumen (20%) es reservado para realizar cargas continuas diarias o intermedias, a medida que va disminuyendo gradualmente el rendimiento del gas.

➤ FERMENTACIÓN POR LOTES.

Los digestores se cargan con material en un solo lote, cuando el rendimiento de gas decae a un bajo nivel, después de un periodo de fermentación, se vacían los digestores por completo y se alimenta de nuevo. El biodigestor tipo Batch es mediante el cual el material de carga se caracteriza, por una alta concentración de sólidos, el cual debe ser adecuadamente inoculado, sobre todo cuando se fermentan materiales vegetales.

La ventaja de este proceso es que una vez iniciado llega al final sin contratiempos, necesitando mano de obra solo al momento de la carga y la descarga.

La desventaja es que al tratarse de manejo de sólidos sobre todo cuando son grandes volúmenes requiere mecanizarlo, no obstante hay gran producción de gas por unidad de volumen y un biogás de buena calidad, el proceso se demuestra en la figura 2.5.

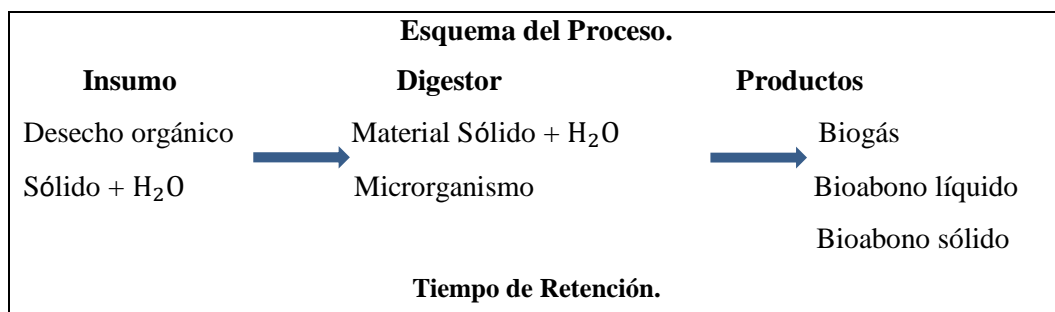


Figura 2.5: Esquema del proceso fermentación por lotes.

Fuente: Jácome. A (1990).

2.3.11 BIOMASA.

BESEL, S.A (2007), este departamento de energía nos indica que la biomasa es la masa biológica, la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico. El término es utilizado con mayor frecuencia en las discusiones relativas a la energía de biomasa, es decir, al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos

biológicos. La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo.

2.3.11.1 BIOMASA SECA Y HÚMEDA.

Según la proporción de agua en las sustancias que forman la biomasa, también se puede clasificar en:

- Biomasa seca: madera, leña, residuos forestales, restos de las industrias madereras y del mueble, etc.

El rendimiento energético suele ser alto. En la tabla 2.2 adjunta se indican los productos que se obtienen en este aprovechamiento, entre los que destaca el calor (para calefacciones, calderas, etc.), la electricidad obtenida (haciendo pasar vapor a gran presión por una turbina unida a un generador eléctrico), el vapor de agua caliente, o diversos combustibles (metanol, metano).

Tabla 2.2. Proceso de transformación de la biomasa seca.

Combustión	Pirólisis	Gasificación
Calor, electricidad, vapor de agua	Electricidad, metanol	Combustibles diversos
Rto: 65-95%	Rto: 30-90%	Rto: 65-75%

Fuente: BESEL, S.A, (2007).

- Biomasa húmeda: residuos de la fabricación de aceites, lodos de depuradora, purines, etc.

En este caso se emplean procesos bioquímicos de transformación, con menor rendimiento energético y tiempos de procesado más largos. Tienen más interés ecológico (muchas son sustancias contaminantes) que el propio aprovechamiento energético.

Tabla 2.3.Procesos de transformación de la biomasa húmeda

<u>Fermentación anaerobia</u>	<u>Fermentación alcohólica</u>
Metano (biogás)	Etanol
Rto: 20-35%	Rto: 20-25%

Fuente: BESEL, S.A, (2007).

2.4 HIPÓTESIS.

La evaluación del potencial energético de biomasa permitirá su aplicación para la generación de biogás en zonas rurales frías del Cantón Píllaro.

2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

2.5.1 VARIABLE.

- Potencial Energético. **V.D.**
- Generación de biogás. **V.I.**

2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN.

Para.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

3.1 ENFOQUE.

En el desarrollo de nuestra investigación para generar biogás predomina lo cuantitativo por la preferente utilización de los siguientes datos:

- Verificación de los parámetros de medición y prueba de los recursos que generan el biogás.
- Optimizar la obtención de biogás mediante combinaciones de residuos para analizar su efectividad.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.

- INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Se utiliza este tipo de investigación debido a la naturaleza del proyecto, en el cual es necesario estar en el lugar mismo y a través de ello verificar e indagar las posibles causas que se está tratando solucionar, sin manipulación de las variables, permitiendo generalizar los resultados obtenidos a situaciones afines

- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA – DOCUMENTAL.

Por medio de esta investigación nos permite conocer, ampliar, profundizar y deducir el concepto de diversos autores sobre el problema de estudio.

NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

- **EXPLORATORIO.**

Este tipo de investigación nos permite sondear el problema para poder conocer sus características, analizarlo y poder desarrollar nuestras expectativas.

- **DESCRIPTIVA.**

Se dará a conocer cada una de las partes constitutivas del generador de biogás de una forma tal que sea entendible por todos los lectores que sean afines a este tema.

- **EXPLICATIVO.**

Explica el fenómeno y estudio del problema que se está investigando para conocer su estructura.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

El universo de estudio para el presente proyecto está constituido por las evaluaciones del potencial energético de biomasa en las zonas rurales relacionadas directa o indirectamente con estudio de este tipo de estos recursos renovables para la generación de biogás.

La muestra es la parte representativa de la población o universo, que permite generalizar los resultados obtenidos a partir de ella a todo el conjunto. El tipo de muestra que se ajusta al estudio propuesto es Muestreo de Campo.

La toma de los datos se hará mediante mediciones de campo durante un lapso necesario para determinar las variables en cuestión.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

Potencial energético. V.I.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTACIÓN
<p>Emplear la energía liberada en forma de calor que puede ser obtenida de la naturaleza y del sol mediante una reacción exotérmica, como la combustión de algún combustible; por una reacción nuclear de fisión o de fusión; mediante energía eléctrica por efecto Joule o por efecto termoeléctrico; o por rozamiento, como residuo de otros procesos mecánicos o químicos.</p> <p>El aprovechamiento térmico de la biomasa puede proporcionar agua caliente, calefacción o aire caliente</p>	Flujo Másico	¿Cómo influyen las características físicas en el aprovechamiento de la biomasa para encontrar el flujo másico?	Masa Tiempo Volumen	OBSERVACIONES Guía de observaciones
	Materia orgánica	¿Cuáles serán el tipo de materia orgánica que se va a evaluar?	Estiércol de cerdo	OBSERVACIONES Guía de observaciones
	Biomasa	¿Cuál será el valor de poder calorífico de la biomasa de cerdo?	5.500Kcal/m ³	OBSERVACIONES Guía de observaciones
	Tiempo de descomposición	¿Cuánto se demora en descomponerse el excremento para generar biogás?	t _{min} =15 días t _{prom} =45 días t _{máx} =60 días	OBSERVACIONES Guía de observaciones

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Generación de biogás. **V.D.**

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTACIÓN
<p>Modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico, que dependerá principalmente de los materiales utilizados, temperatura y tiempo de descomposición.</p>	Temperatura	¿Cuáles son los límites de temperatura para que genere un biogás en un biodigestor?	$T_{\min}=15^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{prom}}=27^{\circ}\text{C}$ $T_{\max}=40^{\circ}\text{C}$	<p>OBSERVACIONES</p> <p>Guía de observaciones</p>
	Presión	¿Cuánta presión habrá en un biodigestor tipo bacht?	$P_{\min}=7\text{mbar}$ $P_{\text{prom}}=12\text{mbar}$ $P_{\max}=20\text{mbar}$	

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La información en la cual se basó el presente proyecto fue bajo los resultados obtenidos de la observación, los mismos permitieron recolectar datos, que guiaron la ejecución del proyecto. Los instrumentos de apoyo utilizados fueron registros,

textos, páginas web y material bibliográfico referente al tema. Los datos se obtuvieron a partir de mediciones de campo. Para medir las presiones en los bidones de 220lt y 150lt al momento de la generación del biogás se empleó un manómetro para medir en cada envase respectivamente.



Fig. 3.1 Manómetro de presión.

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Para conocer la temperatura ambiente se empleó un Termo - Higrómetro y un Multímetro con termocupla para las mediciones correspondientes.



Fig. 3.2 Termo - Higrómetro (utilizado en el proceso).

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.



Fig. 3.3. Multímetro con termocupla (utilizado en el proceso).
Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Los datos obtenidos se los registran en fichas o formatos de campo.

Cabe mencionar que además se registró la variación de temperatura en los cuatro bidones enterrados en dos terrenos ubicados en: Píllaro Viejo dos envases (220lt y 150lt) y dos (220lt y 150lt) en San Miguelito de Píllaro que es propiedad del Sr Milton Loor, el cual se recolecto todos los días a partir del mes de noviembre de 2013 hasta marzo de 2014 con el fin de estudiar de un modo aproximado el comportamiento del clima en la generación del biogás.

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Una vez que se ha obtenido la información necesaria, se realizó una tabulación de los datos y representaciones gráficas para poder observar el comportamiento de los resultados obtenidos en la investigación.

- Obtener la relación porcentual con respecto al total del volumen de cada bidón de 220lt y 150lt para poder conocer la cantidad de estiércol, agua y gas que va ocupar en cada recipiente.
- Con el porcentaje y los resultados numéricos se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para la graficación de cada tanque señalado anteriormente.

Las gráficas a utilizar para el estudio son las siguientes:

- Presión vs Tiempo en la generación del biogás en los tanques de 220lt y 150lt respectivamente según el tiempo de retención del estiércol.
- Temperatura vs Tiempo en la generación del biogás en los tanques de 220lt y 150lt con variación de temperaturas debido a que el clima varia por estar ubicado en zonas frías del Cantón Píllaro.
- Lo comparamos las Presión vs Tiempo entre los tanques de 220lt para conocer cual zona es la mejor para generar biogás.
- Igualmente como lo mencionamos anteriormente lo comparamos con los tanques de 150lt para generar biogás.
- Finalmente se lo compara entre los cuatro tanques de 220lt y 150lt y se observa su eficiencia de generación de biogás más adecuada para poder utilizarla.
- En cada una de las gráficas anteriormente mencionadas se realiza la línea de tendencia.
- Se utiliza un Mechero Bunsen para poder realizar una aplicación y saber cuánto se demora encendida y se toma el tiempo de prendido y se realiza una gráfica estadística del ensayo (Presión vs Tiempo) con los cuatro tanques anteriormente mencionados.
- Se coge datos en la aplicación de una lámpara infrarroja igualmente se obtiene la Presión vs Tiempo, el tiempo en calentar un criadero de pollos en estas zonas frías y comparar que tanque es el más eficiente para generar biogás.

3.6.1 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

El análisis e interpretación de resultados se presentaran en el capítulo 4 en esta parte se pondrá en conocimiento los siguientes ítem que se tendrán que evaluar en proyecto después de los ensayos realizados en el generador anaeróbico.

- Representaciones gráficas de resultados obtenidos en los ensayos realizados.

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando la tendencia de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.
- Interpretación de los resultados, con el apoyo del marco teórico.
- Comprobación de la hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para el presente análisis de resultados se ha considerado el siguiente proceso para el desarrollo de la evaluación del potencial energético de biomasa para su aplicación en la generación de biogás en zonas rurales frías del Cantón Píllaro.

- Para la recolección del estiércol de cerdo se determinó un promedio diario en que el animal defeca, el cual es de 44,09 lb (20 kg) por día de 10 chanchos pequeños y 2 grandes.
- Las medición se realizó utilizando cuatro bidones dos de 220lt (0,22m³) y dos de 150lt (0,15m³) para la generación de biogás mediante el aprovechamiento del estiércol de cerdo de los cuales un bidón de 220lt (0,22m³) y otro de 150lt (0,15m³) se colocó en Píllaro Viejo y los otros dos se colocó en San Miguelito de Píllaro.
- Se aplicó porcentajes para poder distribuir la cantidad de agua y el estiércol a los bidones (220lt (0,22m³) y 150lt(0,15m³)) esto tenemos a continuación:

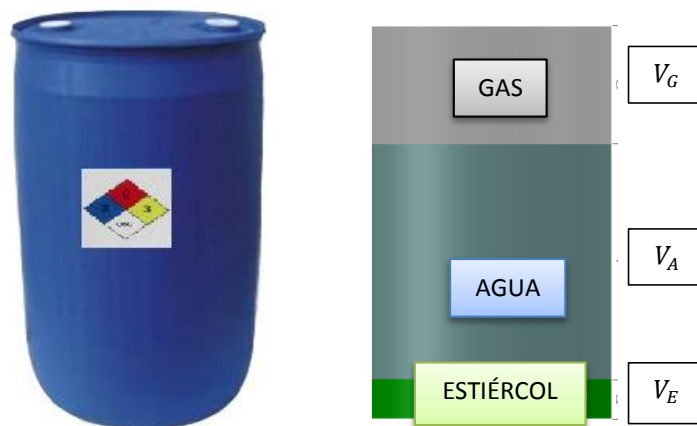


Gráfico 4.1 Tanque de 220lt (0,22m³) con los porcentaje de los materiales dentro del mismo.

$$V_{T(\text{tanque})} = V_G + V_A + V_E \quad \text{Ec.4.1}$$

Donde:

$V_{T(\text{tanque})}$ = Volumen total del tanque en lt. (m^3).

V_G = Cantidad de gas en el tanque en lt. (m^3).

V_A = Cantidad de agua en el tanque en lt. (m^3).

V_E = Cantidad de estiércol en el tanque en lt. (m^3).

$$V_G = 0,3 \times V_T \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$V_G = 0,3 \times 220 \text{ lt}$$

$$V_G = 66\text{lt} = 0,0660\text{m}^3 \text{ (Cantidad de gas).}$$

$$V_A = 0,6 \times V_T \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$V_A = 0,6 \times 220\text{lt}$$

$$V_A = 132\text{lt} = 0,1320\text{m}^3 \text{ (Cantidad de agua).}$$

$$V_E = 0,1 \times V_T \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$V_E = 0,1 \times 220\text{lt}$$

$$V_E = 22\text{lt} = 0,0220\text{m}^3 \text{ (Cantidad de estiércol).}$$

Tabla 4.1 Valores de capacidad en cada Tanque de 220 lt.

VOLUMEN TOTAL	VOLUMEN AGUA	VOLUMEN ESTIÉRCOL	VOLUMEN GAS
220 lt (0,22m ³)	132 lt (0,132m ³)	22 lt (0,022m ³)	66 lt (0,066m ³)

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

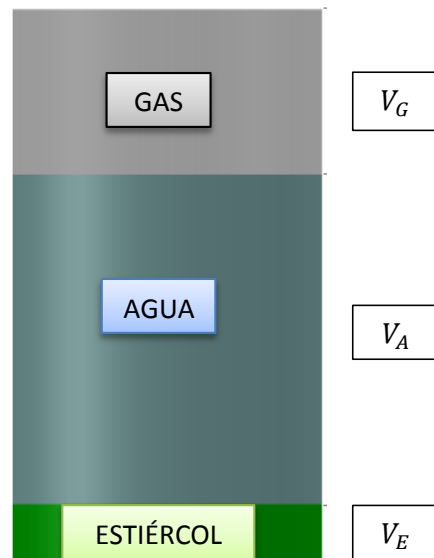


Gráfico 4.2 Tanque de 150lt ($0,15\text{m}^3$) con los porcentaje de los materiales dentro del mismo.

$$V_{T(\text{tanque})} = V_G + V_A + V_E \quad (\text{Ec.4.1})$$

$$V_G = 0,3 \times V_T \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$V_G = 0,3 \times 150 \text{ lt}$$

$$V_G = 45\text{lt} = 0,0450\text{m}^3 \text{ (Cantidad de gas).}$$

$$V_A = 0,6 \times V_T \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$V_A = 0,6 \times 150\text{lt}$$

$$V_A = 90\text{lt} = 0,09\text{m}^3 \text{ (Cantidad de agua).}$$

$$V_E = 0,1 \times V_T \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$V_E = 0,1 \times 150\text{lt}$$

$$V_E = 15\text{lt} = 0,015\text{m}^3 \text{ (Cantidad de estiércol).}$$

Tabla 4.2 Valores de capacidad en cada Tanque de 150 lt.

VOLUMEN TOTAL	VOLUMEN AGUA	VOLUMEN ESTIÉRCOL	VOLUMEN GAS
150 lt (0,150m ³)	90 lt (0,090m ³)	15 lt (0,015m ³)	45 lt (0,045m ³)

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

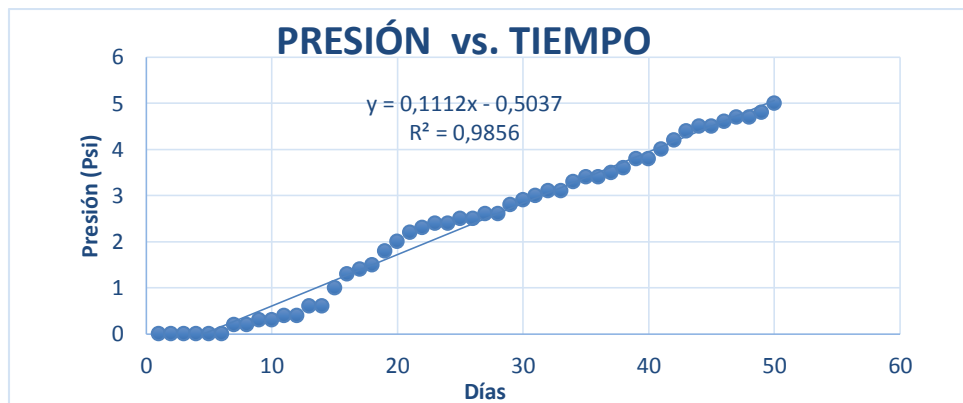
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.2.1 GENERACIÓN DE BIOGÁS.

A continuación se resume de las tablas de Anexos A, los valores obtenidos de las presiones de biogás en base a los cambios de temperatura en bidones de 220lt (0,22m³) y 150lt (0,15m³) enterrados respectivamente en Píllaro Viejo y San Miguelito de Píllaro.

a) **Lugar:** Píllaro Viejo.

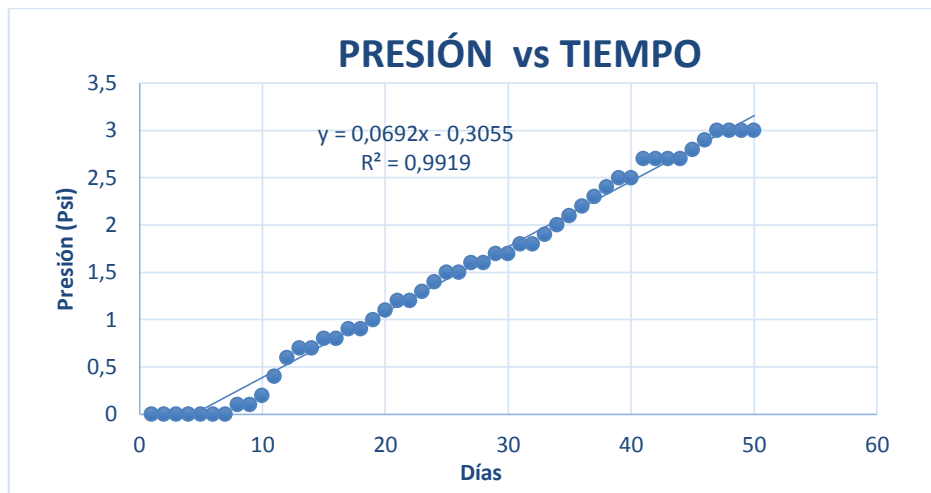
Gráfico 4.3 Variación de Presión en el Tanque de 220lt (5 Psi) ubicado en Píllaro Viejo.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

A medida que se va pasando los días la presión del tanque incrementa según la temperatura de exposición al sol almacenada en el tanque, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal creciente.

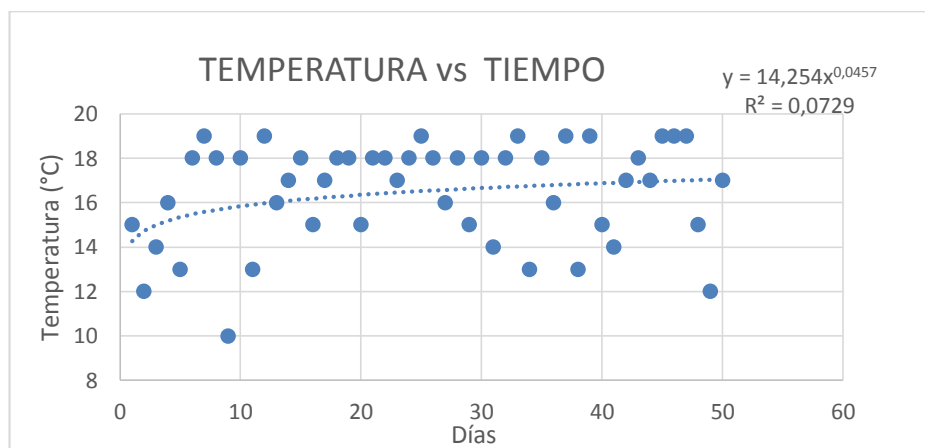
Gráfico 4.4 Variación de Presión en el Tanque de 150lt (3 Psi) ubicado en Píllaro Viejo.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Al pasar los días la presión del tanque incrementa según la temperatura de exposición al sol almacenada en el tanque, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal creciente.

Gráfico 4.5 Variación de Temperatura ambiente en los dos tanques 220lt (0,22m³) y 150lt (0,15m³) en Píllaro Viejo.

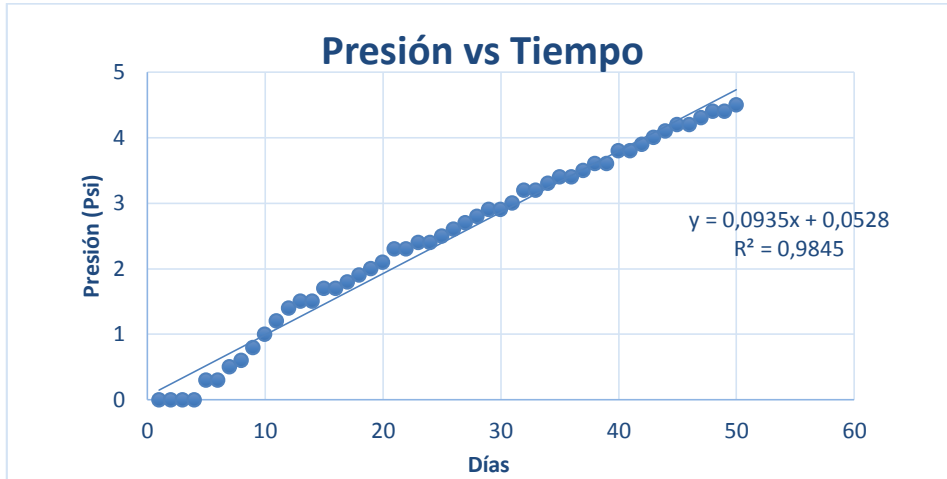


Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

En la gráfica podemos observar como las temperaturas varían cada día según el clima, en el cual el promedio es de 16,5°C en esta zona. La $T_{mín} = 10°C$ y la $T_{máx} = 19°C$.

b) **Lugar:** San Miguelito de Píllaro.

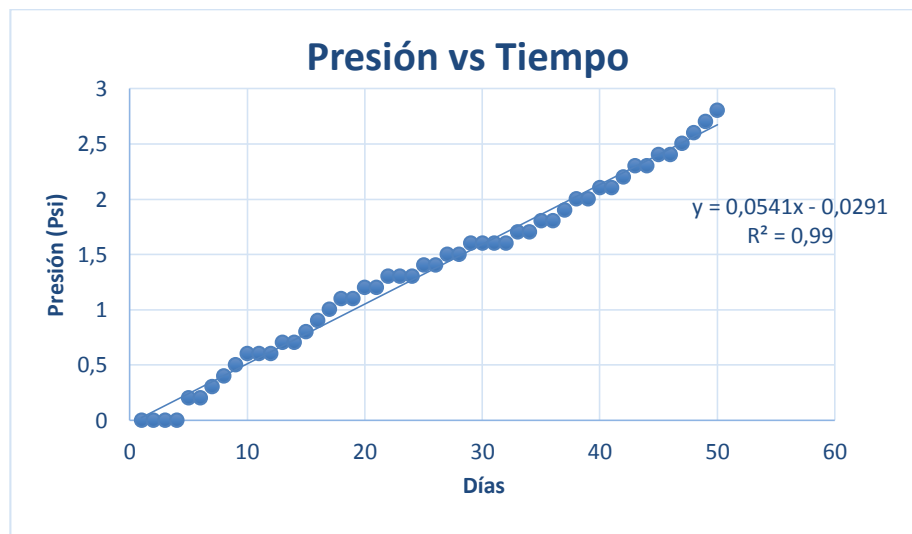
Gráfico 4.6 Variación de Presión en el Tanque de 220lt (4,5 Psi) ubicado en San Miguelito de Píllaro.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

A medida que se va pasando los días la presión del tanque incrementa según la temperatura de exposición al sol almacenada en el tanque, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal creciente.

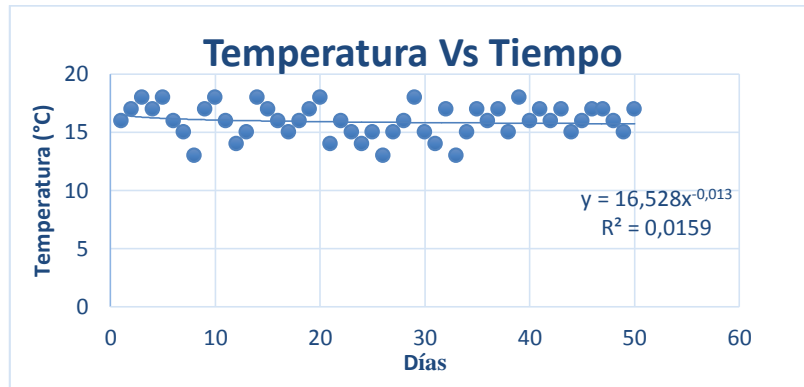
Gráfico 4.7 Variación de Presión en el Tanque de 150lt (2,8 Psi) ubicado en San Miguelito de Píllaro



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

A medida que se va pasando los días la presión del tanque incrementa según la temperatura de exposición al sol almacenada en el tanque, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal creciente.

Gráfico 4.8 Variación de Temperatura ambiente en los dos tanques 220lt (0,22m³) y 150lt (0,15m³) en San Miguelito de Píllaro.

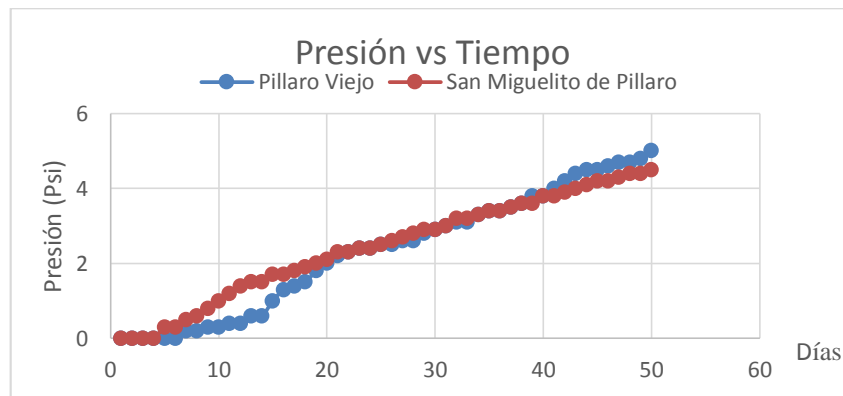


Fuente: Elaborado por Egdó. Oscar Villacís.

En la gráfica podemos observar como las temperaturas varían cada día según el clima, en el cual el promedio es de 15,98°C en esta zona. La $T_{\min} = 13^{\circ}\text{C}$ y la $T_{\max} = 18^{\circ}\text{C}$.

c) Comparación de presiones: En las dos zonas del Cantón Píllaro

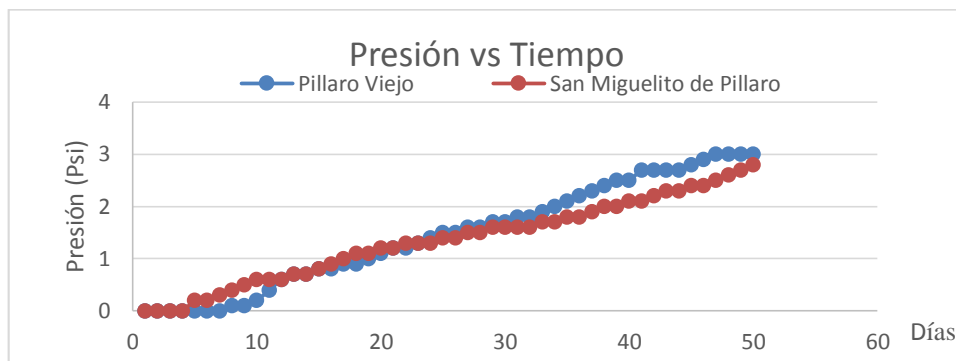
Gráfico 4.9 Comparaciones de presiones de los tanques de 220lt (0,22m³) en las dos zonas del Canto Píllaro.



Fuente: Elaborado por Egdó. Oscar Villacís.

En la gráfica podemos observar que a partir de los 39 días comienza la presión aumentar de 3,6 a 5psi diariamente hasta los 50 días en Píllaro Viejo, mientras que en la de San Miguelito de Píllaro se produce más lento de la presión de gas de 3,6 a 4,5psi respectivamente.

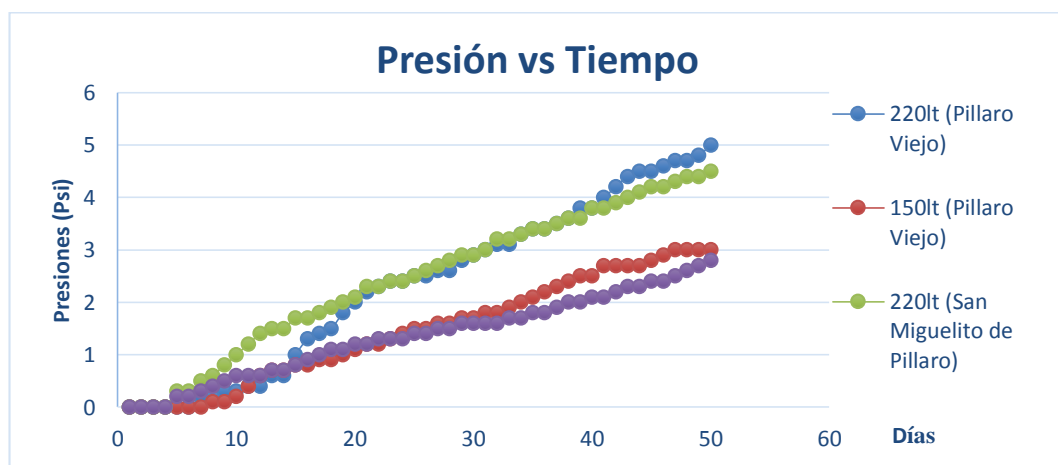
Gráfico 4.10 Comparaciones de presiones de los tanques de 150lt (0,15m³) en las dos zonas del Canto Píllaro



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

En la gráfica podemos observar que a partir de los 24 días comienza la presión aumentar 1,3 a 3 psi diariamente hasta los 50 días en Píllaro Viejo, mientras que en la de San Miguelito de Píllaro se produce más lento la presión de gas de 1,3 a 2,8 psi respectivamente.

Gráfico 4.11 Comparaciones de Presiones de los 2 tanques de 220lts (0,22m³) y los dos 150lts (0,15m³) en las dos zonas del Canto Píllaro.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Observamos que las presiones en los tanques de mayor volumen llegan a 5 psi y los pequeños llegan 3 psi respectivamente

4.2.2 APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS PARA GENERACIÓN DE CALOR EN MECHERO BUNSEN.

Una vez generado el gas en los tanques se realiza el siguiente ensayo al tiempo de 50 días que se generó el gas con una presión de 5psi (en tanque de 220lt (0,22m³)) y 3psi (en el tanque de 150lt (0,15m³)) en la cual se probó en un mechero bunsen, se utilizó un cronómetro para observar la autonomía de la llama.

a) **Lugar:** Píllaro Viejo.

Tabla 4.3 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 220lt (0,22m³).

Fecha: Viernes 27 de Diciembre del 2013			
Hora de inicio: 11H30.		Hora de Finalización: 11H36.	
Lugar: Píllaro Viejo		Temp. Ambiente interna: 17°C	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(psi)	kPa
27/12/2013	0	5	34,47
27/12/2013	70	4	27,58
27/12/2013	135	3	20,68
27/12/2013	180	2	13,79
27/12/2013	242	1	6,89
27/12/2013	304	0	0

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.



Figura 4.1 Mechero Bunsen

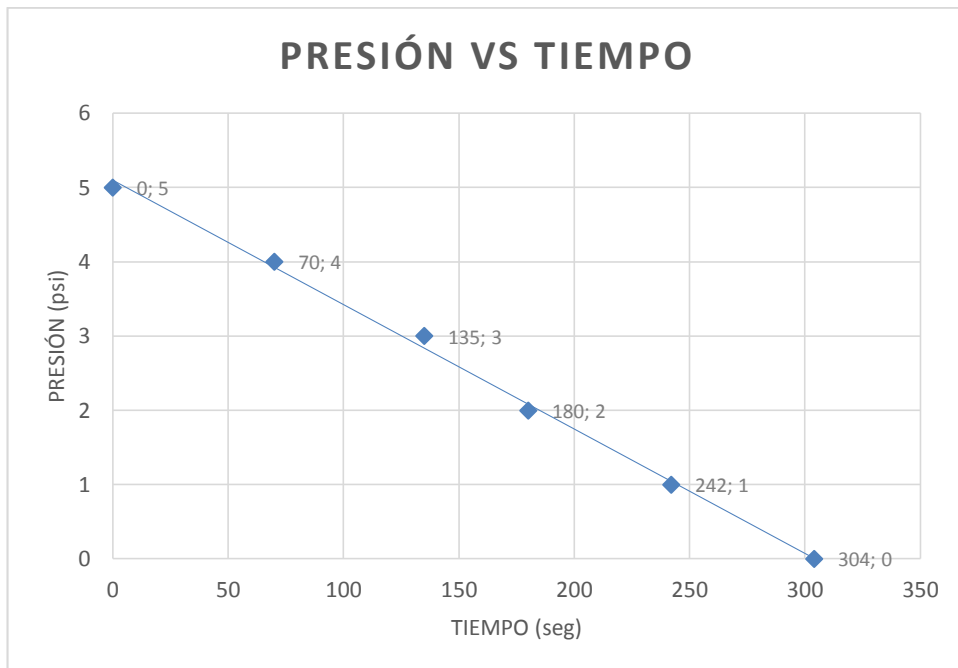
Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Tabla. 4.4 Datos Técnicos del Mechero Bunsen.

Datos Técnicos
Tipo de Gas: natural, propano.
Rango de presión del gas:
Natural: 18 – 25 mbar, caudal: 95lt/h
Propano: 47,5 – 57,5 mbar, caudal: 33lt/h
Se utiliza un regulador de presión.

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Gráfico 4.12 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 220lt con 5 psi ubicado en Píllaro Viejo.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

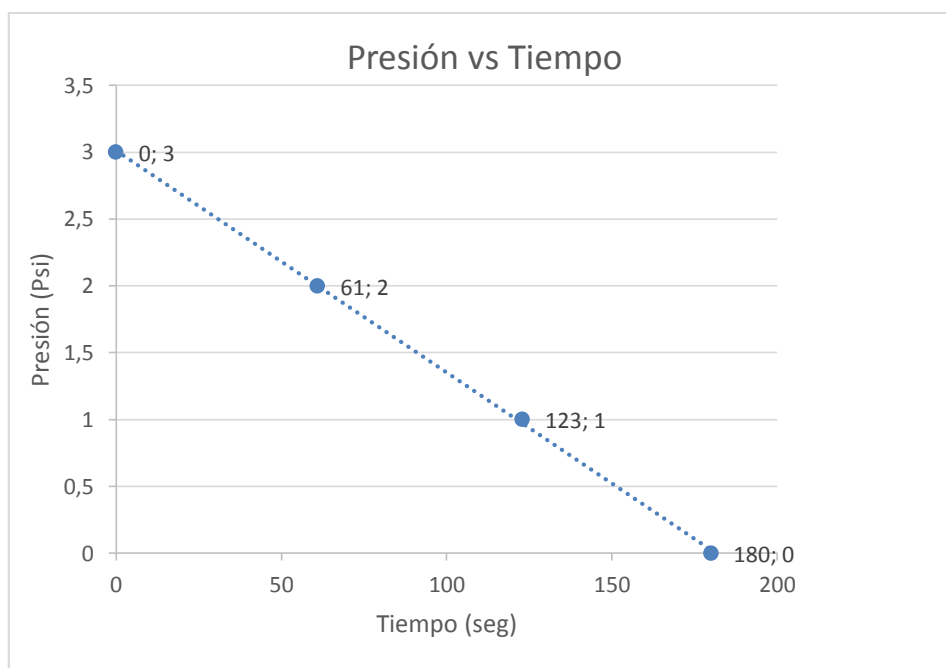
Al momento que se va a encender el Mechero la presión está en 5 psi a medida que va pasando el tiempo la presión del tanque disminuye, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal que va decreciendo.

Tabla 4.5 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 150lt (0,15m³).

Fecha: Viernes 27 de Diciembre del 2013			
Hora de inicio: 11H40.		Hora de Finalización: 11H44.	
Lugar: Píllaro Viejo		Temp. Ambiente interna: 17°C	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(psi)	(kPa)
27/12/2013	0	3	20,68
27/12/2013	61	2	13,79
27/12/2013	123	1	6,89
27/12/2013	180	0	0

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfica 4.13 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 150lt con 3 Psi ubicado en Píllaro Viejo.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Al momento que se va encender el Mechero la presión esta en 3 psi a medida que va pasando el tiempo la presión del tanque desciende, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal que va decreciendo.

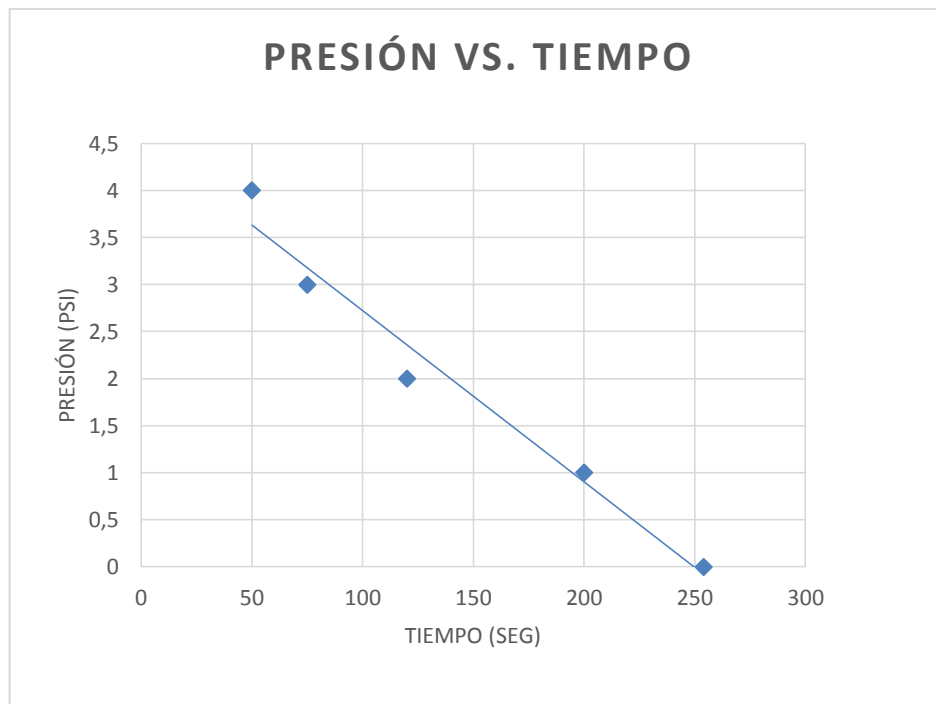
b) **Lugar:** San Miguelito de Píllaro.

Tabla 4.6 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 220lt (0,22m³).

Fecha: Domingo 29 de Diciembre del 2013			
Hora de inicio: 16H00.		Hora de Finalización: 16H05	
Lugar: San Miguelito de Píllaro.		Temp. Ambiente interna: 15°C	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(psi)	(kPa)
29/12/2013	0	4,5	31,03
29/12/2013	50	4	27,58
29/12/2013	75	3	20,68
29/12/2013	120	2	13,79
29/12/2013	200	1	6,89
29/12/2013	254	0	0

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfico 4.14 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 220lt con 4,5 psi ubicado en San Miguelito de Píllaro.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

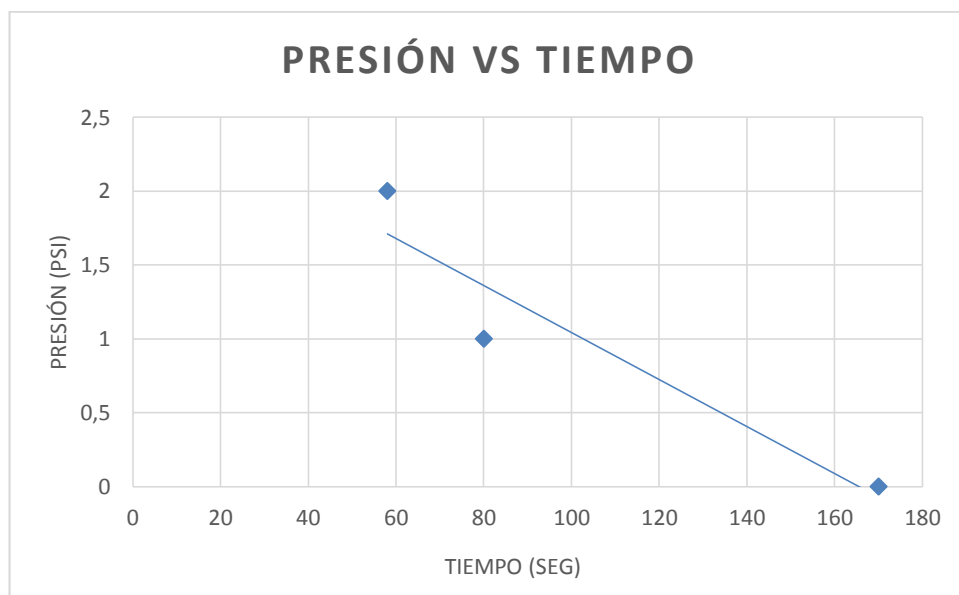
Al momento que se va encender el Mechero la presión esta en 4,5 psi a medida que va pasando el tiempo la presión del tanque desciende, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal que va decreciendo.

Tabla 4.7 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 150lt (0,15m³).

Fecha: Domingo 29 de Diciembre del 2013			
Hora de inicio: 16H07		Hora de Finalización: 16H10	
Lugar: San Miguelito de Píllaro.		Temp. Ambiente interna: 15°C	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(psi)	(kPa)
29/12/2013	0	2,8	19,31
29/12/2013	58	2	13,79
29/12/2013	80	1	6,89
29/12/2013	170	0	0

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfico 4.15 Variación de presión al momento de encender el Mechero Bunsen en el tanque de 150lt con 2,8 psi ubicado en San Miguelito de Píllaro.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Al momento que se va encender el Mechero la presión esta en 2,8 psi a medida que va pasando el tiempo la presión del tanque desciende, como se puede observar en la gráfica se tiene una tendencia lineal que va decreciendo.

4.2.3 APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE EN LÁMPARA INFRARROJA.

En este caso se utiliza el biogás con una lámpara infrarroja para criar pollos en el cual nos regiremos a la siguiente tabla ya que según la edad del ave se regula la temperatura.

Tabla 4.8. Recomendaciones de temperatura en criaderos.

Edad en días	Calefacción en criadero		Calefacción de ambiente
	Temperatura al borde del criadero	Temperatura en área vital	Temperatura en área vital
0 - 3	38°C	28 -29°C	31 -33°C
4 - 7	35°C	28°C	31 -32°C
8 - 14	32°C	28°C	29 -31°C
15 - 21	29°C	28°C	28 -29°C
22 - 28		22 - 28°C	22 -28°C
29 - 35		21 - 22°C	21 -22°C
Después de 35		18 - 21°C	18 -22°C

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

La altura que se colocó la lámpara infrarroja es de 90 cm a 1 m para poder mantener caliente a los pollitos respectivamente.



Figura 4.2 Altura de la Lámpara Infrarroja colocada

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.



Figura. 4.3. Lámpara Infrarroja

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.9. Datos técnicos de Lámpara Infrarroja.

Datos Técnicos
1.200 Kcal / h
4.700 BTU / h.
De baja presión (0,405 psi).
Marca Jack Wall

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

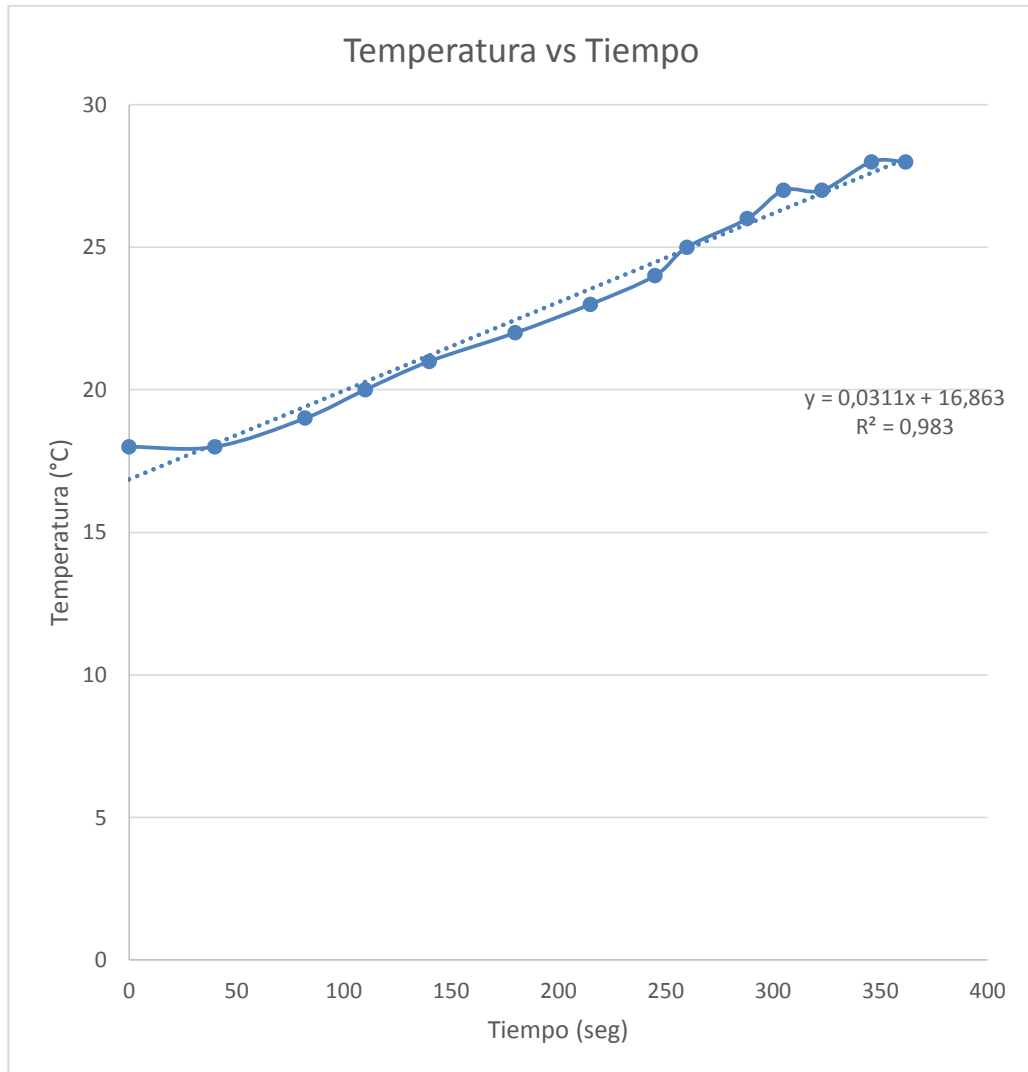
a) **Lugar:** Píllaro Viejo.

Tabla 4.10 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 220lt
(0,22m³) en el criadero de pollos.

Fecha: Domingo 9 de Febrero del 2014				
Hora de inicio: 08H00		Hora Finalizada: 14H30		
Lugar: Píllaro Viejo.				
FECHA	Tiempo (seg)	Presión		Temperatura en el criadero (°C)
		(psi)	(kPa)	
09/02/2014	0	5	34,47	18
09/02/2014	40	4,8	33,09	18
09/02/2014	82	4,6	31,72	19
09/02/2014	110	4,4	30,34	20
09/02/2014	140	4,2	28,96	21
09/02/2014	180	4	27,58	22
09/02/2014	215	3,8	26,20	23
09/02/2014	245	3,6	24,82	24
09/02/2014	260	3,4	23,44	25
09/02/2014	288	3,2	22,06	26
09/02/2014	305	3	20,68	27
09/02/2014	323	2,8	19,31	27
09/02/2014	346	2,6	17,93	28
09/02/2014	362	2,4	16,55	28

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfica 4.16 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 220lt (0,22m³) en Píllaro Viejo.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

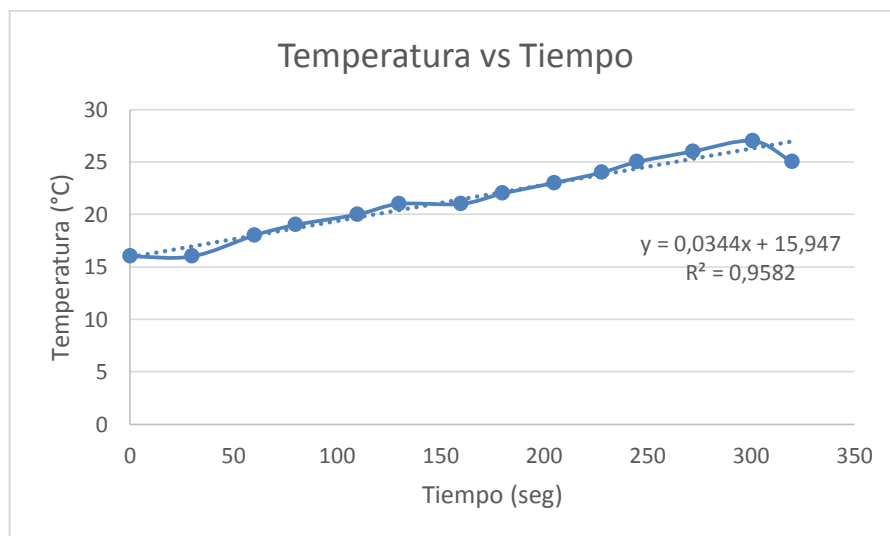
En esta gráfica podemos observar que la temperatura en el criadero esta en 18 °C en el ambiente al momento de encender la lámpara infrarroja comienza a subir la temperatura poco a poco hasta que en el cuarto queda en 28 °C y la presión en el tanque queda en 2,4 psi, esto ocurre en seis minutos comienza a quedar constante la temperatura en el criadero y su autonomía en el criadero es de 8 horas. Después que baja la temperatura se vuelve a realizar lo anterior.

Tabla 4.11 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 150lt (0,15m³) en el criadero de pollos.

Fecha: Lunes 10 de Febrero del 2014				
Hora de inicio: 16H00			Hora Finalizada: 19H30	
Lugar: Píllaro Viejo.				
FECHA	Tiempo (seg)	Presión		Temperatura en el criadero (°C)
		(psi)	(kPa)	
10/02/2014	0	3	20,68	16
10/02/2014	30	2,8	19,31	16
10/02/2014	60	2,5	17,24	18
10/02/2014	80	1,9	13,10	19
10/02/2014	110	1,7	11,72	20
10/02/2014	130	1,5	10,34	21
10/02/2014	160	1,3	8,96	21
10/02/2014	180	1	6,89	22
10/02/2014	205	0,8	5,52	23
10/02/2014	228	0,6	4,14	24
10/02/2014	245	0,4	2,76	25
10/02/2014	272	0,2	1,38	26
10/02/2014	301	0	0,00	27

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfica 4.17 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 150lt (0,15m³) en Píllaro Viejo.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Como se puede observar en la gráfica en este tanque la generación de gas la duración de calentamiento del criadero fue de 320seg y llegó a una temperatura de 27 °C y descendiendo la temperatura lentamente en el cuarto, la duración en permanecer abrigado es de 5 minutos.

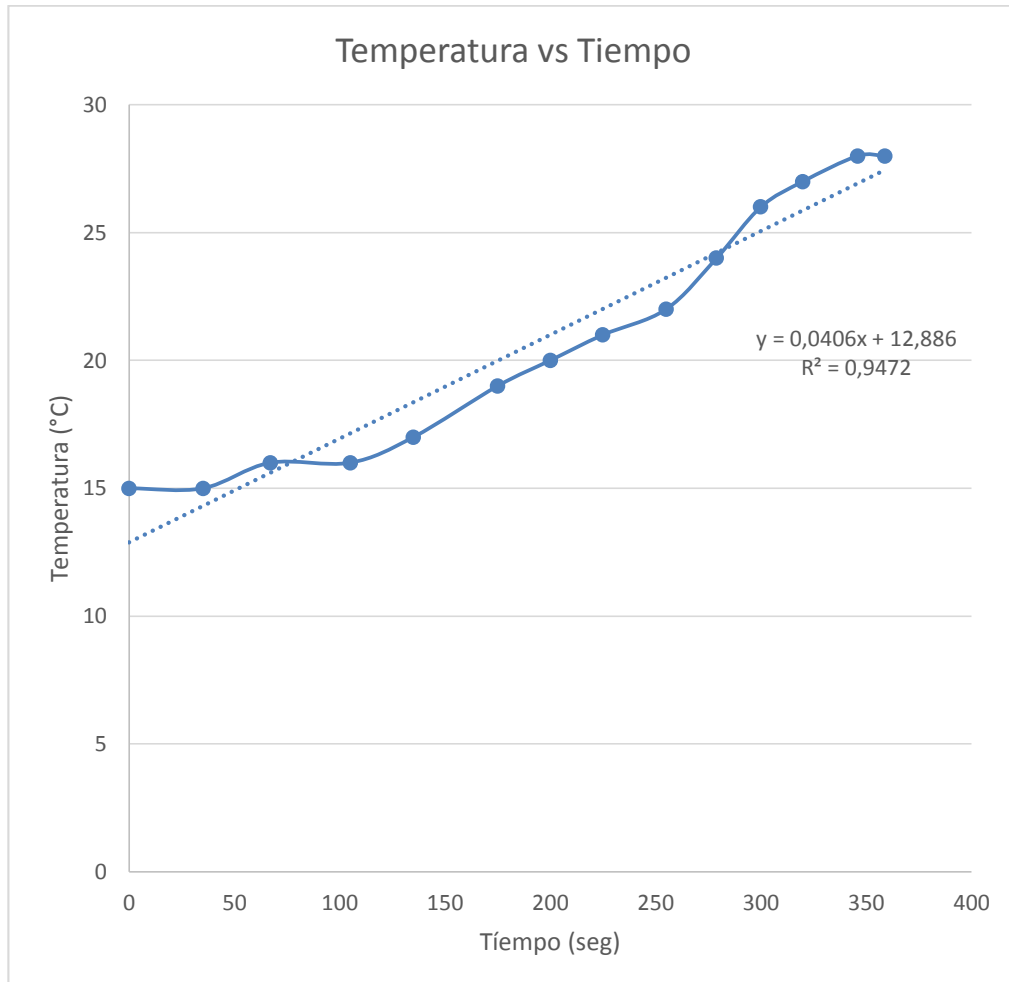
b) Lugar: San Miguelito de Píllaro.

Tabla 4.12 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 220lt (0,22m³) en el criadero de pollos en San Miguelito de Píllaro.

Fecha: Miércoles 12 de Febrero del 2014				
Hora de inicio: 07H30		Hora Finalizada: 13H50		
Lugar: San Miguelito de Píllaro.				
FECHA	Tiempo (seg)	Presión		Temperatura en el criadero (°C)
		(psi)	(kPa)	
12/02/2014	0	4,5	31,03	15
12/02/2014	35	4,4	30,34	15
12/02/2014	67	4,3	29,65	16
12/02/2014	105	4,2	28,96	16
12/02/2014	135	4,1	28,27	17
12/02/2014	175	4	27,58	19
12/02/2014	200	3,8	26,20	20
12/02/2014	225	3,6	24,82	21
12/02/2014	255	3,4	23,44	22
12/02/2014	279	3,2	22,06	24
12/02/2014	300	3	20,68	26
12/02/2014	320	2,8	19,31	27
12/02/2014	346	2,6	17,93	28
12/02/2014	359	2,4	16,55	28

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfica 4.18 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 220lt (0,22m³) en San Miguelito de Píllaro.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

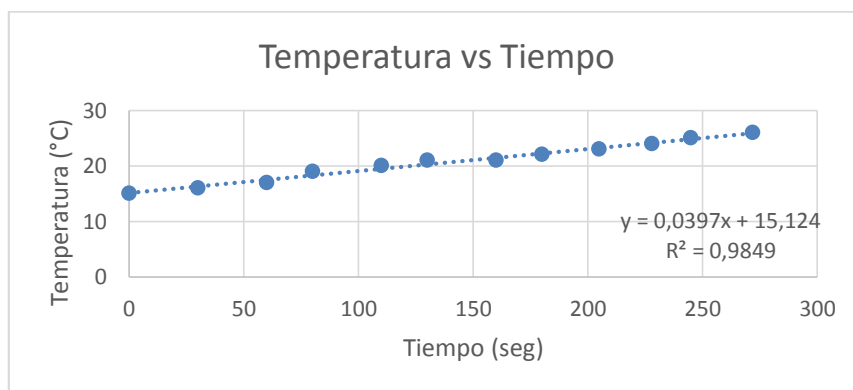
En esta gráfica podemos observar que la temperatura en el criadero esta en 15 °C, al momento de encender la lámpara infrarroja comienza a subir la temperatura poco a poco hasta que en el cuarto queda en 28 °C en todo el contorno para que los pollitos estén abrigados para que puedan crecer, esto ocurre aproximadamente en seis minutos comienza a quedar constante la temperatura en el criadero hasta que la presión del tanque queda en cero en 12 minutos con 45 seg dejando de emitir calor la lámpara y dura en el criadero cuatro horas y media el calor en el interior del mismo.

Tabla 4.13 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 150lt (0,15m³) en el criadero de pollos.

Fecha: Jueves 13 de Febrero del 2014				
Hora de inicio: 7H00		Hora Finalizada: 11H30		
Lugar: San Miguelito Píllaro.				
FECHA	Tiempo (seg)	Presión		Temperatura en el criadero (°C)
		(psi)	(kPa)	
13/02/2014	0	2,8	19,31	15
13/02/2014	30	2,5	17,24	16
13/02/2014	60	2,2	15,17	17
13/02/2014	80	2,0	13,79	19
13/02/2014	110	1,6	11,03	20
13/02/2014	130	1,4	9,65	21
13/02/2014	160	1,3	8,96	21
13/02/2014	180	0,9	6,21	22
13/02/2014	205	0,8	5,52	23
13/02/2014	228	0,6	4,14	24
13/02/2014	245	0,4	2,76	25
13/02/2014	272	0	0,00	26

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Gráfica 4.19 Variación de Temperatura según el tiempo de encendido para calentar el criadero de pollos con el tanque de 150lt (0,15m³) en San Miguelito de Píllaro.



Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Como se puede observar en la gráfica en este tanque de 150lt ubicado en San Miguelito de Píllaro se comenzó con una temperatura de 15 °C y llega a 26 °C en

un tiempo de 280seg y desciende la temperatura lentamente en el cuarto, su duración en permanecer abrigado es de 4 minutos y medio.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Hipótesis:

La evaluación del potencial energético de biomasa permitirá su aplicación para generación de biogás en zonas frías del Cantón Píllaro.

Comprobación:

Tabla 4.14 Datos tomados en el ensayo y comparaciones de tiempo de uso.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA DATOS COMPARATIVOS DE LOS ENSAYOS EN TIEMPO DE USO 					
Pruebas	Temperatura (°C)	Presión (Psi)	Flujo Volumétrico (m ³ /h)	Tiempo uso (seg)	Tiempo uso (seg)
				Mechero Bunsen	Lámpara Infrarroja
Tanque 1	17	5	0.711	304	
Tanque 2	17	3	0.900	180	
Tanque 3	15	4.5	0.850	254	
Tanque 4	15	2.8	0.953	170	
Tanque 1	17	5	0.330		780
Tanque 2	17	3	0.506		320
Tanque 3	15	4.5	0.360		600
Tanque 4	15	2.8	0.675		240

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Donde:

Tanque 1 (220lt) = Píllaro Viejo.

Tanque 2 (150lt) = Píllaro Viejo.

Tanque 3 (220lt) = San Miguelito de Píllaro.

Tanque 4 (150lt) = San Miguelito de Píllaro.

Como podemos observar en el cuadro anterior, el mejor aprovechamiento térmico será usando la lámpara infrarroja con una autonomía de entre 600 a 780 seg esto permitió mantener caliente al criadero.

La temperatura, calidad del aire, humedad y luz son factores muy importantes a considerar. En la crianza de pollitos es crítico mantener la temperatura correcta, especialmente durante sus dos primeras semanas de vida.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Este tipo de biodigestores pueden ser utilizados para terrenos, fincas y granjas que requieren abastecerse de energía para la cocción de alimentos y calentadores que pueden adaptarse al funcionamiento del biogás.
- Con la instalación y colocación de los tanques en los dos terrenos ubicados en Píllaro se observa que al momento que se encuentra con sombra, el tiempo de obtención del biogás aumenta.
- En el bidón de 220lt ubicado en Píllaro Viejo, se comenzó a generar luego de instalado y cargado el biodigestor, logrando su funcionamiento a los 50 días con una presión manométrica de 5psi. Con una temperatura promedio de 16.5°C. Mientras que con el bidón de 150lts el biogás se comenzó a generar luego de instalado y cargado el biodigestor, se logró el funcionamiento a los 50 días con una presión de 3 psi.
- En el bidón de 220lt ubicado en San Miguelito de Píllaro, el biogás se comenzó a generar una vez instalado y cargado el biodigestor, logrando su funcionamiento a los 50 días con una presión manométrica de 4,5psi. Con una temperatura promedio de 15.9°C. Mientras que con el bidón de 150lts el biogás se comenzó a generar luego de instalado y cargado el biodigestor, se logró el funcionamiento a los 50 días con una presión de 2,8 psi.
- Con la generación de biogás en el tanque de 220lt ubicado en Píllaro Viejo se realizó el ensayo con el Mechero Bunsen el cual se obtuvo un tiempo de

304seg de encendido, en cambio el tanque de 150lts duró 180seg de encendido.

- Con la generación de biogás en San Miguelito de Píllaro, con el Mechero bunsen permaneció encendido con el tanque de 220lts, 254seg, mientras que con el tanque de 150lts duró 170seg.
- En Píllaro Viejo con la Lámpara infrarroja se obtuvo los siguientes resultados: tanque de 220lts, 780seg; con una temperatura al interior de 28°C según el ensayo realizado; mientras que el tanque de 150lts, el tiempo de encendido es de 320seg con una temperatura anteriormente mencionada.
- En San Miguelito de Píllaro se utilizó igualmente la lámpara infrarroja obteniendo los siguientes resultados; con el tanque de 220lts permaneció 600seg, mientras que con el tanque de 150lts el tiempo de encendido duró 240seg, con temperatura interna en el criadero de 28°C.

5.2 RECOMENDACIONES.

- La mezcla de agua más estiércol tiene que estar homogenizada en la cual se puede utilizar un agitador al interior del biodigestor para que facilite la mezcla y optimice del proceso en el biodigestor.
- Debido a los cambios bruscos que existen en zonas frías es aconsejable que se entierren los biodigestores a 70cm de profundidad como se lo realizó en el ensayo.
- Se recomienda colocar a los tanques sus respectivas seguridades alrededor de estos, para evitar daños en los mismos.
- Se recomienda la difusión técnica de la Biodigestión anaeróbica, para que sea conocida y comprendida por toda población en zonas rurales.

- Por seguridad revisar todos los componentes antes de realizar el funcionamiento del digestor ya que se está manipulando gas y es un combustible volátil y de alto poder calorífico.
- Utilizar rejillas en los recipientes donde se pondrá las excretas para la mezcla, de forma que evite el ingreso de materiales no deseados como trozos de madera, alambres, piedras, arena, plásticos, etc.
- Es necesario realizar estudios referentes al diseño de biodigestores, especialmente para las zonas rurales apartadas de los centros urbanos.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA.

TEMA: "SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA CRIADERO DE POLLOS MEDIANTE BIOGÁS GENERADO CON ESTIÉRCOL DE CERDO GENERADO EN CLIMAS FRÍOS".

6.1 DATOS INFORMATIVOS.

La propuesta es diseñar un sistema de calefacción para criadero de pollos mediante la generación de biogás con estiércol de cerdo en climas fríos, para su crecimiento necesitan calor para crecer y no resulten enfermos o morir por este cambio de temperatura en las zonas frías.

Tabla 6.1 Datos generales de la propuesta.

Institución Ejecutora	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.
Beneficiario	El Sr Milton Loor
Tiempo de ejecución	
Inicio	Noviembre 2013
Fin	Marzo 214
Equipo Técnico	Egdo. Oscar Enrique Villacís Villacís.
Costo	966,53

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

El sistema tiene como función aprovechar el potencial calorífico que tiene el estiércol de cerdo para poder producir gas metano, el cual será beneficiado para la

crianza de pollos mediante el sistema de calefacción por las bajas de temperatura en el ambiente de los criaderos.

6.3 JUSTIFICACIÓN.

El motivo para proponer el diseño del sistema de calefacción en la crianza de pollos mediante biogás en climas fríos es aprovechar el potencial energético que tiene el estiércol de cerdo ya que podemos reducir la contaminación a la naturaleza, eliminar olores desagradables, evitar enfermedades, tecnificar en los terrenos beneficiándose del biogás.

La factibilidad de este proyecto ha sido aprovechar los recursos que desechan los animales especialmente el del cerdo en el terreno del Sr. Milton Loor ya que su potencial calorífico del estiércol de este animal es el más recomendado para generar biogás después de los seres humanos.

Implementando este sistema de calefacción en climas fríos se podrá disminuir el uso de energía eléctrica y de GLP aprovechando los recursos existentes en este sitio.

6.4 OBJETIVOS.

- Determinar el número de tanques para generar el biogás para el sistema de calefacción.
- Dimensionamiento del sistema de distribución de biogás y selección de Lámparas Infrarrojas a gas para el criadero de pollos.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

La propuesta planteada es factible de realizar debido a que se cuenta con toda la información necesaria para poder realizarla.

6.6 FUNDAMENTACIÓN.

- **BIDONES.**

Son recipientes normalmente cilíndricos, de fondos planos, así como los recipientes de otras formas similares (truncos-cónicos, etc.). Ejemplos:

- Bidón de plástico de tapa fija de 220lt. Fig. 6.1.
- Bidón de plástico de tapa Móvil de 30 a 150lt. Fig. 6.1.



Fig. 6.1. Bidón de plástico



Fig.6.2 Bidón plástico de tapa móvil.

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1995.

Según la norma NTP 381 de envases plásticos la seguridad de un envase está ligado directamente con su calidad y esta sólo se puede garantizar por medio de controles y su posterior homologación. Estos controles van desde la materia prima controlando las diferentes características intrínsecas de la materia y de sus propiedades físico-químicas y mecánicas, verificaciones hechas durante el proceso de fabricación garantizando lo referente al peso, espesor, rigidez de las paredes, solidez de los estrangulamientos destinados a los tapones, aspecto, transparencia, brillo, etc. y controles de los propios envases verificando y controlando que se están fabricando de acuerdo con las características con las que han sido homologados.

- **VÁLVULA DE BOLA**

La válvula es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.



Fig. 6.3 Válvula de bola de gas de ½ pulg.

Fuente: Catálogo de válvulas de Esferas de GIACOMINI, 2002

- **ADAPTADOR DE TANQUE**

Se usa como el ducto principal que sale del biodigestor, está sujeto al plástico flexible, el diámetro de la rosca del tubo es de ½ pulgada. Para evitar fugas, se coloca un sello por el interior de las dos paredes del plástico flexible, y el otro sello por la parte superior, quedando así hermético al darle un torque de forma manual.



Fig. 6.4 Adaptador para tanque de ½ pulg.

Fuente: Catálogo de Plastigama, 2009.

- **MANÓMETRO**

El manómetro es un aparato que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Existen, básicamente, dos tipos: los de líquidos y los de gases.

Los manómetros no deberán ser expuestos a temperaturas excesivas de frío o calor porque la indicación será incorrecta. Si los manómetros son usados en vapor, o cualquier otro gas o fluido caliente se deberán proteger con un sifón o algún otro dispositivo.



Fig. 6.5 Manómetro de presión. (0 a 30 Psi)

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

- **ACOPLES**

Se utilizan principalmente en los procesos que canalizan aire y agua con fines productivos. Entre las opciones que se tienen están los acoples rápidos para aire comprimido industrial y de talleres; acoples rápidos para lechería; e incluso las modernas conexiones neumáticas PRESTOLOK para reparaciones de emergencia en mangueras de aire comprimido.

Tabla 6.2. Tipos de accesorios para conexiones

	<p>Conexiones Rosca Manguera</p> <p>Racords rosca macho desde 1/8" hasta 3/4" y rosca hembra desde 1/8" hasta 1/4", ambos para manguera desde 1/4" a 1".</p>
	<p>Accesorios para Conexiones</p> <p>Tapones, Entre-Roscas, Reducciones Macho-Macho y Macho-Hembra.</p>
	<p>Uniones de Manguera</p> <p>Racords dobles y triples para manguera de 1/4" hasta 3/4". Conexiones con resorte y virola desde 1/8" hasta 1/2". Uniones dobles con virola.</p>

Fuente: Hidráulica Prado S.L, 2001

- **MANGUERA**

Las mangueras hidráulicas se usan en los casos en que necesita flexibilidad, como cuando los componentes rozan unos con otros. Las mangueras absorben la vibración y resisten las variaciones de presión.



Fig. 6.6 Manguera flexible resistente a variación de presión de uso industrial.

Fuente: REGO PRODUCTS, 2001

- **TUBERÍA DE COBRE.**

Las tuberías de cobre al ser fabricadas por extrusión y estiradas en frío tienen características y ventajas sobre otro tipo de materiales que las hacen altamente competitivas en el mercado. Su fabricación por extrusión que permite tubos de una sola pieza, sin costura y de paredes lisas y tersas, asegura la resistencia a la presión de manera uniforme y un mínimo de pérdidas de presión por fricción en la conducción de fluidos. Tuberías de cobre rígida o flexible, sin costura, según las normas: ISO 1640 o ASTM B88 de tipo K o L.

Tubería tipo “M”: Se fabrica para ser usada en instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente para casas habitación y edificios, en general en donde las presiones de servicio sean bajas.

Tubería tipo “L”: Es un tipo de tubería a usarse en instalaciones hidráulicas en condiciones severas de servicio y seguridad que la tipo “M”; ejemplo: en instalaciones de gases medicinales y combustibles, vapor, aire comprimido, en calefacción, refrigeración, tomas de agua domiciliares, etc. Flujo obtenido con una presión de 10PSI., en una longitud de 25mts.

Tubería tipo “K”: Es la denominación para las tuberías que por sus características se recomienda usar en instalaciones de tipo industrial, conduciendo líquidos y gases en condiciones más severas de presión y temperatura.



Fig. 6.7 Tubería de cobre.

Fuente: INEN, 2010.

- **LÁMPARA INFRARROJA.**

Las Lámparas Infrarrojas para criaderos proporcionan el calor adecuado a los animales, sobre todo en los primeros días de vida; esto es indispensable para evitar los problemas derivados de las bajas temperaturas ambientales, que provocan la transformación del alimento en energía metabólica, o sea en calor, y no en incremento de peso del animal. Los sistemas convencionales calientan además del animal, un gran volumen de aire que al aumentar su temperatura, asciende verticalmente hasta el techo, donde se vuelve a enfriar al entrar en contacto con el mismo.

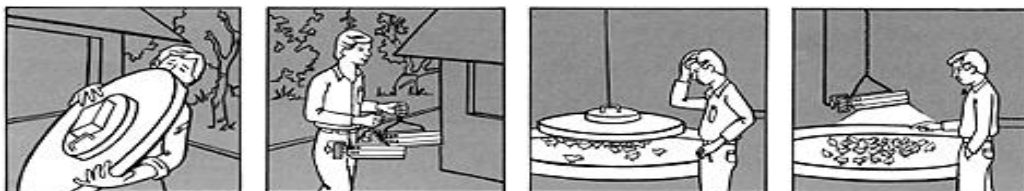


Fig. 6.8. Lámpara Infrarroja

Fuente: PRODUCTOS JACKWAL, 1930.

Los rayos que emiten las criadoras en cambio, cruzan el aire sin calentarlo, sin desviarse y sin pérdida de energía, calentando solamente a los cuerpos sólidos que encuentran en su trayectoria. Estos son el animal, su cama y el piso.

Temperatura corporal ideal, cama y piso secos, aire fresco = Mejor Rendimiento = Mayor Eficiencia = Ahorro de Combustible.



Menor peso y volumen

Mejor Vigilancia.

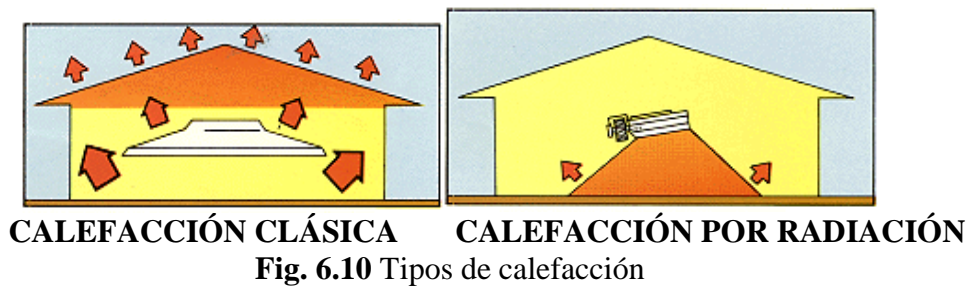
Fig. 6.9 Posición de las lámparas infrarrojas

Fuente: Antonio Callejos Ramos. (2001)

- **NORMAS ESPECÍFICAS DE MANEJO.**

Para mantener a las aves en las proximidades de los focos de calor, con el consiguiente ahorro de energía, es aconsejable limitar, en la primera fase, la superficie útil a usar (Figura 6.9):

1. Mediante unas cortinas o
2. Con la ayuda de cercos protectores.



Fuente: Antonio Callejos Ramos. (2001)

Estos cercos tienen una altura de 40-60 cm. y un diámetro de unos 3 metros, aunque también los hay mayores. Pueden ser de diversos materiales (chapa, madera, fibrocemento, etc.). En cada uno de los cercos se ubican entre 300 y 650 animales, según su diámetro (aproximadamente 40 pollitos/m²) y en su centro, a una altura de unos 70 cm. del suelo, se coloca el foco calorífico, que se irá elevando a medida que crecen los pollitos

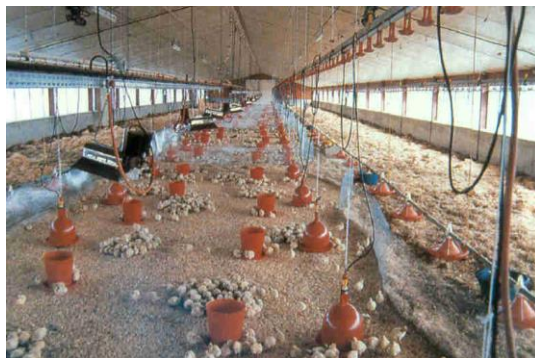


Figura 6.11. Disposición de la zona de cría en el centro de la nave al inicio de este período.

Fuente: Antonio Callejos Ramos. (2001)

6.7 METODOLOGÍA.

6.7.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA.

Los criterios tomados en cuenta para la selección y desarrollo del sistema de Biodigestión, se basan en los siguientes aspectos:

- Costos de desarrollo, implementación y mantenimiento.
- Capacidad de adaptación al medio y condiciones climáticas.
- Facilidad de manejo y operación.
- Eficiencia en la producción de biogás y productos derivados.
- Control de las variables intervinientes en el proceso para mayor rendimiento (temperatura, presión, nivel, gas metano).
- Seguridad.

Para el diseño del sistema y el establecimiento de los índices de producción, primeramente se realizarán los cálculos necesarios, considerando los siguientes aspectos:

- La cantidad de materia prima disponible y necesaria para la producción de biogás.
- La cantidad de energía que se espera obtener para cubrir las necesidades del lugar de aplicación.

Antes de realizar los cálculos para el diseño del biodigestor, es necesario conocer algunos conceptos indispensables para el efecto.

- **VOLUMEN DE CARGA.** Representa el volumen total de material orgánico diluido con el agua necesaria, ya listo para ser introducido al biodigestor.

- **VOLUMEN DEL BIODIGESTOR.** Es el espacio ocupado por la biomasa en digestión, representa el volumen efectivamente útil para realizar la Biodigestión anaeróbica y, su capacidad está determinada por el consumo de biogás necesaria para satisfacer las diferentes necesidades energéticas, o en función de la cantidad de sustrato.
- **TIEMPO DE RETENCIÓN.** Indica el tiempo conveniente que debe dejarse el material dentro del biodigestor, para que en las condiciones ambientales del lugar pueda degradarse. Se calcula dividiendo el volumen (útil) del biodigestor por el volumen de la carga diaria, en consecuencia se expresa el valor en días.
- **VOLUMEN DEL DEPÓSITO DE BIOGÁS.** Es el valor máximo de almacenamiento de biogás que puede contener este reservorio y su capacidad dependerá de las necesidades particulares y está en función del consumo diario, es decir del uso particular del biogás generado.
- **VELOCIDAD DE CARGA.** Representa la cantidad de materia orgánica que se introduce por unidad de volumen de biodigestor por día, [Kg sólidos. m³/día]. Este parámetro determina la capacidad de tratamiento de residuos del biodigestor y el rendimiento en biogás en función de la temperatura.
- **MATERIA ORGÁNICA DISPONIBLE.** Es la cantidad de residuo orgánico que produce la fuente en Kg. /día. Proviene de animales tales como estiércol de vacas, ovejas, caballos, cerdos, aves de corral, cultivos agrícolas o aguas residuales, fibras vegetales como papa, maíz, soya, fréjol o yuca, etc.
- **SÓLIDOS TOTALES (ST).** Corresponde a la materia orgánica seca, sin humedad.
- **CONTENIDO DE SÓLIDOS VOLÁTILES (SV).** Es la parte del total de sólidos que se puede transformar en biogás.

6.7.2 CANTIDAD DE ESTIÉRCOL.¹

$$E = NA \times PVP \times \frac{PE}{100} \quad \text{Ec.6.1}$$

Donde:

E = Estiércol en kilogramos por día.

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

PVP = Peso vivo promedio por animal en kg.

PE = Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo.

DATOS

NA = 12 cerdos.

PVP = 150 lb

PE = 2 % Según **Tabla 6.1** del Anexo B.

$$PVP = \frac{150lb \times 0.45359kg}{1lb} = 68.039kg$$

$$E = 12 \times 68.039kg \times \frac{2\%}{100}$$

$$E = 16,33kg/día = 36 lb/día$$

6.7.3 CANTIDAD DE ORÍN.

$$O = NA \times PVP \times \frac{PO}{100} \quad \text{Ec. 6.2}$$

Donde:

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

NA = Número de animales por una especie.

PVP = Peso vivo promedio por animal.

¹ Guía de Implementación de Sistemas de Biogás, 2003 Pág. 34-37.

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

Entonces:

PO = 3% Según Tabla 6.1 en Anexo B.

$$O = 12 \times 68.039kg \times \frac{3\%}{100}$$

$$O = 24.49 \text{ kg/día}$$

6.7.4 MATERIA PRIMA PARA CARGA

$$MPC = E + O$$

Ec. 6.3

Donde:

MPC = Materia prima para cargar en kilogramos por día.

E = Estiércol en kilogramos por día.

O = Orín en kilogramos por día.

$$MPC = 16.33kg/día + 24.49kg/día$$

$$MPC = 40.82kg/día.$$

6.7.5 PORCENTAJE DE SÓLIDOS TOTALES.

$$\%ST = \frac{E \times \%EST}{MPC}$$

Ec. 6.4

Donde:

%ST = Porcentaje de sólidos totales contenidos en la materia prima para carga.

MPC = Materia prima carga en kilogramos por día.

%EST = Porcentaje de sólidos en el estiércol.

E = Estiércol en kilogramos por día.

Según la tabla 6.1 del Anexo B, %EST = 16% por la clase animal que es cerdo

$$\%ST = \frac{16.33kg/día \times 16\%}{40.82kg/día}$$

$$\%ST = 6.4\%$$

6.7.6 SÓLIDOS TOTALES

$$ST = \frac{\%ST \times MPC}{100} \qquad \text{Ec. 6.5}$$

Donde:

ST = Cantidad de sólidos contenidos en la materia prima para carga, en kilogramos por día.

%ST = Porcentaje de sólidos en la carga o materia prima, el cual debe ser inferior al 10%.

MPC = Materia prima carga en kilogramos por día.

$$ST = \frac{6.4\% \times 40,82kg/día}{100}$$

$$ST = 2,61kg/día$$

6.7.7 CARGA

$$C = 3,45\text{ts/días}$$

Donde:

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

6.7.8 CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN

El posible tamaño del digestor (volumen del digestor) es determinado por el tiempo de retención (TR) y por la carga diaria. Se recomienda escoger el TR apropiado de acuerdo a la temperatura promedio del sitio en el cual va a operar, utilizando la relación generada en la ecuación:²

$$TR = (-51.227 \times \ln(T^{\circ}\text{C}) + 206.72) \quad \text{Ec 6.8}$$

Donde:

TR = Tiempo de retención en días.

Ln = Logaritmo natural.

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

T = 16.24°C es una temperatura promedio de las zonas frías de Cantón Píllaro.

$$TR = (-51.227 \times \ln(16.24^{\circ}\text{C}) + 206.72)$$

$$TR = 63.11 \text{ días}$$

6.7.9 VOLUMEN DEL DIGESTOR.

$$Vd = C \times TR \times 1,25 \quad \text{Ec. 6.9.}$$

Donde:

Vd = Volumen del digestor, en litros.

C = Carga diaria para alimentar el digestor en litros por día.

TR = Tiempo de retención en días.

1,25 = Volumen adicional para el almacenamiento del biogás utilizando este factor.

² Guía de Implementación de Sistemas de Biogás, 2003 Pág. 34-37.

$$C = 3,45\text{lt}/\text{días}$$

$$Vd = \frac{3,45\text{lt}}{\text{dia}} \times 63,11\text{días} \times 1,25$$

$$Vd = 219,58\text{lt} = \mathbf{220\text{lt}}$$

6.7.10 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.

$$V = \pi \times \frac{d^2}{4} \times L \quad \text{Ec. 6.10}$$

$$d^2 = \frac{0,22\text{m}^3 \times 4}{\pi \times 0,76\text{m}}$$

$$d = 0.607\text{m}$$

6.7.11 DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DEL GAS METANO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.

$$PV = nRT \quad \text{Ec. 6.10}$$

Donde:

P: Presión en Pascales. (Pa)

V: Volumen en m^3 .

n: Número de moles.

R: Constante de los gases ideales ($8,314472 \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{mol} \times \text{°K}}$)

T: Temperatura en °K.

CH₄ = 1 mol. (Metano).

$$P = \frac{1\text{mol} \times 8,314472 \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{mol} \times \text{°K}} \times 289,6\text{°K}}{0,066\text{m}^3}$$

$$P = \mathbf{36.54\text{kPa} = 5,3\text{psi}}$$

6.7.12 DETERMINACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LA TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

Para calcular la pérdida de carga en un tramo de instalación se utiliza la fórmula de Renouard lineal para presión en el tramo hasta 5kPa (0,05 bar), para baja presión es conveniente considerar hasta el 5% de la presión inicial, se puede utilizar las tablas para determinar los diámetros de las canalizaciones en función del tipo de gas, la presión del tramo y la pérdida de carga por unidad de longitud y el caudal del tramo.³

• FÓRMULA DE RENOUARD.

Tramos de baja presión (BP) ($P < 5\text{kPa}$)

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 232000 \times ds \times Le \times Q^{1.82} \times D^{-4.82} \quad \text{Ec.6.13}$$

De donde se deduce que:

ds = Densidad relativa del gas.

Le = Longitud del tramo (m).

Q = Caudal circulante en cada extremo (m^3/h).

D = Diámetro interno del conducto (mm).

ΔP = Diferencial de presión. (kPa).

$$D = \left[\frac{232000 \times ds \times Le \times Q^{1.82}}{\Delta P} \right]^{1/4.82} \quad \text{Ec. 6.14}$$

$$Le = Lr \times 1,2 \quad \text{Ec. 6.15}$$

$$Q = \frac{\text{Capacidad (kcal/h)}}{\text{poder calorífico } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}\right)} \quad \text{Ec. 6.16}$$

³ Manual de Instalaciones de Glp de CEPISA ELF GAS, S.A, Jefe de asistencia Técnica José Emilio López Sopeña.

- **VELOCIDAD DEL GAS EN EL CONDUCTO.**

Debe verificarse que la velocidad del gas en cada tramo de cañería no supere 20m/s. Para el cálculo de la velocidad del gas en el interior de la cañería se utilizará la fórmula siguiente:

$$V = \frac{354 \times Q}{P \times D^2} \quad \text{Ec. 6.17}$$

Donde:

Q = Caudal circulante por cada extremo (m^3/h).

D = Diámetro del conducto (mm).

P = Presión absoluta del tramo (kPa)

V = Velocidad del gas (m/s).

- **CÁLCULOS DEL CAUDAL INSTALADO.**

$$Q = \frac{\text{Capacidad (kcal/h)}}{\text{poder calorífico } \left(\frac{\text{kcal}}{m^3}\right)} \quad \text{Ec. 6.18}$$

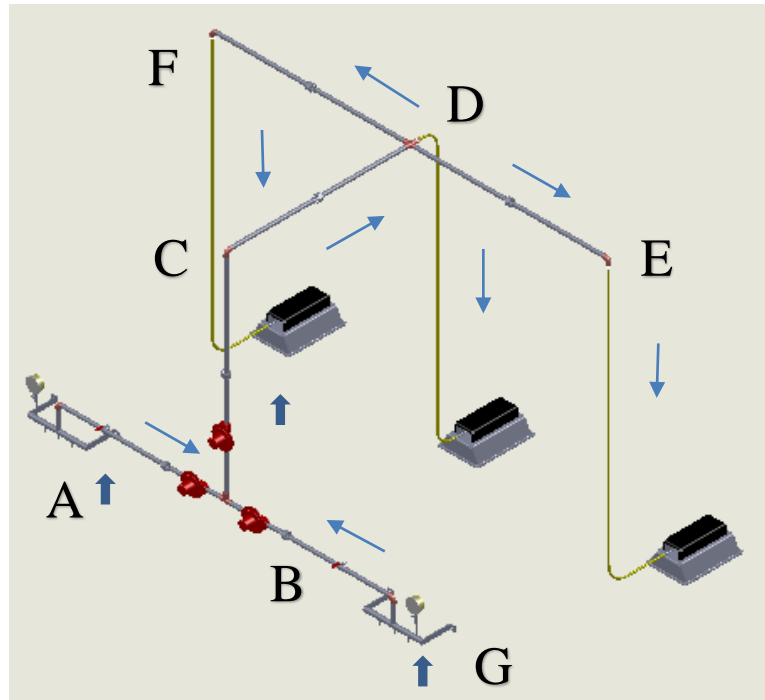
$$Q = \frac{1200 \text{kcal/h}}{8750 \frac{\text{kcal}}{m^3}}$$

$$Q = 0,1371 \frac{m^3}{h}$$

El caudal obtenido se multiplica por 3 que son las lámparas infrarrojas que se colocara en el diseño.

$$Q = 0,4114 \frac{m^3}{h}$$

Figura 6.12 Tramos del Sistema de Calefacción para la crianza de Pollos



Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

TRAMO AD = GD

$Q = 0,1371 \text{ m}^3/\text{h}$; $L_r = 3 \text{ m}$; $L_e = L_r \times 1,2 = 3,6 \text{ m}$; $d_s = 0,5537$; $\Delta P = 32,888 \text{ kPa}$.

$$D = \left[\frac{232000 \times d_s \times L_e \times Q^{1,82}}{\Delta P} \right]^{1/4,82}$$

D = 0,0078905m.

Se selecciona Tubería de cobre tipo L porque es resistente a la corrosión y su presión de resistencia es de 10psi para una longitud de 25 metros; según el diámetro interior nos da de 1/4" según Tabla 6.12 del Anexo B.

$$V = \frac{354 \times 0,1371 \text{ m}^3/\text{h}}{32,888 \text{ kPa} \times (0,0078905 \text{ m})^2}$$

V = 4,3m/s.

TRAMO DE = DF

$Q = 0,2742 \text{ m}^3/\text{h}$; $L_r = 1.2\text{m}$; $L_e = L_r \times 1,2 = 1,44\text{m}$; $\delta_s = 0.5537$; $\Delta P = 32,888 \text{ kPa}$.

$$D = \left[\frac{232000 \times \delta_s \times L_e \times Q^{1.82}}{\Delta P} \right]^{1/4.82}$$

D = 0,008095m.

Se selecciona Tubería de cobre tipo L porque es resistente a la corrosión y su presión de resistencia es de 10psi para una longitud de 25 metros; según el diámetro interior nos da de 1/4" según Tabla 6.12 del Anexo B.

$$V = \frac{354 \times 0,2742 \text{ m}^3/\text{h}}{32,888 \text{ kPa} \times (0,008095 \text{ m})^2}$$

V = 3,5m/s.

Tabla 6.3 Valores obtenidos de los tramos del sistema de calefacción.

TRAMO	Q(m ³ /h)	Le (m)	Lr (m)	ΔP (kPa)	δ(densidad relativa)	D (mm)	V (m/s)
AD=GD	0,1371	3,00	3,60	32,88	0,5537	7,89	4,3
DF=DE	0,2742	1,20	1,44	32,88	0,5537	8,01	3,5

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

6.8 ADMINISTRACIÓN.

6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS.

Los costos no se pueden pronosticar con absoluta certeza, de manera que nos dan una información confiable y de base útil para la planeación, control y toma de decisiones administrativas. La implementación del sistema incluyen los costos que a continuación se describen:

COSTOS DE MATERIALES. (C.M).

En la siguiente tabla se muestran los costos unitarios de cada material y equipo utilizado para realizar la implementación del sistema.

Tabla.6.4 Costos unitarios de materiales

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
4	Tanques plásticos de 220 lts	20,00	80,00
8	Manómetro de 30 psi	10,00	80,00
10	Válvula de bola para gas de 1/4 plg	3,50	35,00
6	Válvula de bola para gas de 1/2 plg	8,00	48,00
12	Metros de Manguera industrial de gas	4,50	54,00
3	Lámpara infrarroja de 1200 Kcal/h	60,00	180,00
3	Regulador de presión de 4 mbar	18,00	54,00
6	Adaptador para tanque de 1/2 plg	1,00	6,00
3	Codos de cobre de 90° de 1/4 plg	0,50	1,50
1	T de cobre de 1/4 plg	1,50	1,50
6	Universales de cobre de 1/4 plg	1,50	9,00
1	Cruz de cobre de 1/4 plg	2,00	2,00
2	Codos roscado de 90° de 1/2 plg	1,00	2,00
9	Pitones de Manguera de 1/2plg a 1/4plg	2,00	18,00
12	Metros de Tubería de cobre de 1/4 plg	10,00	120,00
1	Platina de 1 x /16 plg	3,00	3,00
30	Abrazaderas de 1/4 plg	0,10	3,00
1	Tubo de Permatex	1,50	1,50
4	Rollos de Teflón	0,30	1,20
1	Tarro de 1/4 de pega para tubería PVC	0,80	0,80
4	Acople de bronce de 1/4plg	1,50	6,00
4	Pernos de 1/4 plg	0,20	0,80
12	Tuercas de 1/4 plg	0,30	3,60
8	Acoples de bronce de 1/2plg	2,00	16,00
8	Adaptadores de bronce-cobre de 1/2plg a 1/4plg	1,25	10,00
4	Racords de 2 Piezas Rectas de 1/4 plg	3,00	12,00
5	varillas de cobre	3,00	15,00
0,5	libra de electrodos E6011	1,00	0,50
	SUBTOTAL		684,40
	12% IVA		82,13
	VALOR TOTAL		766,53

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

COSTOS INDIRECTOS (C.I).

Este tipo de costos incluyen todos aquellos gastos correspondientes a la utilización de maquinaria, costo de mano de obra, entre otros gastos que no se ven reflejados directamente en la implementación pero que fueron necesarios.

Tabla.6.5 Costos indirectos

CONCEPTO	COSTO
Mano de obra	200
TOTAL	200

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

Tabla.6.6 Costos Total

COSTO	TOTAL
C.M	766,53
C.I	200,00
TOTAL	966,53

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.

En este ítem se incorporara el plan de operación y mantenimiento del sistema de calefacción.

6.9.1 GUÍA DE OPERACIÓN.

6.9.1.1 FUNCIONAMIENTO DE ARRANQUE PARA OPERACIÓN DIARIA.

A continuación se detalla los pasos para la puesta en marcha el sistema de calefacción:

1. Verificar que las conexiones de entrada de los bidones y accesorios estén sin fugas.

2. Revisar los manómetros para ver si existe presiones en los tanques.
3. Abrir las válvulas para que pase el gas por los accesorios.
4. Verificar si existe fugas en los accesorios.
5. Regular la altura de la Lámpara Infrarroja.
6. Encender la Lámpara Infrarroja y dejar un cuarto de vuelta de la válvula de la lámpara.
7. Una vez alcanzado la temperatura adecuada se procede a cerrar la válvula de la lámpara.

6.9.2 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

6.9.2.1 LÁMPARA INFRARROJA.

- Los calefactores y los filtros deben estar limpios, si se encuentra sucio reducirán la eficiencia del combustible y la durabilidad. Una de las características visibles es la aparición de una llama móvil que se desplaza debajo o alrededor de la Lámpara Infrarroja.
- La suciedad y el polvo dentro de los calefactores pueden producir una acumulación de suciedad contra la malla del tubo del quemador y contra el quemador rectangular.
- La combustión de esta suciedad representa una exigencia adicional para esas partes, reduciendo su vida útil.
- El filtro estándar de acero se debe limpiar en forma regular y de ser necesario, diariamente.

6.9.2.2 NORMAS DE SEGURIDAD.

- La utilización de calefactores de cualquier tipo en condiciones de mantenimiento inadecuado puede producir un exceso de monóxido de carbono, que puede causar daños personales o la muerte.
- Los calefactores se deben limpiar usando aire comprimido para eliminar la suciedad en el tubo de quemador, el quemador, el filtro de polvo y otras partes.
- Nunca use una aguja u objetos similares para limpiar un inyector.

6.9.2.3 BIODIGESTORES.

- Al momento de que se termine el gas en los bidones se debe realizar la descarga del estiércol y del biol para limpiar y colocar nuevamente la materia prima para que genere de nuevo el gas.

6.10 CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA.

- Aprovechar el estiércol de cerdo como fuente de energía en zonas rurales del país que requieren calefacción para la cría de animales menores.
- Mediante cálculos se consideró los siguientes aspectos: La cantidad de materia prima disponible y la cantidad de energía que se espera obtener para cubrir las necesidades del lugar de aplicación.
- Se utilizó tubería de cobre ya que esta es más resistente a la corrosión y de fácil adquisición en el mercado.
- Se utilizaron bidones de 220lt ya que estos son económicos y se puede almacenar mayor cantidad de estiércol para la obtención del biogás, ya que estos resisten las inclemencias del clima.

- Con este proyecto disminuye la generación de dióxido de carbono por lo tanto debemos considerar el presente estudio para una implementación del proyecto a favor de la obtención del biogás en zonas rurales de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA:

LIBROS:

- Manual de Instalaciones de Glp de CEPSA ELF GAS, S.A, Jefe de asistencia Técnica José Emilio López Sopena.
- Cengel, Y. (2003). Termodinámica (Cuarta edición ed.). México, México: Mac Graw.
- Olaya, Y.; (2006). Diseño de un biodigestor de cúpula fija. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Palmira.
- Botero B., R.; Preston, T.R.; (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda – Universidad EARTH. San José, Costa Rica, 20p.
- GTZ (2007). Potencial de Biomasa. Federico Froebel 1776, Providencia, Santiago, Chile.
- Robles-Gil, S.; (2001). Información climatológica para la aplicación de la energía de la biomasa. Comisión de Climatología, Organización Meteorológica Mundial. La Paz, México, Agosto, 75p.
- McInerney, M Bryan, M, and Stafford, D, (1980). Metabolic stages and energetic of microbial, In anaerobic Digestion. Applied Science Publishers. L.T. D. London. p. 91-98.
- FAO. (1986). Estudio Potencial bioenergética de desechos agroindustriales y agrícolas. Cali, Colombia. Seminario Taller sobre biogás y otras fuentes alternas de energía en el medio rural.
- Jácome, A (1990) Proyecto de una planta de saneamiento de desechos agropecuarios producidos en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la U.C.V. Maracay, Tesis de Grado. U.C.V 14p.

- Taylhardat, (1985) Biodigestores, sus utilización como estructuras alternas de saneamiento y como fuente alterna de energía accesoria. Revista Porcina, Año 2. N5.p.4-7.
- NTE INEN, (2010) Instalaciones de gases combustibles para residencial, comercial e industrial. Requisitos.



INTERNET:

- <http://www.eg-ingenieria.com.ar/biodigestores-prefabricados.html#top>
- <http://www.aqualimpia.com>
- <http://tecnologia.mendoza.edu.ar/biogas/conceptos.htm>
- <http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/rica.html>
- http://www.revistafuturos.info/futuros18/biogas_bolivia.htm
- http://oiporc.com/contenido/3.2_manual_biodigestor.pdf.
- <http://www.sindominio.net/~carolina/NAP-MANUAL.htm>
- <http://www.miliarium.com/prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.htm>
- <http://www.convertworld.com/es/presion/Pascal.html>
- http://www.alloywire.com/spanish/alloy_stainless_steel_304.html
- <http://www.sindominio.net/~carolina/NAP-MANUAL.htm>
- <http://www.lincolnelectric.com.co/mod/pdf/grinox4.pdf>
- <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD098S/AD098S08.htm>

ANEXOS



ANEXO A

Tabla 4.1. Datos obtenidos para la generación de biogás en Píllaro Viejo.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA 			
RECOLECCIÓN DE DATOS DE TEMPERATURA Y PRESIONES DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS.			
FECHA	Temperatura Ambiente (°C)	Tanque de 220lt Presiones (Psi)	Tanque de 150lt Presiones (Psi)
06/11/2013	15	0	0
07/11/2013	12	0	0
08/11/2013	14	0	0
09/11/2013	16	0	0
10/11/2013	13	0	0
11/11/2013	18	0	0
12/11/2013	19	0,2	0
13/11/2013	18	0,2	0,1
14/11/2013	10	0,3	0,1
15/11/2013	18	0,3	0,2
16/11/2013	13	0,4	0,4
17/11/2013	19	0,4	0,6
18/11/2013	16	0,6	0,7
19/11/2013	17	0,6	0,7
20/11/2013	18	1	0,8
21/11/2013	15	1,3	0,8
22/11/2013	17	1,4	0,9
23/11/2013	18	1,5	0,9
24/11/2013	18	1,8	1
25/11/2013	15	2	1,1
26/11/2013	18	2,2	1,2
27/11/2013	18	2,3	1,2
28/11/2013	17	2,4	1,3
29/11/2013	18	2,4	1,4
30/11/2013	19	2,5	1,5
01/12/2013	18	2,5	1,5
02/12/2013	16	2,6	1,6
03/12/2013	18	2,6	1,6
04/12/2013	15	2,8	1,7
05/12/2013	18	2,9	1,7
06/12/2013	14	3	1,8
07/12/2013	18	3,1	1,8
08/12/2013	19	3,1	1,9
09/12/2013	13	3,3	2
10/12/2013	18	3,4	2,1
11/12/2013	16	3,4	2,2
12/12/2013	19	3,5	2,3
13/12/2013	13	3,6	2,4
14/12/2013	19	3,8	2,5
15/12/2013	15	3,8	2,5
16/12/2013	14	4	2,7
17/12/2013	17	4,2	2,7
18/12/2013	18	4,4	2,7
19/12/2013	17	4,5	2,7
20/12/2013	19	4,5	2,8
21/12/2013	19	4,6	2,9
22/12/2013	19	4,7	3
23/12/2013	15	4,7	3
24/12/2013	12	4,8	3
25/12/2013	17	5	3

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.2. Datos obtenidos para la generación de biogás en San Miguelito de Píllaro.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA 			
RECOLECCIÓN DE DATOS DE TEMPERATURA Y PRESIONES DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS			
FECHA	Temperatura Ambiente (°C)	Tanque de 220lt Presiones (Psi)	Tanque de 150lt Presiones (Psi)
06/11/2013	16	0	0
07/11/2013	17	0	0
08/11/2013	18	0	0
09/11/2013	17	0	0
10/11/2013	18	0,3	0,2
11/11/2013	16	0,3	0,2
12/11/2013	15	0,5	0,3
13/11/2013	13	0,6	0,4
14/11/2013	17	0,8	0,5
15/11/2013	18	1	0,6
16/11/2013	16	1,2	0,6
17/11/2013	14	1,4	0,6
18/11/2013	15	1,5	0,7
19/11/2013	18	1,5	0,7
20/11/2013	17	1,7	0,8
21/11/2013	16	1,7	0,9
22/11/2013	15	1,8	1
23/11/2013	16	1,9	1,1
24/11/2013	17	2	1,1
25/11/2013	18	2,1	1,2
26/11/2013	14	2,3	1,2
27/11/2013	16	2,3	1,3
28/11/2013	15	2,4	1,3
29/11/2013	14	2,4	1,3
30/11/2013	15	2,5	1,4
01/12/2013	13	2,6	1,4
02/12/2013	15	2,7	1,5
03/12/2013	16	2,8	1,5
04/12/2013	18	2,9	1,6
05/12/2013	15	2,9	1,6
06/12/2013	14	3	1,6
07/12/2013	17	3,2	1,6
08/12/2013	13	3,2	1,7
09/12/2013	15	3,3	1,7
10/12/2013	17	3,4	1,8
11/12/2013	16	3,4	1,8
12/12/2013	17	3,5	1,9
13/12/2013	15	3,6	2
14/12/2013	18	3,6	2
15/12/2013	16	3,8	2,1
16/12/2013	17	3,8	2,1
17/12/2013	16	3,9	2,2
18/12/2013	17	4	2,3
19/12/2013	15	4,1	2,3
20/12/2013	16	4,2	2,4
21/12/2013	17	4,2	2,4
22/12/2013	17	4,3	2,5
23/12/2013	16	4,4	2,6
24/12/2013	15	4,4	2,7
25/12/2013	17	4,5	2,8



Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís

Tabla 4.3 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 220lt (0,22m³).

 <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA</p>			
<p>ENSAYO REALIZADO CON MECHERO BUNSEN CON TANQUE DE 220lt (0, 22m³)</p>			
<p>Fecha: Viernes 27 de Diciembre del 2013</p>			
<p>Hora de inicio: 11H30</p>		<p>Hora Finalizada: 11H36</p>	
<p>Lugar: Píllaro Viejo</p>		<p>Temperatura Ambiente: 17 °C</p>	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(psi)	(kPa)
27/12/2013	0	5	34,47
27/12/2013	70	4	27,58
27/12/2013	135	3	20,68
27/12/2013	180	2	13,51
27/12/2013	242	1	6,89
27/12/2013	304	0	0

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.4 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 150lt.

 <p>UNIVERSIDA TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA</p>			
<p>ENSAYO REALIZADO CON MECHERO BUNSEN CON TANQUE DE 150lt (0, 15m³)</p>			
<p>Fecha: Viernes 27 de Diciembre del 2013</p>			
<p>Hora de inicio: 11H40</p>		<p>Hora Finalizada: 11H44</p>	
<p>Lugar: Píllaro Viejo</p>		<p>Temperatura Ambiente: 17 °C</p>	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(psi)	(kPa)
27/12/2013	0	3	20,68
27/12/2013	61	2	13,51
27/12/2013	123	1	6,89
27/12/2013	180	0	0



Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.5 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 220lt (0,22m³).

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO REALIZADO CON MECHERO BUNSEN CON TANQUE DE 220lt (0, 22m³)			
Fecha: Domingo 29 de Diciembre del 2013			
Hora de inicio: 16H00		Hora Finalizada: 16H05	
Lugar: San Miguelito de Píllaro.		Temperatura Ambiente: 15 °C	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(Psi)	(kPa)
29/12/2013	0	4.5	31,03
29/12/2013	50	4	27,58
29/12/2013	75	3	20,68
29/12/2013	120	2	13,51
29/12/2013	200	1	6,89
29/12/2013	254	0	0

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.6 Datos del ensayo con el Mechero Bunsen con el tanque 150lt (0,15m³).

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO REALIZADO CON MECHERO BUNSEN CON TANQUE DE 150lt (0, 15m³)			
Fecha: Domingo 29 de Diciembre del 2013			
Hora de inicio: 16H07		Hora Finalizada: 16H10	
Lugar: San Miguelito de Píllaro.		Temperatura Ambiente: 15 °C	
FECHA	TIEMPO (seg)	PRESIÓN	
		(Psi)	(kPa)
29/12/2013	0	2.8	20,68
29/12/2013	58	2	13,51
29/12/2013	80	1	6,89
29/12/2013	170	0	0



Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.7 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 220lt
(0,22m³) en el criadero de pollos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO CON LÁMPARA INFRARROJA EN EL CRIADERO DE POLLOS CON TANQUE DE 220lt (0, 22m³)			
Fecha: Domingo 9 de Febrero del 2014			
Hora de inicio: 08H00		Hora Finalizada: 14H30	
Lugar: Píllaro Viejo.			
FECHA	Tiempo (seg)	Presión (Psi)	Temperatura en el criadero (°C)
09/02/2014	0	5	18
09/02/2014	40	4,8	18
09/02/2014	82	4,6	19
09/02/2014	110	4,4	20
09/02/2014	140	4,2	21
09/02/2014	180	4	22
09/02/2014	215	3,8	23
09/02/2014	245	3,6	24
09/02/2014	260	3,4	25
09/02/2014	288	3,2	26
09/02/2014	305	3	27
09/02/2014	323	2,8	27
09/02/2014	346	2,6	28
09/02/2014	362	2,4	28



Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.8 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 150lt
(0,15m³) en el criadero de pollos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO CON LÁMPARA INFRARROJA EN EL CRIADERO DE POLLOS CON TANQUE DE 150lt (0, 15m³)			
Fecha: Lunes 10 de Febrero del 2014			
Hora de inicio: 16H00		Hora Finalizada: 19H30	
Lugar: Píllaro Viejo.			
FECHA	Tiempo (seg)	Presión (Psi)	Temperatura en el criadero (°C)
10/02/2014	0	2,5	16
10/02/2014	30	2,3	16
10/02/2014	60	2,1	18
10/02/2014	80	1,9	19
10/02/2014	110	1,7	20
10/02/2014	130	1,5	21
10/02/2014	160	1,3	21
10/02/2014	180	1	22
10/02/2014	205	0,8	23
10/02/2014	228	0,6	24
10/02/2014	245	0,4	25
10/02/2014	272	0,2	26
10/02/2014	301	0	27

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

Tabla 4.9 Datos del ensayo con la Lámpara Infrarroja con el tanque 220lt (0,22m³) en el criadero de pollos en San Miguelito de Píllaro.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE: INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO CON LÁMPARA INFRARROJA EN EL CRIADERO DE POLLOS CON TANQUE DE 220lt (0, 22m³)			
Fecha: Miércoles 12 de Febrero del 2014			
Hora de inicio: 07H30		Hora Finalizada: 13H50	
Lugar: San Miguelito de Píllaro.			
FECHA	Tiempo (seg)	Presión (Psi)	Temperatura en el criadero (°C)
12/02/2014	0	4,5	15
12/02/2014	35	4,4	15
12/02/2014	67	4,3	16
12/02/2014	105	4,2	16
12/02/2014	135	4,1	17
12/02/2014	175	4	19
12/02/2014	200	3,8	20
12/02/2014	225	3,6	21
12/02/2014	255	3,4	22
12/02/2014	279	3,2	24
12/02/2014	300	3	26
12/02/2014	320	2,8	27
12/02/2014	346	2,6	28
12/02/2014	359	2,4	28

Elaborado por: Egdo. Oscar Villacís.

ANEXO B

Con el potencial de residuos producidos por animal y su peso vivo promedio, puede estimarse la cantidad de desechos orgánicos producidos diariamente en el Terreno y los requerimientos de adición de agua para mezcla y homogenización. Cuando no es posible obtener datos exactos sobre ésta en kg/día, puede estimarse utilizando la tabla.

Tabla 6.1. Valores y características del estiércol de algunos animales.

Clase de animal	% por peso vivo		% del material de digestión		Relación C/N	P Producción de biogás (m^3 de $\frac{gas}{1kg}$ SO)
	PE Estiércol	PO Orina	% EST Sólidos	% SO Sólidos orgánicas		
Vacunos	5	4	15-16	13	20	0.250
Cerdos	2	3	16	12	13	0.350
Caprinos, Ovejas	3	1.5	30	20	30	0.200
Caballos	5	4	25	15	20	0.250
Avícolas, Gallinas	4.5	4.5	25	17	5-8	0.400
Humanos	1	1	20	15	8	0.300

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

También, puede realizarse la digestión anaerobia con materiales vegetales frescos o desechos agrícolas como paja, tamo, hojas, pasto, etc., varias veces, con lo que se produce más biogás que utilizando solamente estiércol. Se aconseja utilizar residuos vegetales sólo como material aditivo a los desechos.

Tabla 6.1 Valores y características de algunos desechos vegetales.

Material fresco	% EST Sólidos totales	% SO Sólidos orgánicos	P Producción de biogás (m^3 de $\frac{gas}{kg}$ SO)
Paja de arroz	89	93	0.220
Paja de trigo	82	94	0.250
Paja de maíz	80	91	0.410
Hierba fresca	24	89	0.410
Jacinto de agua	7	75	0.325
Bagazo	65	78	0.160
Desechos de verduras	12	86	0.350
Desechos orgánicos de cocina	15	10	0.250

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

Tabla 6.3 Diámetro de la tubería de conducción de biogás.

Flujo de Biogás (m^3/h)	DISTANCIA AL LUGAR DE USO (metros)			
	25	50	100	150
0.45	½ "	1m a 25m: ¾ " 25m a 50m: ½ "	¾ "	¾ "
0.68	½ "	¾ "	¾ "	1m a 100m: 1 " 100m a 150m: ¾ "
0.90	½ "	1 "	¾ "	1m a 100m: 1 " 100m a 150m: ¾ "
1.35	½ "	¾ "	1m a 75m: 1 " 75m a 100m: ¾ "	1 "
1.81	½ "	1 "	1m a 50m: 1 ½ " 50m a 100m: 1 "	1m a 100m: 1 ½ " 100m a 150m: 1 "

Fuente: Anil K Dhussa, Designing biogás distribution system Bioenergy, Renewables, 1983

Tabla 6.4 Porciones de Agua

Bobino	Fresco	1:1
	Seco	1:2
Porcino		1:2
Aves		1:1
Equino		1:2
Desechos Humanos		1:1
Desechos Vegetales		1:0,5 - 2

Fuente: WWF 2003

Tabla 6.5 Demanda de biogás para diferentes usos

Equipos	Características	Consumo m^3/kg
Lámpara	Equivalente aprox. a 100W	0.09
Cocina	Por Hornilla standard	0.40
Horno		0.44
Nevera	1 quemador – 1 inyector	0.15
Motor	Ciclo Otto	0.45/HP
Soplete		0.80
Criadora	1500 K calorías, por 1 inyector	0.16
	Hervir agua a 100 °C	0.08
	Electricidad	0.62/KW

Fuente: FAO – Embrater – Mendoza.

Tabla 6.6 Producción de residuos humanos y animales (estimado)

Productor	Peso (Kg)	Producción diaria de estiércol (Kg)	Producción mensual de estiércol (Kg)	Producción anual de estiércol (Kg)
Cerdo	50	6	15	2190
Vaca	500	34	34	12410
Caballo	500	10	15	3650
Oveja	15	1.5	2	548
Ave	1.5	0.1	0	36.5
Humanos	50	0.5	1	182.5

Fuente: Biogás (1986)

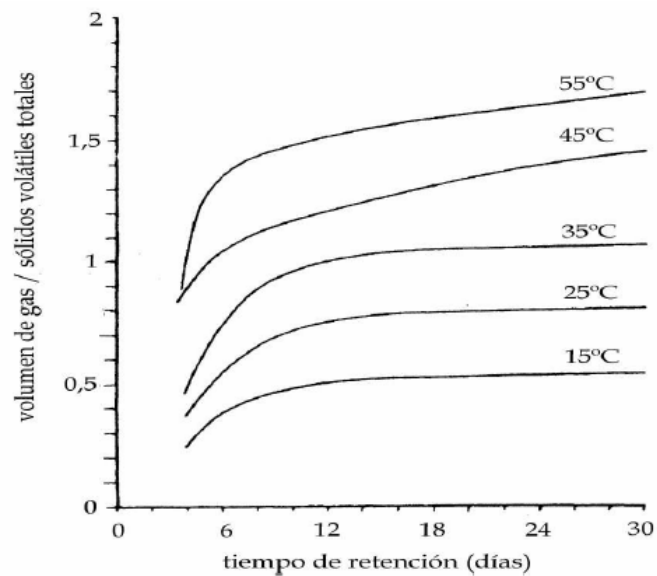


Fig. 6.1. Influencia de Temperaturas para una buena digestión anaerobia.

Fuente: Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process

Tabla 6.7 Contenido calorífico de diferentes excretas.

Especie Animal	Tamaño	Cantidad de excreta por día (kg)	Rendimiento de Biogás $\frac{m^3}{kg}$ excretas	Producción de biogás $\frac{m^3}{animal\ día}$	Relación Excreta: Agua
Vacuno	Grande	15	0.04	0.600	1:1
	Mediano	10	0.04	0.400	
	Pequeño	8	0.04	0.320	
	Ternero	4	0.04	0.160	
Cerdo	Grande	2	0.07	0.140	1:1 – 1:3
	Mediano	1.5	0.07	0.105	
	Pequeño	1	0.07	0.070	
Avícola	Grande	0,15	0.06	0.009	1:3
	Mediano	0,10	0.06	0.008	
	Pequeño	0,05	0.06	0.003	
Ovino	Grande	5	0.05	0.250	1:2 – 2:3
	Mediano	2	0.05	0.100	
	Pequeño	1	0.05	0.050	
Pato		0,15	0.05	0.008	1:2 – 2:3
Paloma		0,05	0.05	0.003	1:3 – 2:3
Caballo		15	0.04	0.600	1:2 – 2:3
Humano	Adulto	0,40	0.07	0.028	1:2 – 2:3
	Niño	0,20	0.07	0.014	

Fuente: Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process

Tabla 6.8 Cantidad promedio de excretas de cerdos en peso vivo.

Etapa de crecimiento (Kg)	Promedio (Kg)	Rango (Kg)
Hembra vacía	4.61	3.3 – 6.4
Hembra gestante	3.00	2.7 – 3.2
Hembra lactante	7.72	6.0 – 8.9
Macho reproductor	2.81	2.0 – 3.3
Lechón lactante	8.02	6.8 – 10.9
Precebos	7.64	6.8 – 10.6
Engorde	6.26	5.9 – 6.6
Finalización	6.26	5.7 – 6.5

Fuente: Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process

Tabla 6.9 Consumo aproximado en BTU para algunos aparatos comunes.

Aparatos	Consumo aproximado (BTU por hora)
Cocina/estufa económica, domestica	65000
Horno integrado o unidad de parrilla, domestica.	25000
Unidad superior integrada, domestica.	40000
Calentador de agua (recuperación rápida), almacenamiento automático tanque de 30 galones.	30000
Tanque de 40 galones	38000
Tanque de 50 galones	50000
Calentadores de agua, instantánea automática	
(2 gal. Por minuto)	142800
Capacidad (4 gal. Por minuto)	285000
(6 gal. Por minuto)	428400
Refrigerador	3000
Secadora de ropa, domestica.	35000
Lámpara a gas.	2500
Leños a gas.	30000

Fuente: Manual de Servicio para el Instalador de Gas-LP

Tabla 6.10 Características de los componentes del gas natural.

Componentes	Formula química	Peso molecular	Densidad relativa	Poder calorífico superior (PCS) $Kcal/m^3$	Poder calorífico inferior (PCS) $Kcal/m^3$	Aire teórico para combustión	Volumen de humos seco m^3/m^3	Volumen de humos húmedo m^3/m^3	Límite inferior de inflamabilidad %	Límite superior de inflamabilidad %	Poder calorífico superior (PCS) $Kcal/K$	Poder calorífico superior (PCS) $Kcal/K$
Etano	C_2H_6	30,070	1,0378	16860	15390	16,67	15,17	18,17	3	12,5	13262	12106
Propano	C_3H_8	44,097	1,5219	24350	22380	23,81	21,81	25,81	2,2	9,5	13061	12004
Butano	C_4H_{10}	58,124	2,0061	32060	29560	30,95	28,45	33,45	1,7	8,5	13046	12029
Anhidrido carbónico	CO_2	44,011	1,5189	0	0	0	1	1			0	0
Oxígeno	O_2	32,000	1,1044	0	0	0	1	1			0	0
Hidrogeno	H_2	2,016	0,0695	3050	2570	2,38	1,88	2,88	12,5	7,4	35824	30186
Nitrógeno	N_2	28,016	0,9669	0	0	0	1	1			0	0
Aire		28,970	1	0	0	0	1	1			0	0

Fuente: Instalaciones Industriales de gas natural Ramal externo y red interna.

Autor: Jorge Sifuentes Sancho

Tabla 6.11 Dimensiones de los tubos de acero.

Diámetro Nominal (DN) en mm	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor (mm)	Denominación usual (por O rosca)
10	17.2	12.6	2.3	3/8"
15	21.3	16.1	2.6	1/2"
20	26.9	21.7	2.6	3/4"
25	33.7	27.3	3.2	1"
32	42.4	36	3.2	1 1/4"
40	48.3	41.9	3.2	1 1/2"
50	60.3	53.1	3.6	2"
65	76.1	68.9	3.6	2 1/2"
80	88.9	80.9	4	3"
100	114.3	105.3	4.5	4"
125	139.7	129.7	5	5"
150	165.1	155.1	5	6"

Fuente: REGLAMENTO TÉCNICO DE DISTRIBUCIÓN Y UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS. Según Norma: UNE 36864 para tubos soldados longitudinalmente. UNE - EN 10255 y UNE 19046 para los tubos sin soldadura.

Tabla 6.12 Tubería de cobre de temple rígido Tipo L.

Tubería de cobre de temple rígido Tipo "L"

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por tramo	Presión Máxima	Presión Constante	Flujo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos	PSI kg/cm ²	PSI kg/cm ²	G. P. M. L. P. M.
1/4"	0.375"	0.315"	0.030"	0.126	2.524	7,200	1,440	
6.35 mm	9.525	8.001	0.762	0.187	1.146	506.16	101.23	
3/8"	0.500"	0.430"	0.035"	0.198	3.965	6,300	1,260	1.873
9.50 mm	12.700	10.922	0.889	0.295	1.800	442.89	88.57	7.089
1/2"	0.625"	0.545"	0.040"	0.285	5.705	5,760	1,152	3.656
12.7 mm	15.875	13.843	1.016	0.424	2.590	404.92	80.98	13.493
3/4"	0.875"	0.785"	0.045"	0.455	9.110	4,632	926	9.600
19 mm	22.225	19.939	1.143	0.678	4.136	325.62	65.09	36.336
1"	1.125"	1.025"	0.050"	0.655	13.114	4,000	800	19.799
25 mm	28.575	26.035	1.270	0.976	5.954	281.20	56.24	74.94
1 1/4"	1.375"	1.265"	0.055"	0.885	17.700	3,600	720	35.048
32 mm	34.925	32.131	1.397	1.317	8.036	253.08	50.61	132.660
1 1/2"	1.625"	1.505"	0.060"	1.143	22.826	3,323	664	56.158
38 mm	41.275	38.227	1.524	1.698	10.363	233.60	46.67	212.560
2"	2.125"	1.985"	0.070"	1.752	35.042	2,965	593	119.099
51 mm	53.975	50.419	1.778	2.608	15.909	208.43	41.68	450.790
2 1/2"	2.625"	2.465"	0.080"	2.483	49.658	2,742	548	214.298
64 mm	66.675	62.611	2.032	3.695	22.545	192.76	38.52	811.120
3"	3.125"	2.945"	0.090"	3.332	66.645	2,592	518	347.397
76 mm	79.375	74.803	2.286	4.962	30.257	182.21	36.41	1,314.90
4"	4.125"	3.905"	0.110"	5.386	107.729	2,400	480	747.627
102 mm	104.775	99.187	2.794	8.017	48.909	168.72	33.74	2,829.77

Fuente: INEN, 2010.

ANEXO C

FOTOS DEL ENSAYO REALIZADO

Cerdos



Bidones de 220lt y 150lt



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Colocación del adaptador de tanque de 1/2pulg y la válvula de bola de 1/2pulg



Cavando para colocar los bidones bajo tierra.



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Bidones de 220lt y 150lt enterrados



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Recolección del estiércol



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Colocación del abono y mezclado del mismo



Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Colocación de la manguera para gas doméstico.

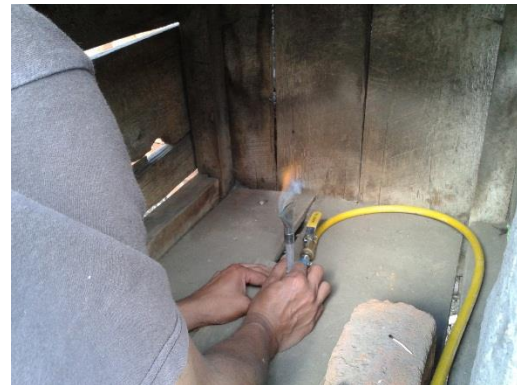


Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Pruebas con el mechero Bunsen



San Miguelito de Píllaro



Píllaro Viejo

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Pruebas con el Lámpara Infrarroja a gas



San Miguelito de Píllaro



Píllaro Viejo

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

Temperaturas ambiente en las zonas indicadas



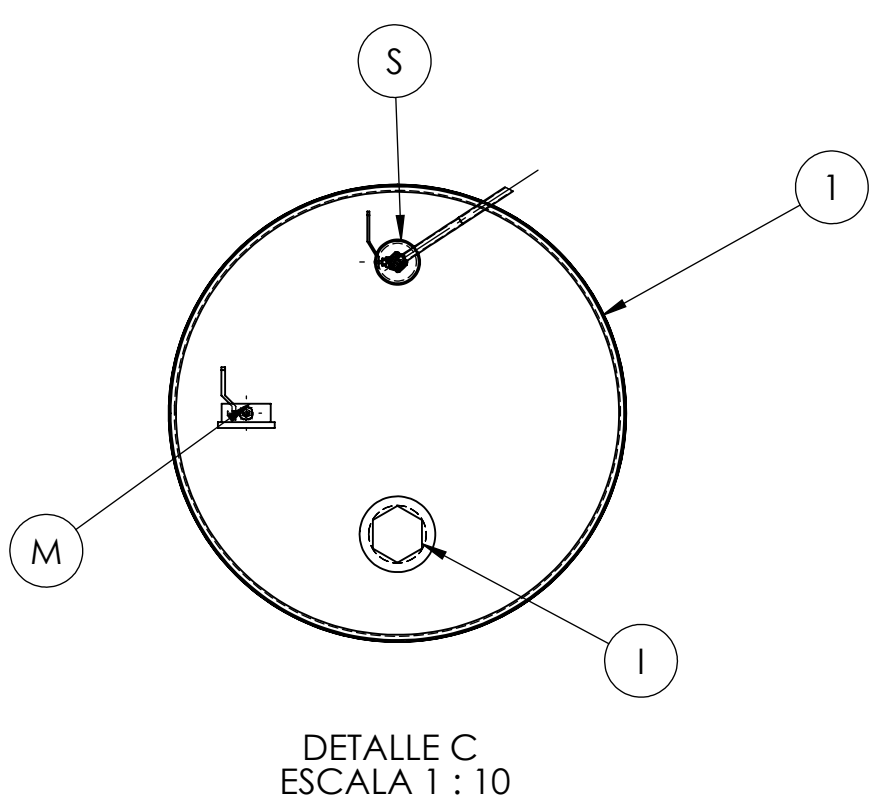
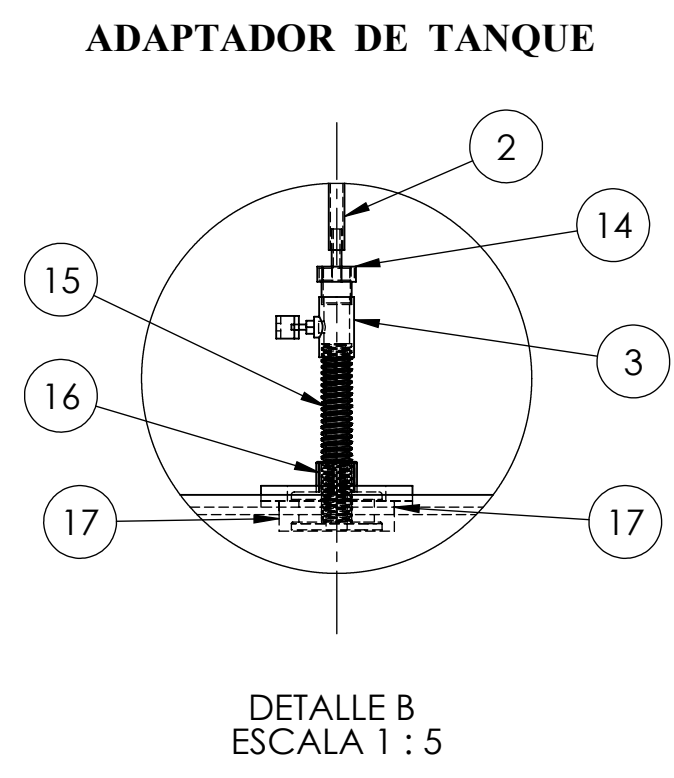
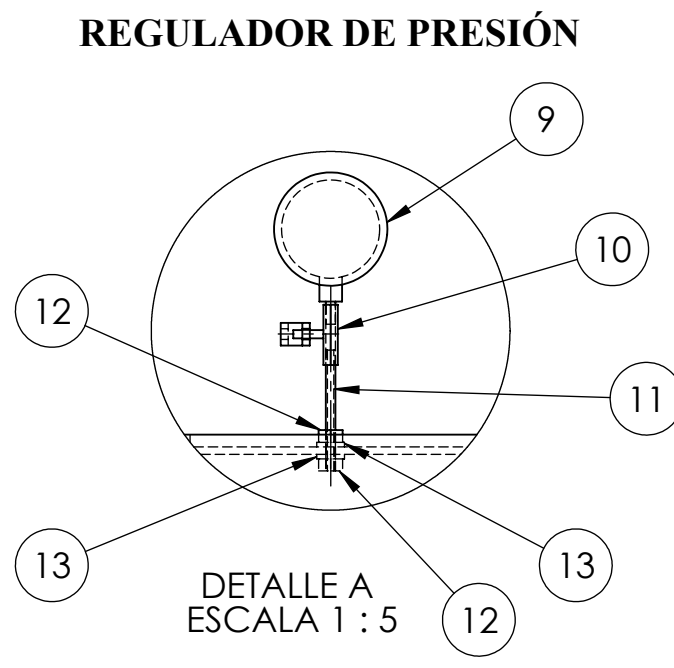
San Miguelito de Píllaro



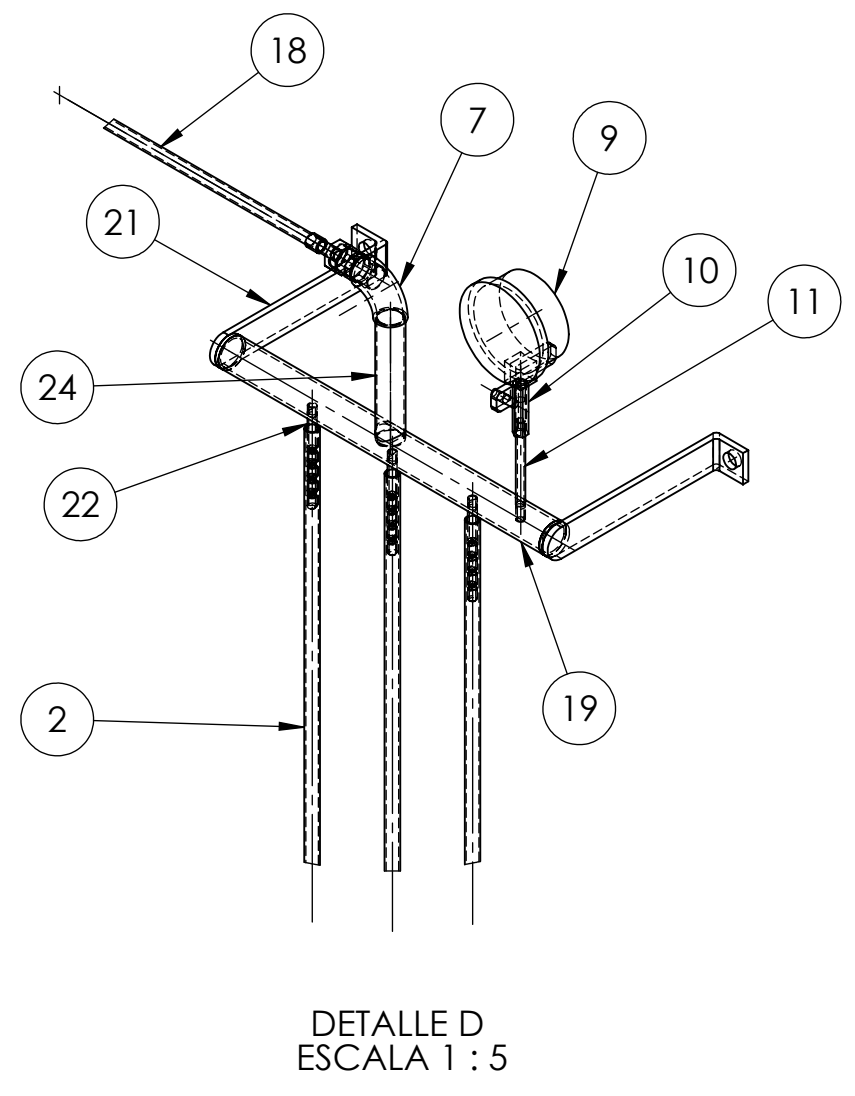
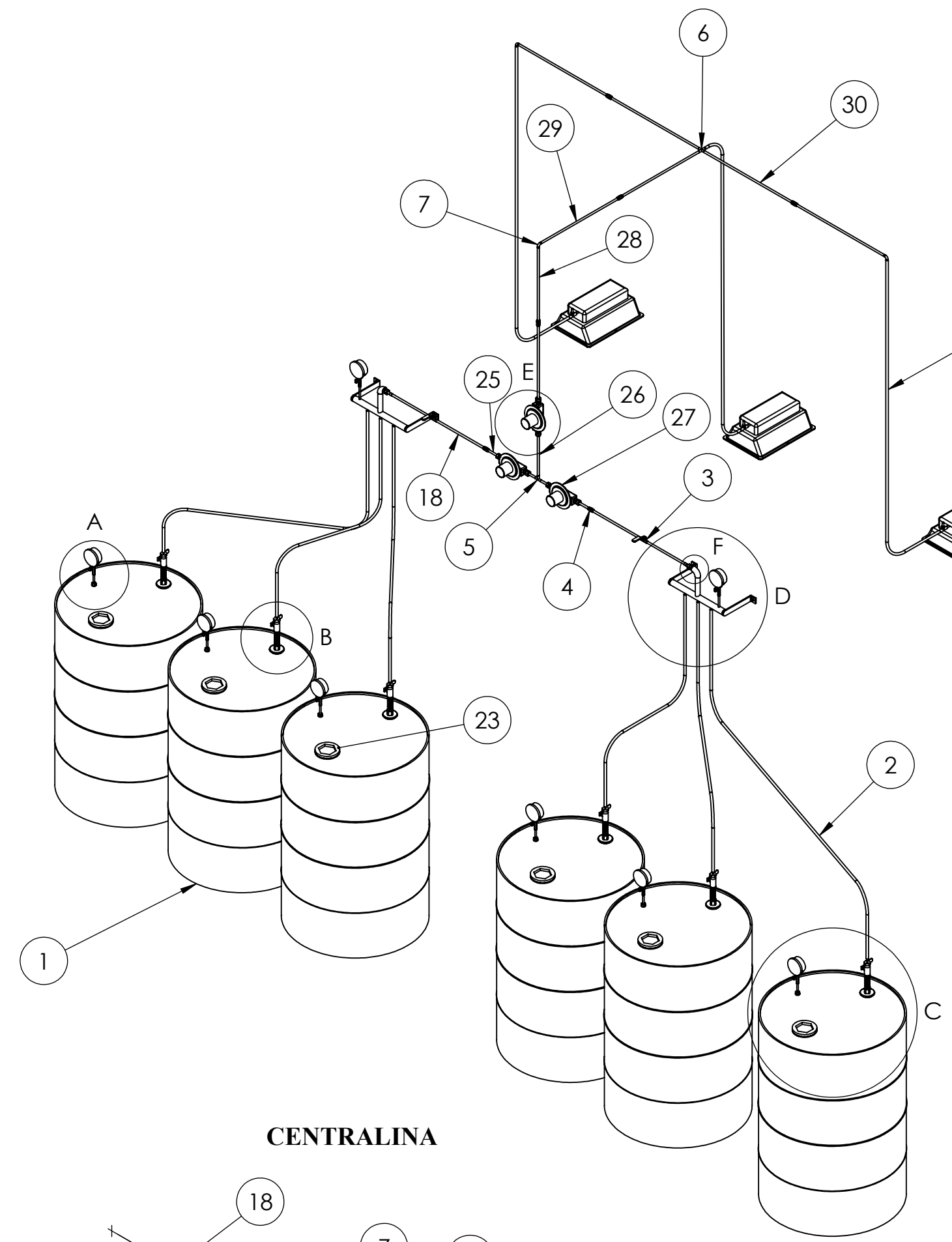
Píllaro Viejo

Fuente: Elaborado por Egdo. Oscar Villacís

PLANOS

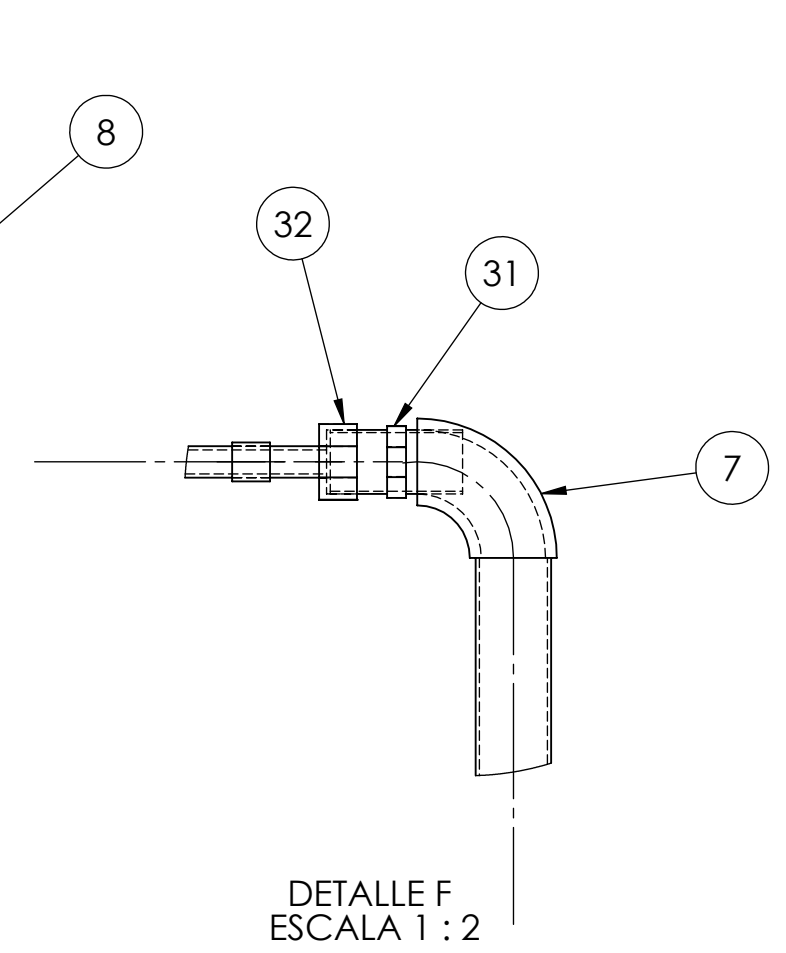


VALVULERÍA DEL TANQUE	
I	Ingreso del material Estiércol + Agua
M	Control de Presión
S	Salida de Biogás



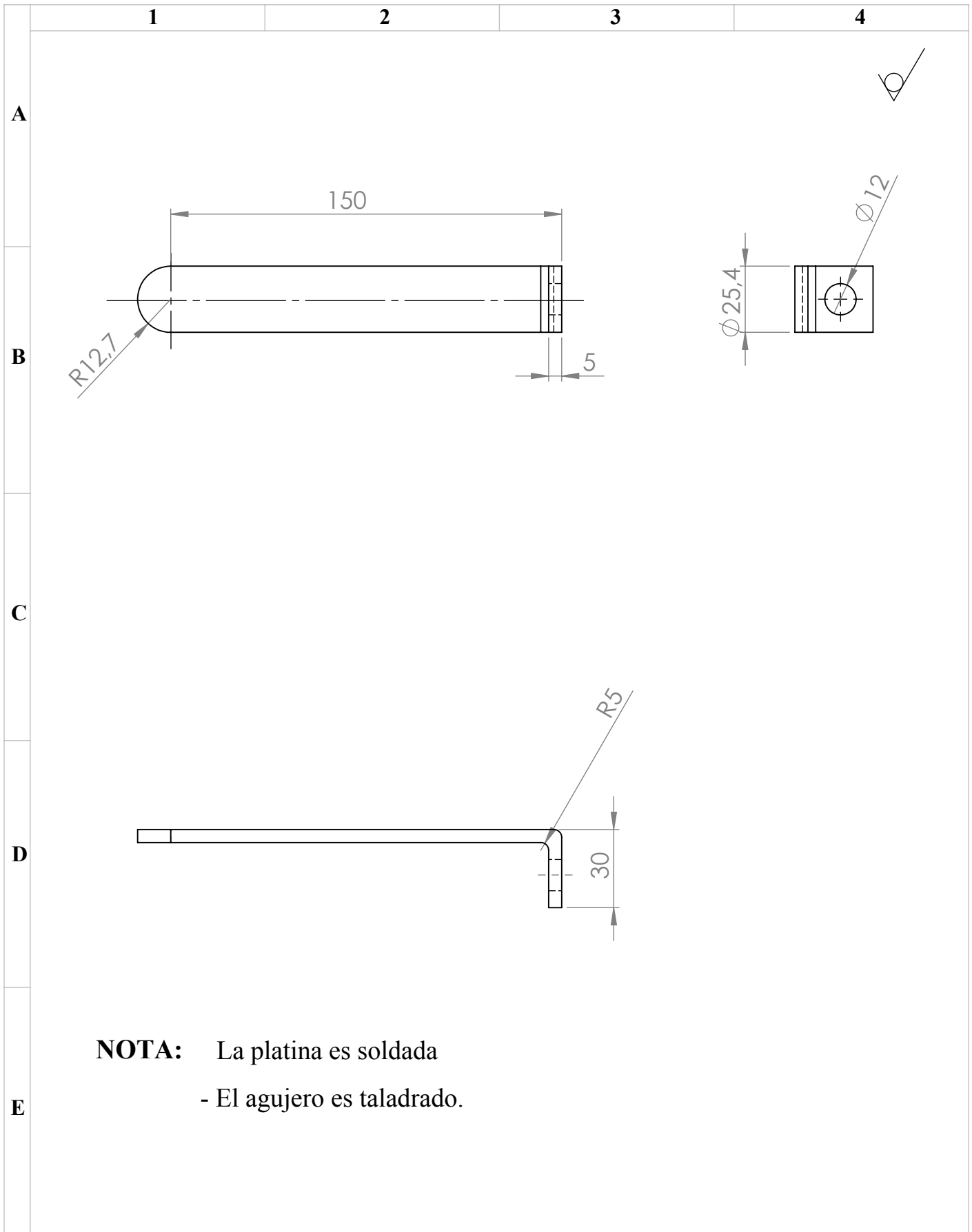
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Cantidad total de almacenamiento: 0.198 m³
 Potencia Instalada: 4.2 kW
 Autonomía: 8 horas
 Presión Máxima: 5 Psi



Nº de orden	Denominación	Nº de dibujo	Materiales:	Nº de pieza	Peso Kg/pieza	Observación
32	Conector Reducido de 1/2 x 1/4 plg		Cobre a rosca interna	2	0.46	
31	Neplo Unión de 1/2 plg		Bronce	2	0.46	
30	Tubería de cobre 1/4 plg, L = 0.50m		Tipo L, Pmáx=10psi	2	0.46	
29	Tubería de cobre 1/4 plg, L = 0.45m		Tipo L, Pmáx=10psi	2	0.46	
28	Tubería de cobre 1/4 plg, L = 0.55m		Tipo L, Pmáx=10psi	1	0.23	
27	Regulador de Presión, P = 4 mbar		Fundicion de aleacion de aluminio	3	1.36	Marca COMAP
26	Tubería de cobre 1/4 plg, L = 0.2m		Tipo L, Pmáx=10psi	2	0.30	
25	Tubería de cobre 1/4 plg, L = 0.07m		Tipo L, Pmáx=10psi	4	0.40	
24	Tubería de 1/2 plg, L = 0.1m		Hierro Galvanizado, Pmáx=150psi	2	0.20	
23	Tapa de 3 plg		Plastico	6	0.10	
22	Acople de 1/4 plg		Bronce	6	0.80	
21	Platina de 1x 1/16 plg		ASTM A36	4	0.45	
20	Pernos de 1/4 plg		SAE	12	0.23	
19	Tubería de 1 plg, L = 0.30m		Hierro Galvanizado, Pmáx=150psi	2	0.60	
18	Tubería de cobre 1/4 plg, L = 0.30m		Tipo L, Pmáx=10psi	2	0.45	
17	Empaque de caucho de di=1/2plg		Caucho	12	0.20	
16	Contra rosca de 1/2 plg		PVC	6	0.20	
15	Tubería roscada de 1/2 plg		PVC	6	0.20	
14	Pitón de manguera de 1/2 x 1/4 plg		Bronce	9	0.90	
13	Empaque de caucho de d =1/4 plg		Caucho	12	0.10	
12	Tuerca de 1/4		Acero Inoxidable	12	0.68	
11	Tubería de 1/4 plg, L = 0.40m		Hierro Galvanizado, Pmáx=150psi	2	0.30	
10	Válvula de bola de gas de 1/4 plg		Acero Inoxidable, Pmáx = 300 Psi	8	0.78	Marca FUNCOSA
9	Manómetro de 30 psi		Acero Inoxidable	9	1.02	Marca WILKA
8	Lámpara infrarroja de gas		Hierro Fundido, Pot=1.4kW	3	3.00	Marca JACKWAL
7	Codo de 90° roscado de 1/2 plg		Hierro Galvanizado, Pmáx=150psi	2	0.57	
6	Cruz de cobre de 1/4 plg		Tipo L, Pmáx=10psi	1	0.11	
5	Te cobre de 1/4 plg		Tipo L, Pmáx=10psi	1	0.11	
4	Universal cobre de 1/4 plg		Tipo L, Pmáx=10psi	6	0.68	
3	Válvula de bola de gas de 1/2 plg		Acero Inoxidable, Pmáx = 300 Psi	6	1.82	Marca FUNCOSA
2	Manguera industrial para gas		Caucho con revestimiento, Pmáx = 300 Psi	9	0.91	
1	Bidón de 220 lt		Polietileno, Norma NTP 381	6	49.08	

Tolerancias (Peso)		Materiales: VARIOS		Escala: 1:20
± 1	72,29 kg	Materiales: VARIOS		
Fecha: 30/05/14 Nombre: Villacís Oscar		PLANO ISOMÉTRICO		Número del Dibujo: 1 (Sustitución)
Rev. 30/05/14 Ing. Cabrera S.				
Apro. 30/05/14 Ing. Cabrera S.				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A Ing. Mecánica



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				± 1	0.45kg	PLATINA DE ACERO ASTM 36 DE 1 plg			
				Fecha	Nombre	PLATINA SOPORTE		Escala:	
				Dib.	30/5/2014			Villacís Oscar	1:2
				Rev.	30/5/2014			Ing. Cabrera S.	
				Apro.	30/5/2014			Ing. Cabrera S.	
				UTA		Número de Dibujo:			
				Ing.Mecánica		2			
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			

1

2

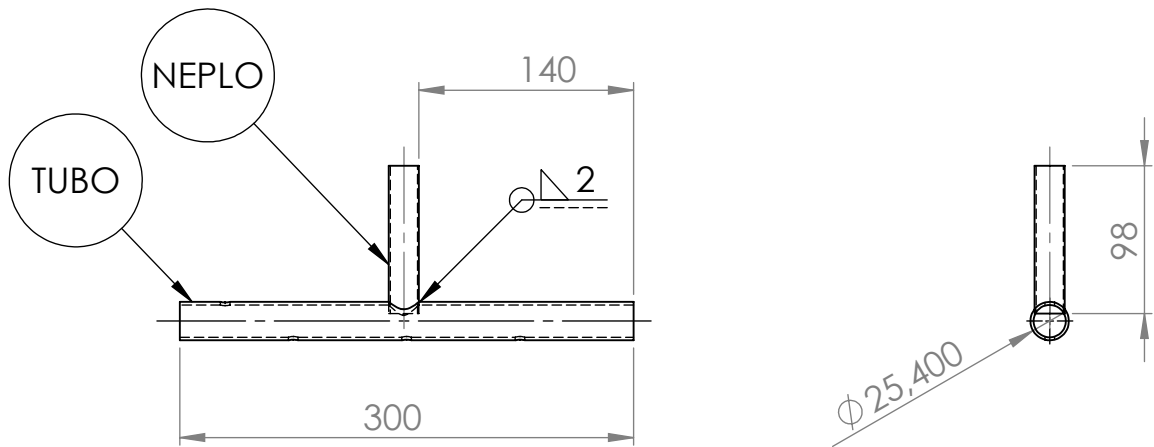
3

4

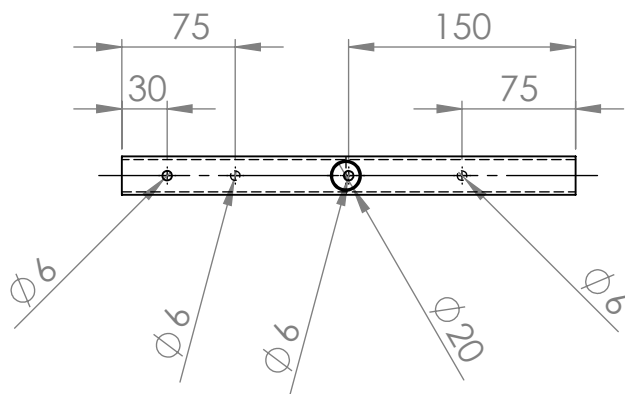
A



B



C



D

NOTA: Unir el neplo con el tubo usando electrodo E6011 con proceso SMAW

E

- Los cuatro agujeros son roscados con machuelos de 1/4.

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO DE HIERRO GALVANIZADO CÉDULA 40 DE 1pulg	Escala: 1:5
				± 1	0.20kg		
				Fecha	Nombre	CENTRALINA	
			Dib.	30/5/2014	Villacís Oscar		
			Rev.	30/5/2014	Ing. Cabrera S.		
			Apro.	30/5/2014	Ing. Cabrera S.		
				UTA Ing.Mecánica		Número de Dibujo: 3	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	