

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS A  
PARTIR DE ESTIÉRCOL DE CUY PARA REDUCIR EL CONSUMO  
DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL RESTAURANTE BETTY -  
CALLAO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**AUTOR:** Bach. JUAN CARLOS VALVERDE CHAUCA

**ASESOR:** MSc. Ing. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** FUENTES NO CONVENCIONALES DE  
ENERGÍA










**Callao, 2022**  
**PERÚ**



## Document Information

Analyzed document	13. TESIS - VALVERDE CHAUCA.pdf (D142845022)
Submitted	2022-08-12 07:28:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	3%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Xavier-ABRIL.docx</b> Document Xavier-ABRIL.docx (D134812158)		6
<b>SA</b>	<b>TESIS BIODIGESTORES ESTRUCTURA FLEXIBLE SIST.PLAGIO.docx</b> Document TESIS BIODIGESTORES ESTRUCTURA FLEXIBLE SIST.PLAGIO.docx (D15061822)		1
<b>SA</b>	<b>EVALUACION DE LA CODIGESTIÓN DE EXCRETAS BOVINAS Y CAPRINAS PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS POR MEDIO DE UN BIODIGESTOR TUBULAR A ESCALA REAL (caso finca La Esperanza, aguas blancas- Valledupar-Cesar) (1).docx</b> Document EVALUACION DE LA CODIGESTIÓN DE EXCRETAS BOVINAS Y CAPRINAS PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS POR MEDIO DE UN BIODIGESTOR TUBULAR A ESCALA REAL (caso finca La Esperanza, aguas blancas- Valledupar-Cesar) (1).docx (D120036679)		1
<b>SA</b>	<b>tesis armada SALAZAR RODGER.docx</b> Document tesis armada SALAZAR RODGER.docx (D13704462)		1
<b>SA</b>	<b>tesis armada SALAZAR RODGER urkund.docx</b> Document tesis armada SALAZAR RODGER urkund.docx (D13724421)		2
<b>SA</b>	<b>Perfil de tesis fer.docx</b> Document Perfil de tesis fer.docx (D13555834)		1
<b>SA</b>	<b>URKUND TESIS SAUL - FABRICIO.docx</b> Document URKUND TESIS SAUL - FABRICIO.docx (D14719436)		6
<b>SA</b>	<b>URKUND TESIS SAUL - FABRICIO.docx</b> Document URKUND TESIS SAUL - FABRICIO.docx (D14738241)		1
<b>SA</b>	<b>Tesis_urkund.docx</b> Document Tesis_urkund.docx (D33816211)		1

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

**FACULTAD:**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:**

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**TÍTULO:**

DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE CUY PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL RESTAURANTE BETTY - CALLAO

**AUTOR / CÓDIGO ORCID / DNI:**

JUAN CARLOS VALVERDE CHAUCA / 0000-0002-1153-3668 / 70033782

**ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI:**

JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO / 0000-0001-8492-3379 / 40607588

**LUGAR DE EJECUCIÓN:**

RESTAURANTE BETTY

**UNIDADES DE ANÁLISIS:**

SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS

**TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

APLICADA / CUANTITATIVO / NO EXPERIMENTAL

**TEMA OCDE:**

CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN**

### **MIEMBROS DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**PRESIDENTE: Dr. NELSON ALBERTO DIAZ LEIVA**

**SECRETARIO: Msc. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS**

**MIEMBRO: Mg. JUAN ADOLFO BRAVO FELIX**

**ASESOR: MSc. Ing. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO**

**N° DE LIBRO: 001**

**N° DE FOLIO: 120**

**N° DE ACTA: 094**

**FECHA DE APROBACIÓN DE TESIS: 21 de agosto del 2022**

**RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD: N° 250-2022-CF-FIME**

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

**ACTA N°094 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 120, ACTA N° 094 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL I CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

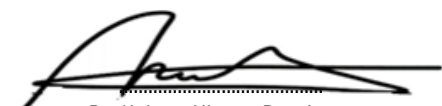
A los 21 días del mes de agosto, del año 2022, siendo las 09:42 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de Ingeniero en Energía de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

<b>Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mag. Juan Adolfo Bravo Félix</b>	<b>: Miembro</b>
<b>Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro</b>	<b>: Asesor</b>

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **VALVERDE CHAUCA JUAN CARLOS** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA**, sustenta la tesis titulada **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE CUY PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL RESTAURANTE BETTY - CALLAO”** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativosuperior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa de **BUENO** y calificación cuantitativa de **Dieciseis (16)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 10:22 horas del día 21 del mes y año en curso.



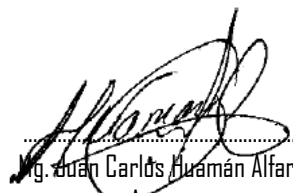
Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva  
Presidente de Jurado



Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas  
Secretario de Jurado



Mg. Juan Adolfo Bravo Félix  
Miembro de Jurado



Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro  
Asesor



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

---

**INFORME N° 10**

Visto el ejemplar de la Tesis del Bachiller:

**VALVERDE CHAUCA JUAN CARLOS**

Que lleva por título:

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE CUY PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL RESTAURANTE BETTY - CALLAO"**

**A QUIEN CORRESPONDA**

El jurado Revisor y evaluador de sustentación de Tesis del I Ciclo Taller de Tesis 2022, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 250-2022-CF-FIME, manifestamos que la sustentación de tesis se llevo a cabo los días Sábado 20 y Domingo 21 de agosto de 2022, en el horario de 09.00 a 15.00 horas, vía Google Meet : <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn> y habiéndose levantado las observaciones realizadas al trabajo de tesis, la misma que en su oportunidad fue revisada cuidadosamente por los miembros del jurado en pleno a través de la sala de Google Meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn> **damos la respectiva conformidad** a la tesis presentada para que continúe con su trámite correspondiente.

Se emite el presente informe favorable para los fines que el interesado considere pertinentes.

Bellavista 22 de setiembre del 2022

Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva  
Presidente

Msc. Gustavo Ordóñez Cárdenas  
Secretario

Mg. Juan Adolfo Bravo Félix  
Miembro

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por darme fortaleza y perseverancia para alcanzar metas y cumplir sueños, a mi abuela Martha por regalarme sabiduría, apoyo incondicional y consejos dados, a mi madre por ser mi mayor motivación y ejemplo a seguir.



## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia que siempre me han inculcado valores y fortaleza para superarme día a día y tener claro que yo puedo lograr todo lo que me propongo. A los profesores de la Universidad del Callao por sus enseñanzas y consejos para poder crecer tanto en mi vida profesional como académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	11
1.2. Formulación del problema.....	13
1.2.1. Problema general .....	13
1.2.2. Problemas específicos .....	13
1.3. Objetivos .....	14
1.3.1 Objetivo general .....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4. Justificación .....	14
1.4.1 Teórica .....	14
1.4.2 Práctica .....	14
1.4.3 Ambiental .....	15
1.4.4 Económica.....	15
1.5. Delimitantes de la investigación.....	15
<b>1.5.1. Teórica</b> .....	15
<b>1.5.2. Temporal</b> .....	15
<b>1.5.3. Espacial</b> .....	16
II. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes .....	17
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	17
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	18
2.2. Bases teóricas .....	20

2.2.1	Fuentes de Energías Renovables .....	20
2.2.2	Biomasa .....	21
2.2.3	Residuos sólidos .....	22
2.2.4	Estiércol de Cuy (Cavia Porcellus) .....	23
2.2.5	Procesos de biodigestión .....	24
2.2.6	Biol .....	25
2.2.7	Biogás .....	25
2.2.8	Biodigestor .....	30
2.2.9	Cálculos para el diseño del biodigestor tubular .....	39
2.2.10	Factores que intervienen en la elaboración de un biodigestor ..	41
2.3.	Marco conceptual.....	43
2.3.1	Diseño de un sistema de biogás.....	43
2.3.2	Consumo de energía térmica .....	44
2.4.	Definición de términos básicos .....	45
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	47
3.1.	Hipótesis .....	47
3.1.1	Hipótesis general.....	47
3.1.2	Hipótesis específicas.....	47
3.2.	Operacionalización de variables .....	48
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	49
4.1.	Diseño metodológico.....	49
4.2.	Método de investigación .....	50
4.3.	Población y muestra.....	50
4.4.	Lugar de estudio .....	51
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información. ....	51
4.5.1	Técnicas .....	51

4.5.2	Instrumentos.....	52
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	52
4.6.1	Etapa 1: Parámetros básicos .....	52
4.6.2	Etapa 2: Diseño del biodigestor.....	55
4.6.3	Etapa 3: Dimensionamiento de los componentes.....	62
4.6.4	Etapa 4: Consumo de combustible.....	70
4.6.5	Etapa 5: GLP equivalente en biogás .....	70
4.6.6	Etapa 6: Requerimiento de energía térmica .....	71
4.7.	Aspectos éticos en investigación .....	71
V.	RESULTADOS.....	73
5.1.	Resultados descriptivos .....	73
5.1.1	Etapa 1: Parámetros Básicos .....	73
5.1.2	Etapa 2: Diseño del biodigestor.....	73
5.1.3	Etapa 3: Dimensionamiento de los componentes.....	74
5.1.4	Etapa 4: Consumo de combustible.....	75
5.1.5	Etapa 5: GLP equivalente en biogás .....	75
5.1.6	Etapa 6: Requerimiento de energía térmica .....	75
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	77
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	77
6.1.1	Contrastación de la hipótesis general.....	77
6.1.2	Contrastación de las hipótesis específicas.....	77
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	78
6.2.1	Contrastación de los resultados con estudios internacionales .....	78
6.2.2	Contrastación de los resultados con estudios nacionales .....	79
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	80
VII.	CONCLUSIONES.....	81

VIII. RECOMENDACIONES .....	82
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
ANEXOS .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Composición del estiércol de cuy .....	23
Tabla 2.2 Características generales del biogás .....	26
Tabla 2.3 Equivalencias energéticas del biogás .....	27
Tabla 3.1 Operacionalización de variables .....	48
Tabla 4.1 Toma de muestras in situ de estiércol de cuy durante una semana.	53
Tabla 4.2 Mezcla de agua para la carga diaria .....	54
Tabla 4.3 Relación entre temperatura y tiempo de retención recomendado para lograr producciones de biogás aceptables.....	55
Tabla 4.4 Parámetros del ancho de rollo .....	58
Tabla 4.5 Relación óptima entre la Longitud y el Diámetro de biodigestor .....	58
Tabla 4.6 Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo $\alpha$ y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular	61
Tabla 4.7 Composición del estiércol de cuy y conejo.....	62
Tabla 4.8 Diámetro de diseño según material de tubería.....	66
Tabla 4.9 Cantidad de balones GLP consumidos durante 2022 .....	70
Tabla 5.1 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 1 .....	73
Tabla 5.2 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 2 .....	74
Tabla 5.3 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 3 .....	74
Tabla 5.4 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 4 .....	75
Tabla 5.5 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 5 .....	75
Tabla 5.6 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 6 .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Fuentes de energías renovables.....	20
Figura. 2.2 Principales procesos de aprovechamiento de biomasa con fines energéticos.....	21
Figura 2.3 Etapas de la producción de biogás .....	30
Figura 2.4 Esquema de un biodigestor tipo chino .....	31
Figura 2.5 Esquema de un biodigestor tipo hindú .....	32
Figura 2.6 Esquema de un biodigestor tipo media bolsa .....	33
Figura 2.7 Esquema de un biodigestor tipo Taiwanés .....	34
Figura 2.8 Cámara de digestión .....	35
Figura 2.9 Cámara de gas de cúpula fija .....	36
Figura 2.10 Cámara de gas de depósito flotante .....	36
Figura 2.11 Sistema de carga .....	37
Figura 2.12 Sistema de descarga .....	38
Figura 2.13 Sistema de purificación .....	39
Figura 4.1 Ubicación del restaurante BETTY .....	51
Figura 4.2 Es quema de un cilindro, con su radio y circunferencia .....	57
Figura 4.3 Esquema de una zanja trapezoidal .....	60
Figura 4.4 Dimensiones del gasómetro.....	64
Figura 4.5 Tanques de alimentación y descarga.....	64
Figura 4.6 Esquema longitudinal del biodigestor.....	65
Figura 4.7 Regulador de presión usando agua y codos de 45° .....	67
Figura 4.8 Esquema isométrico de la línea de conducción de biogás.....	69

## RESUMEN

El uso de nuevas tecnologías para nuevas fuentes de energías renovables es necesario para el desarrollo de la sociedad, asimismo el incremento del precio del petróleo y sus derivados tiene un impacto en la economía del país ya que la inflación aumenta cada año; en este contexto se busca aprovechar la materia orgánica (estiércol de cuy) generado en el restaurante BETTY en el distrito del Callao, convirtiéndolo en un recurso para producir biogás. En esta investigación se diseñó un sistema de biogás modelo Taiwanés a fin de reducir el consumo de energía térmica proveniente del GLP doméstico, para posteriormente evaluar el presupuesto de su implementación y a la vez introducir esta tecnología en este rubro comercial. Esta investigación fue del tipo aplicada con un diseño no experimental, y enfoque cuantitativo, usando el método analítico-sintético a través de las técnicas documental y empírica. Se logra diseñar el sistema de biogás y realizar en planos de AutoCad sus detalles para su futura implementación, además de calcular el consumo de energía térmica y la producción de biogás logrando una estimación de 21.65 kWh/día disminuyendo la demanda de combustible de uso doméstico en el restaurante, el cual se significa un ahorro energético de 1733.9 kWh al año que se traduce a un ahorro económico de S/. 889.23 y además contribuyendo con el cuidado del medio ambiente.

**Palabras clave:** *biogás, estiércol de cuy, restaurante, taiwanés*



## ABSTRACT

The use of new technologies for new renewable energy sources is necessary for the development of society, likewise the increase in the price of oil and its derivatives has an impact on the country's economy since inflation increases every year; In this context, the aim is to take advantage of the organic matter (guinea pig manure) generated in the BETTY restaurant in the Callao district, turning it into a resource to produce biogas. In this research, a Taiwanese model biogas system was designed in order to reduce the consumption of thermal energy from domestic LPG, to subsequently evaluate the budget for its implementation and at the same time introduce this technology in this commercial area. This research was of the applied type with a non-experimental design, and a quantitative approach, using the analytical-synthetic method through documentary and empirical techniques. It is possible to design the biogas system and carry out its details in AutoCad plans for its future implementation, in addition to calculating the consumption of thermal energy and the production of biogas, achieving an estimate of 21.65 kWh/day, reducing the demand for fuel for domestic use in the restaurant, which means an energy saving of 1733.9 kWh per year, which translates into an economic saving of S/. 889.23 and also contributing to the care of the environment.

**Keywords:** *biogas, guinea pig manure, restaurant, Taiwanese*

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito la adecuada gestión de residuos sólidos principalmente del estiércol de cuyo el cual mediante una digestión anaeróbica adecuada sea transformado en biogás y posteriormente usarlo como fuente de energía térmica para reducir el consumo del combustible fósil utilizado en este establecimiento (gas propano o GLP). Se focaliza en el restaurante BETTY ubicado en el distrito del Callao donde se busca el aprovechamiento de estos residuos mediante una tecnología de biodigestores poco usada en el área urbana y en el sector gastronómico. Esta tecnología tiene múltiples beneficios en la misma organización y en la comunidad, específicamente en el distrito Callao. Por tanto, este proyecto fomentaría su emulación por otros locales considerando los beneficios económicos y sobre todo ambientales. La metodología de investigación empleada en este proyecto de tesis consiste en realizar una investigación del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, la cual está estructurada por los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, describiendo la realidad problemática a su vez se plantea los objetivos de la investigación justificando la naturaleza del problema y delimitando su desarrollo enfocándose en el diseño de un sistema de biogás modelo Taiwanés que garantiza la autosuficiencia de combustible en el mencionado restaurante.

En el capítulo II, se elabora el marco teórico, donde se revisa los antecedentes que se relacionan con las variables de investigación y se expone las teorías o principios que dan base al desarrollo del sistema de biogás propuesto.

En el capítulo III, se plantean las hipótesis y variables de la investigación, especificando las actividades que realizan con ellas y los instrumentos que permiten realizar su operacionalización, asimismo la hipótesis es la respuesta directa al problema de investigación siendo este el diseño del sistema de biogás.

En el capítulo IV, se describe la metodología de investigación utilizada, la cual señala el tipo, nivel, enfoque y método de investigación. Asimismo, se plasma los aspectos éticos que conlleva realizar la investigación, también se define la población y la muestra que son del mismo tamaño siendo esta el diseño del sistema de biogás, además de las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, el lugar de estudio siendo el restaurante BETTY, el procesamiento de datos que es el paso a paso del diseño y especificando las pruebas que se emplearon en la contrastación de la hipótesis planteada.

En el capítulo V, se exponen los resultados, donde se plasma de manera resumida lo obtenido en el análisis y procesamiento de datos, para su análisis y explicación del diseño.

En el capítulo VI, se redacta la discusión de los resultados demostración de la hipótesis a su vez se realiza la contrastación de los resultados con otros estudios nacionales e internacionales semejantes a la investigación.

En el capítulo VII, se detallan las conclusiones más importantes direccionadas de los objetivos de la investigación.

En el capítulo VIII, se señalan las recomendaciones de la investigación con respecto los objetivos del mismo para un correcto funcionamiento del sistema

En el capítulo IX, se señalan las referencias bibliográficas, que son citadas en el desarrollo del proyecto de investigación utilizando la norma ISO 690 Style.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción de la realidad problemática

El petróleo y sus derivados son fuente de energía global donde todos los países que dependen de ello y no son exportadores, se ven afectados cuando ocurre un alza de precios en el crudo por lo tanto cabe indicar que esta problemática viene de años, pero ahora debido a la coyuntura actual que es el conflicto bélico de la invasión de Rusia a Ucrania, lamentablemente las vidas humanas son la mayor pérdida irreparable que traen las guerras pero las pérdidas económicas también son un peligro latente para la población mundial.

Los precios a nivel **mundial** han subido a un máximo de ocho años, lo que llevó a los países importadores a instar a los miembros del grupo productor de petróleo OPEP a aumentar los suministros, sin embargo, las principales potencias no tienen prisa por ayudar esta vez. En el 2020, cuando el COVID se propagó por todo el mundo y los países se pusieron en cuarentena bloqueando sus economías, los precios del petróleo se desplomaron debido a la escasez de compradores, posteriormente en junio de 2021, a medida que la demanda de crudo comienza a recuperarse, la OPEP comienza a aumentar gradualmente la oferta mensual, aportando 400,000 bpd adicionales al mercado mundial. Actualmente suministra 2,500,000 bpd menos que en la primavera de 2020. Sin embargo, cuando Rusia invadió Ucrania, el precio del crudo se elevó a más de US\$100 el barril (BBC News Mundo, 2022).

A pesar que **Latinoamérica** tiene una relación comercial muy débil con Rusia, el aumento de los precios del petróleo a nivel mundial amenaza con afectar el crecimiento económico y aumentar la inflación en la región. Brasil y México que son los productores principales, y Venezuela, Ecuador, Colombia y Argentina también producen, pero de manera más reducida. Fernando Valle, analista senior de petróleo y gas de Bloomberg Intelligence en New York, indicó que cuando aumenta el precio del barril por encima de los US\$80 es un problema grave debido a que la inflación de los precios para el usuario final. Por otra parte,

los países que son solo importadores les resulta perjudicial este aumento de precio del barril, como es el caso de Perú y Chile, porque todo se aumenta de precio ya que la energía es la base para todo pues cuando elevas ese precio también se eleva el precio de las exportaciones (BBC News Mundo, 2022).

En el **Perú** esta problemática viene en aumento desde antes de la actual coyuntura, a pesar de que el aumento del petróleo viene dándose desde que comenzó el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, los precios de los combustibles ya estaban en aumento desde el 2021. El ingeniero y ex ministro de Energía y Minas, Carlos Herrera Descalzi, indicó que la guerra no es la causa principal de este incremento, sino que el problema del petróleo es lo que se llama la transición energética. El objetivo que buscan los países europeos es desplazar el uso de los combustibles fósiles en el 2040, Herrera sostiene que por esta razón se ha perdido el interés y quitado facilidades para la búsqueda de yacimientos de petróleo en el mundo por lo que la cantidad actual es suficiente para hoy, pero por sí solo no se cubrirá la etapa que va desde el 2040 al 2060, es por eso que se requeriría encontrar nuevos reservorios petroleros. Pero Herrera indica además que los bancos han subido sus créditos a las petroleras o simplemente no están prestando para esas condiciones, pues es una actividad que prácticamente ya está en retirada. Ante esta situación, el ex titular del MINEM sostuvo que es muy probable que el precio siga en continuo aumento. Además, agregó que los yacimientos de Camisea están en declive y un 25% neto del GLP tiene que importarse, lo cual afecta a los consumidores finales ya que no se fija un precio estable, sino que se cobra el precio de la importación (RPP Noticias, 2022).

Por lo indicado anteriormente, de manera **local**, es un problema que viene dándose en la actualidad y sobre todo que sigue en aumento, donde los más afectados son los consumidores finales (hogares, restaurantes, etc.) este es el caso de estudio de esta investigación por lo que se observa un aumento de costos en la preparación de platos en el restaurante BETTY ya que esto representa un porcentaje considerable en los gastos mensuales de dicho establecimiento ubicado en la provincia constitucional del Callao. Es por esta

problemática que se plantea una manera de reducir este consumo de energía térmica proveniente de este combustible (GLP envasado o gas doméstico) ya que según el aplicativo de OSINERGMIN denominada “FACILITO” indica que en los puntos de venta de balón de cocina de 10 Kg cuesta entre 45 a 65.80 soles en Lima Metropolitana y Callao (RPP Noticias, 2022). Por este motivo se busca un ahorro anual en el restaurante mediante el uso de un sistema de biogás con los residuos orgánicos generados, pero principalmente del estiércol de cuy ya que es un animal que se cría tanto en zonas rurales como en algunas zonas urbanas, para el consumo humano o simplemente crianza. El uso de este tipo de tecnología no se aplica en sector gastronómico por lo que se busca lograr este objetivo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo diseñar un sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy para reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo calcular los parámetros básicos que permita diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás?
- ¿Cómo diseñar el biodigestor modelo Taiwanés que permita dimensionar los componentes del sistema de biogás?
- ¿Cómo dimensionar los componentes del sistema de biogás que permita realizar su presupuesto a fin de reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy para reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Calcular los parámetros básicos que permita diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás.
- Diseñar el biodigestor modelo Taiwanés que permita dimensionar los componentes del sistema de biogás.
- Dimensionar los componentes del sistema de biogás que permita realizar su presupuesto a fin de reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1 Teórica**

Debido a al consumo de GLP en restaurantes y este mismo al estar en un incremento de su costo con respecto a años anteriores, se encamina a la búsqueda de otras fuentes de energía para su reemplazo. Así mismo este estudio se puede estandarizar y ejecutar en otros restaurantes de cualquier parte del Perú.

#### **1.4.2 Práctica**

Esta solución a la problemática actual, se viene realizando en algunos países latinoamericanos, principalmente en zonas rurales con índice de pobreza y extrema pobreza además que se logró ejecutar de manera eficiente. A su vez se contribuye con el medio ambiente y los ecosistemas ya que como se tiene conocimiento en estas zonas, las personas utilizan la leña como fuente de energía térmica para poder cocinar, no obstante, con esta tecnología esto dejará de ser necesario, frenando en parte la deforestación.

### **1.4.3 Ambiental**

El presente trabajo de investigación surge a partir de ser una alternativa sostenible al destino final de esta materia orgánica residual que se produce en este establecimiento y a su vez transformarlo en biogás para la independencia del GLP, mejorando la calidad de vida ya que se tendrá un almacenamiento de estos desechos a la vez tener una fuente de energía térmica.

### **1.4.4 Económica**

La presente tesis tiene justificación económica ya que el ahorro en los procesos de cocción ya que el biogás al reemplazar el GLP, el ahorro mensual suele ser muy importante, cabe indicar que los costos de construcción y mantenimiento del biodigestor son asumidos por el establecimiento, el tiempo de recuperación de lo invertido depende del ahorro diario que se obtiene al utilizar esta tecnología. Además, que es un modelo de bajo costo a comparación de otros modelos de sistemas de biogás.

## **1.5. Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1. Teórica**

En el presente proyecto de investigación se establece la delimitante teórica debido a que aborda teorías de dinámica de gases, termodinámica y biodigestión influyendo en el dimensionamiento del sistema de biogás modelo Taiwanés en un proceso de transformación de la energía para su uso en el restaurante BETTY por consiguiente solo es aplicable particularmente a este establecimiento debido a que su demanda de combustible es única.

### **1.5.2. Temporal**

El proyecto de tesis se delimita temporalmente debido al planteamiento del diseño del sistema de biogás modelo Taiwanés y su posterior implementación en el restaurante BETTY para la cubrir la demanda de combustible, en un período efectivo de 9 semanas.



### **1.5.3. Espacial**

Este trabajo de investigación establece una delimitante espacial referente a la arquitectura que posee el establecimiento y al estar situado en un área urbana no se puede realizar excavaciones, por lo que la instalación del biodigestor, estaría situado en el 4<sup>to</sup> nivel del restaurante BETTY, ya que en el primer y segundo nivel se dirige a la elaboración de platos y atención al público, respectivamente.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

- Acosta y Muñoz (2020), en su tesis titulada: **“Implementación de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de los excrementos de animales de granja ubicada en el Cantón Salcedo”**, que tuvo como **objetivo** general implementar un biodigestor a partir de los desechos de animales en la granja “Rosita” del cantón Salcedo con la finalidad de obtener biogás y biol. En este estudio se aplicó un **diseño** experimental que ponía a prueba un prototipo de biodigestor tubular como el usado en esta investigación para obtener biogás y biol, donde la materia orgánica fue el estiércol de vaca y estiércol de cerdo, y su principal **conclusión** fue que la composición de las excretas utilizadas para el biodigestor se consideró dentro de los parámetros indicados de la producción de estiércol, en cuanto a la distribución de la presión ejercida en el biodigestor se obtuvo que 7,12 KPa permite el flujo necesario para el movimiento del líquido y gas, la temperatura en el interior del digestor se mantuvo en los rangos óptimo de trabajo que fue de 23,25 °C.

Este trabajo nos permite evaluar las propiedades físicas dentro del biodigestor para su correcto funcionamiento y uso en la obtención del biogás confinado dentro de los biodigestores domésticos que son los adecuados para la presente investigación

- Arenas (2019), en su tesis titulada: **“Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto “La Villa Solar” ubicado en la ciudad de Buenaventura - Colombia”**, que tuvo como **objetivo** principal proponer el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en esta localidad. En este estudio se aplicó un **diseño** experimental, el diseño contaba con 5 fases que contaba con el diagnóstico de la zona de estudio, planeación, ejecución, control y diseño, **concluyendo** que, es una excelente alternativa

para aprovechar los residuos sólidos generados en las viviendas de su localidad, porque tienen un valor agregado al incorporarlos al ciclo productivo, apoyando iniciativas de economía circular y reduciendo los residuos con destino a los rellenos sanitarios de la región.

Esta investigación se relaciona con la investigación planteada ya que da las pautas como debe realizarse el diseño para el correcto aprovechamiento energético y poder utilizarlo para optimar resultados.

- Diaz y Salazar (2019), en su tesis titulada: “**Estudio de factibilidad para el diseño de un biodigestor de aprovechamiento sostenible de excretas de bovino en la hacienda Los Naranjos, Tambo - Cauca**”, cuyo **objetivo** fue formular un estudio de factibilidad de un biodigestor de aprovechamiento de excretas de bovino a fin de producir biogás de acuerdo a algunos indicadores ecológicos, sociales y económicos, para un aprovechamiento sostenible de la Hacienda los Naranjos, el **diseño** no experimental debido a que se trata de una propuesta de diseño, el cual se **concluye**, que el modelo que mejor se adecua a las condiciones bajo estudio es el Modelo Tubular debido a que requiere poca asistencia técnica, los costos de instalación y diseño son bajos, tiene buena producción de biogás y biol y es adecuado para convertir los residuos bovinos en un insumo para la generación de bienes y servicios. Esta tesis es de relevancia y apoyo para la viabilidad del proyecto y asegurando que el tipo de biodigestor tubular es adecuado para uso doméstico para la generación de biogás.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

- Arana (2020), en su tesis titulada: “**Diseño de un biodigestor automatizado para la producción de biogás usando desechos orgánicos para el distrito de Chacapampa**”, donde el **objetivo** fue diseñar un biodigestor automatizado para la producción de biogás equivalente a dos balones de GLP de 10 Kg de manera mensual a partir de desechos orgánicos en el distrito de Chacapampa, en el cual se aplicó un **diseño** que es en esencia la creación de un producto y tiene que subdividirse en fases de trabajo, por lo que el

diseño tiene un enfoque transparente, racional e independiente de cualquier rama de la ciencia, se **concluye** que, la producción mensual de biogás del biodigestor será equivalente a 11 balones de GLP de 10 kg, logrando el objetivo de cubrir la necesidad energética de 2 balones de GLP de manera mensual.

Esta investigación guarda relación con la presente tesis dado que utiliza desechos de animales, y cubre la demanda energética que se requiere en las viviendas ayudando con el diseño y optimización del biodigestor.

- Ruiz (2019), en su tesis titulada: “**Optimización de la producción de biogás con estiércol de cuy en aguas servidas mediante celdas electrolíticas**”, cuyo **objetivo** fue evaluar y monitorear la optimización de biogás a partir de excretas de cuy, de acuerdo a los parámetros involucrados en su producción., el cual se aplicó un **diseño** experimental al manipular una variable no comprobada usando condiciones controladas, en el cual se **concluye** que, Se ha encontrado que el guano de cuy tiene un poder energético que supera hasta tres veces a las excretas de vaca y además, se obtuvo biogás con una presión de salida de 12 PSI en 22 días, se descomponían de las excretas de cuy a una temperatura promedio de 30°C, usando un controlador industrial para el proceso y la monitorización de la presión y temperatura.  
Por lo que esta investigación aporta la metodología para el cálculo de la producción estimada de biogás del estiércol de cuy y cuantificar su poder energético para compararlo con otros tipos de estiércoles.
- Taipe (2019), en su tesis titulada: “**Diseño de un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol**”, cuyo **objetivo** fue diseñar un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol, en este estudio se aplicó un **diseño** experimental donde el objeto experimental es diseñado y construido, mientras que el objeto de control es uno existente al cual se quiere superar en eficiencia o productividad, donde se **concluye** que se diseñaron los componentes del biodigestor con una adecuada selección de materiales accesibles en el mercado como tuberías de PVC y depósito de plástico, para

un diseño y configuración adecuada donde se evaluó la producción de biogás del biodigestor, siendo el tiempo de retención de 28 días, y la producción estimada de biogás fue de 315.6 l/día, que se traduce en 2 horas 40 minutos de uso en una cocina doméstica, o 3 horas 30 minutos de uso en lámparas de gas.

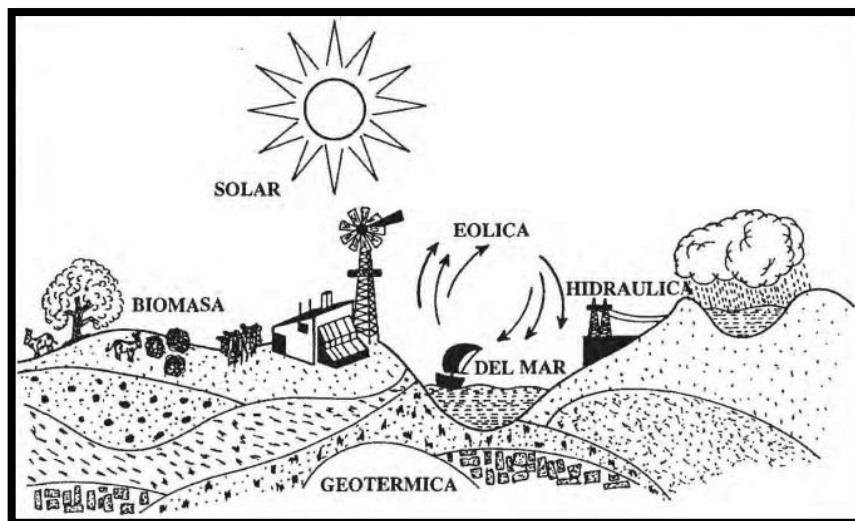
Esta tesis establece las pautas para la obtención de biogás de mejor calidad y poder refinarlo para un mejor aprovechamiento de la energía térmica generada.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1 Fuentes de Energías Renovables

La energía renovable es la fuente de energía que la Tierra recibe continuamente y su fuente es el sol, aunque en algunos casos hay algún aporte de los campos gravitatorios de la Tierra y la Luna. Aunque el 30% de la energía del sol es reflejada por la atmósfera terrestre, el 70% restante pasa a través de ella con o sin cambios en sus propiedades, creando una variedad de fuentes de energía renovable (Figura. 2.1). La energía de la biomasa se distribuye entonces a todos los organismos y queda inevitablemente contenida en los diferentes tipos de residuos orgánicos que producen (Jarabo et al., 2020).

Figura 2.1 Fuentes de energías renovables



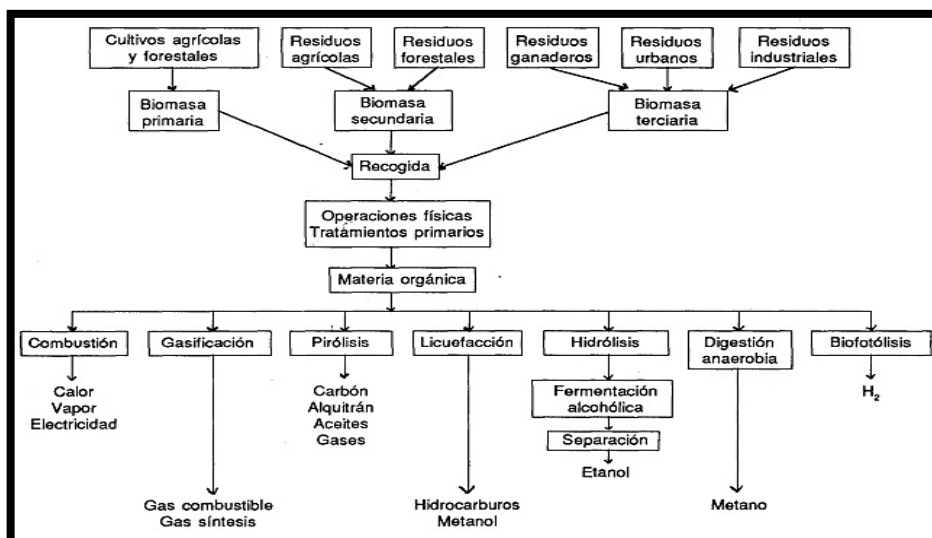
Fuente: (Jarabo Friedrich et al., 2020)

Por lo expuesto, la presente tesis está centrada en el uso de la biomasa para generar biogás y aprovecharlo convenientemente para dejar la dependencia energética de combustible, además de contribuir en la conservación del medio ambiente ya que tanto como el combustible y la biomasa son emiten CO<sub>2</sub> el principal causante del efecto invernadero.

## 2.2.2 Biomasa

El concepto de biomasa nos resulta muy familiar, aunque posiblemente no todo el mundo lo defina de la misma manera. El glosario de términos de la OCDE define la biomasa como «la cantidad de materia viva de origen vegetal o animal presente en un momento dado en un área determinada». Pero la definición de biomasa que se utiliza en las directivas de la Unión Europea (UE) es diferente ya que se define como «la fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales». Finalmente, otras definiciones inciden en su valor energético y consideran que la biomasa es «la materia orgánica que puede ser convertida en combustible y es por lo tanto considerada como una fuente potencial de energía» (García y Martínez, 2014).

Figura. 2.2 Principales procesos de aprovechamiento de biomasa con fines energéticos



Fuente: (Gamboa y Jimenez, 1992)

### **2.2.3 Residuos sólidos**

Los desechos orgánicos son todos los materiales que tuvieron o fueron parte de seres vivos, como ramas y hojas de árboles, cáscaras de frutas, excrementos, sangre y viseras de animales. Todos están compuestos naturalmente y tienden a descomponerse rápidamente pudiendo transformarse en otra materia orgánica (Toscano, 2016).

La Ley General de Residuos Sólidos, N° 27314, en su artículo 14, define a los residuos sólidos como aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya según corresponda las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, transferencia y disposición final. Los residuos sólidos se clasifican según su origen en: domiciliario, comercial, limpieza de espacios públicos, establecimiento de atención de salud, industria, actividades de construcción, agropecuario y de instalaciones o actividades especiales. Los residuos domiciliarios o de las actividades domésticas están constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares. Los residuos de limpieza son aquellos generados por los servicios de barrido y limpieza de pastos, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas los residuos agropecuarios son provenientes de las actividades agrícolas y pecuarios (Ley N.º 27314).

La Ley 28611, en su Art. 13° de Gestión Ambiental, define la gestión ambiental como un proceso permanente y continuo, constituido por un conjunto estructurado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país.

La misma ley en su Art. 17° de Gestión Ambiental, indica que los instrumentos de gestión ambiental podrán ser de planificación, promoción, prevención, control, corrección, información, financiamiento, participación, fiscalización, entre otros, rigiéndose por sus normas legales respectivas y por sus principios. Por ejemplo, la evaluación del impacto ambiental; la certificación ambiental; estrategias, planes y programas de prevención, adecuación, control y remediación; los planes integrales de gestión de residuos; los instrumentos orientados a conservar los recursos naturales; otros más.

#### 2.2.4 Estiércol de Cuy (*Cavia Porcellus*)

El guano del cuy tiene un poder calorífico superior al de la vaca en 3 veces su valor por lo tanto es un gran potencial para las familias que crían cuy. Un biodigestor de 10 m<sup>3</sup> alimentado con estiércol vacuno, produce 1 m<sup>3</sup> de biogás. Sin embargo, el del cuy produce hasta 3 m<sup>3</sup> de gas diario, en otras palabras, tres veces más. Esto es suficiente para cuatro o cinco horas de uso diario en la cocina, además este se puede ir almacenando (Calisaya y Phocco, 2018).

Tabla 2.1 Composición del estiércol de cuy

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cuy</b>
Humedad	%	8.03
Nitrógeno	%	2.12
Fósforo	%	1.85
Potasio	%	1.67
Carbono	%	0.105
Poder Calorífico	cal/Kg	6328
C/N		14

Fuente: (Vega, 2015)



### **2.2.5 Procesos de biodigestión**

El correcto manejo de los residuos orgánicos se logra a través de diferentes tratamientos que implican un reciclaje de estas materias orgánicas, transformándolas en productos con valor agregado. El reciclaje de materia orgánica ha recibido un fuerte impulso con el alto costo de los fertilizantes químicos, con la búsqueda de alternativas no tradicionales de energía, así como también, la necesidad de vías de descontaminación y eliminación de residuos. La población microbiana juega un importante papel en las transformaciones de estos residuos orgánicos especialmente si se considera que disponen de un amplio rango de respuestas frente a la molécula de oxígeno, componente universal de las células. Esto permite establecer bioprocesos en función de la presencia o ausencia de oxígeno, con el objeto de tratar adecuadamente diversos residuos orgánicos (Varnero, 2011, p. 13).

#### **a) Digestión aeróbica**

Consiste en procesos realizados por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular (Varnero, 2011, p. 13).

#### **b) Digestión anaeróbica**

Es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, 19 efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en

crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico (Varnero, 2011, p. 13).

### **2.2.6 Biol**

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre nosotros, e ausencia e oxígeno. Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentables ecológicamente y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente, por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para obtener biol es a través de biodigestores” (Sistema Biobolsa, 2011).

### **2.2.7 Biogás**

El biogás es un gas compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en proporciones variables dependiendo de la composición de la materia orgánica a partir de la cual se ha generado. Las principales fuentes de biogás son los residuos ganaderos y agroindustriales, los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDARs) y la fracción orgánica de los residuos domésticos.

Los procesos de descomposición biológica en ausencia de oxígeno (anaerobios) que permiten producir biogás a partir de materia orgánica suceden en vertederos o en reactores cerrados comúnmente conocidos como digestores anaerobios. La desgasificación de vertederos mediante la captación del biogás generado permite mejorar las condiciones de seguridad de explotación de dichos vertederos, llevándose a cabo también en muchos casos un aprovechamiento energético del biogás captado. En el caso de los digestores anaerobios, se alimenta la materia orgánica (sustratos), y se mantienen unas determinadas condiciones de operación (tiempo de residencia, temperatura, etc.). A fin de maximizar la producción de biogás en los digestores, es habitual mezclar distintos tipos de sustratos (co-digestión), debiendo tener especial cuidado para

que la mezcla escogida permita que los procesos biológicos transcurran sin inhibiciones.

El biogás es la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas: eléctrica, térmica o como carburante. Puede desde canalizarse para su uso directo en una caldera adaptada para su combustión, a inyectarse previa purificación hasta biometano en las infraestructuras de gas natural existentes, tanto de transporte como de distribución. Dado que el CH<sub>4</sub> tiene un potencial de calentamiento global 21 veces superior al CO<sub>2</sub>, el aprovechamiento apropiado del biogás tiene un gran potencial para contribuir a reducir emisiones de gases de efecto invernadero (DAE, 2021).

Tabla 2.2 Características generales del biogás

<b>Característica</b>	<b>Contenido</b>
	55 – 70% metano (CH <sub>4</sub> )
Composición	30 – 45% dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )
	Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kWh/m <sup>3</sup>
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH <sub>4</sub> mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg/m <sup>3</sup>
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg/ Kmol

Fuente: (Varnero, 2011)

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

básico del gas natural”. El gas producido puede utilizarse en las cocinas, que generalmente reemplazarán a la Lena, el balón de gas comercial u otras Fuentes de energía. En este caso, 1 m<sup>3</sup> de biogás corresponde a su valor térmico:

Tabla 2.3 Equivalencias energéticas del biogás

<b>1000 litros (1 m<sup>3</sup>) de biogás equivalen a:</b>	
5647 kcal	Energía (65% CH <sub>4</sub> )
6.56 kWh	Energía (65% CH <sub>4</sub> )
1.6 Kg	Madera
1.2 Kg	Bosta seca
1.1 litros	Alcohol
0.75 litros	Gasolina
0.65 litros	Gas-Oil
0.76 m <sup>3</sup>	Gas Natural
0.7 Kg	Carbón
3.3 kWh <sub>t</sub>	Calor útil (65% CH <sub>4</sub> ; rendimiento 50%)
2 kWh <sub>e</sub>	Electricidad útil (65% CH <sub>4</sub> ; rendimiento 30%)

Fuente:(Martí, 2019)

### **Etapas de producción del biogás:**

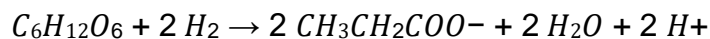
Es la mezcla constituida por metano CH<sub>4</sub> en una proporción que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno, y tiene 3 etapas de producción (García, 2015).

- **Etapas de producción del biogás:**

En esta primera etapa se da una degradación de los compuestos orgánicos complejos como lípidos, proteínas hidratos de carbono y compuestos inorgánicos. Estos son despolimerizados por la acción de enzimas hidrolíticas en moléculas solubles y fácilmente degradables como ácidos grasos, aminoácidos, monosacáridos y compuestos inorgánicos. Estas nuevas moléculas al ser más simples se solubilizan más fácilmente en el medio. Los microorganismos encargados de esto son las bacterias hidrolíticas-acidogénicas.

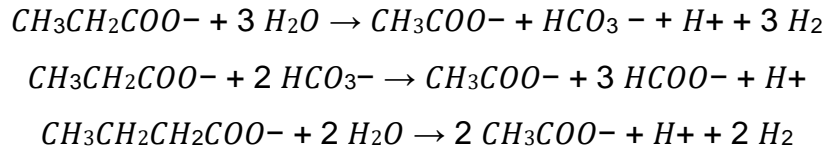
- **Etapa II: Acidogénesis**

Los compuestos solubles resultantes de la etapa hidrolítica van a ser transformados por la acción de microorganismos y bacterias fermentativas a través de un proceso de fermentación, dando como resultado ácido acético (CH<sub>3</sub>-COOH), hidrógeno (H<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) principalmente, y en menor cantidad productos intermedios: alcoholes, ácidos grasos volátiles (otros ácidos grasos de cadena corta además del ácido acético) y ácidos orgánicos. Como se ha indicado anteriormente, intervienen bacterias acidogénicas, siendo las más comúnmente identificadas el *Butyvirio*, *Propionbacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococos*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococos* y *Enterobacterias*.



- **Etapa III: Acetogénesis**

Los compuestos intermedios resultantes de la etapa acidogénica van a ser transformados por las bacterias acetogénicas, obteniéndose como principales productos hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético. Este último compuesto aparece directamente por la acción de estas bacterias por la transformación de alcoholes, ácidos grasos, ácidos volátiles, etcétera junto con hidrógeno y dióxido de carbono que por acción de las bacterias homoacetogénicas lo transforman en ácido acético. El metabolismo acetogénico va a ser muy dependiente de las concentraciones de estos productos. Como ejemplos de bacterias acetogénicas se identifican *Syntrophobacterwolunii*, que descompone el ácido propiónico, o *Syntrophomonas wolfei* que descompone el ácido butírico. Los ácidos valérico y butírico son descompuestos por las mismas especies. Mientras que como bacterias pertenecientes al grupo de las homoacetogénicas se encuentran los géneros *Acetobacterium*, *Acetoanaerobium*, *Acetogenium*, *Clostridium* o *Eubacterium*.



- **Etapa IV: Metanogénesis**

Con la presencia del ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono aparecen en el medio los microorganismos responsables de la metanogénesis o formación del metano. Se distinguen dos tipos principales de microorganismos: los que van a degradar el ácido acético produciendo metano y dióxido de carbono, (los metanógenosacetoclásticos), y los que a partir del hidrógeno y dióxido de carbono resultantes de etapas anteriores van a generar metano y agua, (los metanógenoshidrogenotrofos). La principal vía de formación del metano va a ser la vía acetoclástica, con alrededor del 70% del metano producido de forma general. A pesar de ser esta vía la más importante, sólo microorganismos de los géneros Methanosarcina y Methanotherix son capaces de producir metano a partir de acético. Los géneros principales dentro de la vía de los hidrogenotrofos son Methanobacterium, Methanococos, Methanobrevibacter o Methanogenium, entre otros.

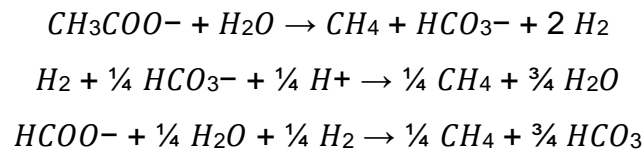
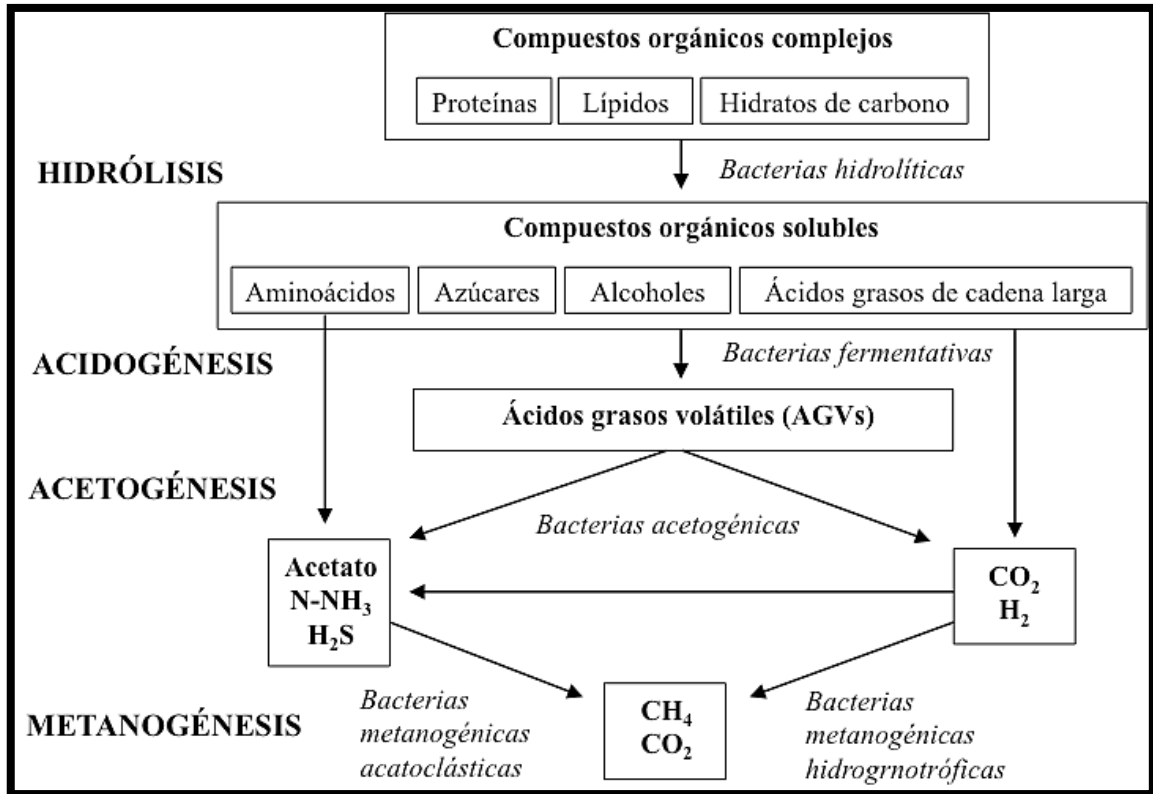


Figura 2.3 Etapas de la producción de biogás



Fuente: (Cámara y Laines, 2011)

### 2.2.8 Biodigestor

Es como un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás. Definido por el diseño de la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema (Gamboa y Jiménez, 1992).

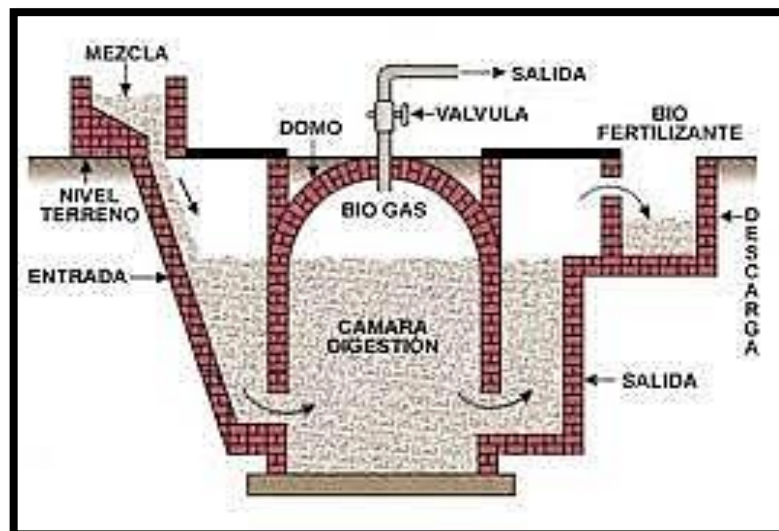
#### a) Tipos de Biodigestores

El diseño de biodigestores ha ido evolucionando con el fin de conseguir elevadas concentraciones de biomasa en los reactores y permanencia de la misma (alto tiempo de retención de sólidos), incluso trabajando con elevadas velocidades de líquido (bajo tiempo hidráulico de residencia). Las clasificaciones de tecnologías anaerobias son muy diversas y difieren según las fuentes. En la siguiente figura se tiene los digestores más comunes (Arboleda y González, 2009).

- **Biodigestor de tipo chino o cúpula fija**

Este modelo es el más difundido en el mundo (sobre todo en China y en el sureste asiático), fue desarrollado para solucionar el problema sanitario en China. El tamaño mínimo recomendado es de 5 m<sup>3</sup>, pero existen modelos hasta 200 m<sup>3</sup>. La base del biodigestor, que es enterrado, está hecha de ladrillos o concreto y la cúpula fija de concreto; debe ser construido por albañiles profesionales para evitar toda fuga de gas al nivel de la cúpula. El funcionamiento es de tipo batch y mezcla (o sea “semi-batch”) porque se carga de dos modos diferentes: una gran carga anual (batch), en la ocasión de la cual también se limpia el biodigestor y se comprueba el estado de la cúpula de concreto, y cargas semanales más pequeñas. Para facilitar la limpieza anual de los lodos a dentro del biodigestor, se puede excavar a su lado una fosa, lo que proporcionará un trabajo menos penoso. El biodigestor chino funciona en presión variable ya que el objetivo inicial no es producir biogás sino abono orgánico; entonces por las variaciones de la presión la utilización del gas no puede estar siempre eficaz. Cuando empieza la producción de gas, su movimiento hacia la cúpula desplaza el biol hasta el tanque de compensación. El biodigestor de cúpula fija tiene una duración de 20 años por lo menos.

Figura 2.4 Esquema de un biodigestor tipo chino



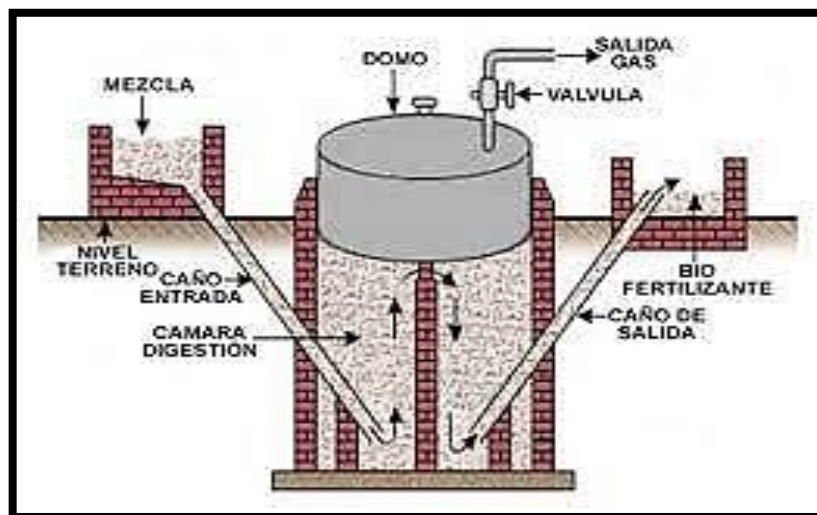
Fuente: (Reyes, 2017)



- **Biodigestor de tipo hindú o cúpula flotante**

Este biodigestor fue desarrollado como consecuencia a la necesidad de buscar nuevas formas de combustibles en India. Está hecho de un reactor de ladrillos o concreto cilíndrico o en forma de domo, coronado por una cúpula flotante que se desplaza debajo del suelo según un axis vertical: si se produce biogás, la cúpula se desplaza hacia arriba, y si se consume el gas, se desplaza hacia abajo; de esta manera es fácil controlar la cantidad de biogás almacenada en el biodigestor. En general se usa una cúpula de acero, pero también existen modelos con cúpula de plástico reforzado por fibra de vidrio o de HDPE3, pero los costes son más elevados en estos últimos casos. La cúpula flotante debe ser protegida de la corrosión. El biodigestor trabaja a presión constante y su operación es fácil; se carga diariamente, generalmente con una mezcla de estiércol animal o humano. En el ámbito de una utilización doméstica, su tamaño varía en general entre 5 y 15 m<sup>3</sup>, pero puede alcanzar 100 m<sup>3</sup> en grandes fincas agro-industriales. Su duración es más corta que la del biodigestor chino, llegando a 15 años en los casos favorables, pero sólo a 5 años en zonas costeras tropicales.

Figura 2.5 Esquema de un biodigestor tipo hindú

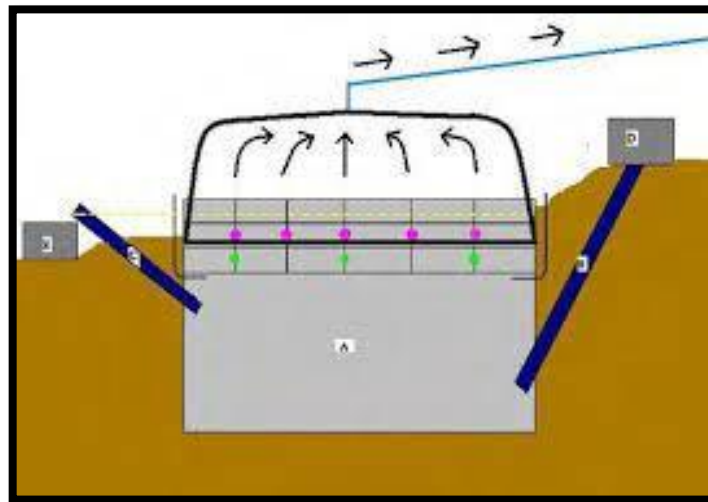


Fuente: (Forget, 2011)

- **Biodigestor de tipo media bolsa**

Este biodigestor tiene un tanque de cemento coronado por una “bolsa” de plástico. Similarmente al biodigestor tubular, funciona en flujo horizontal, y está semienterrado. Si el cemento es asequible en la región, tampoco es una instalación cara. Existen modelos de pequeño tamaño en Costa Rica y de grandes tamaños, para aplicaciones industriales, en Brasil (Forget, 2011).

Figura 2.6 Esquema de un biodigestor tipo media bolsa



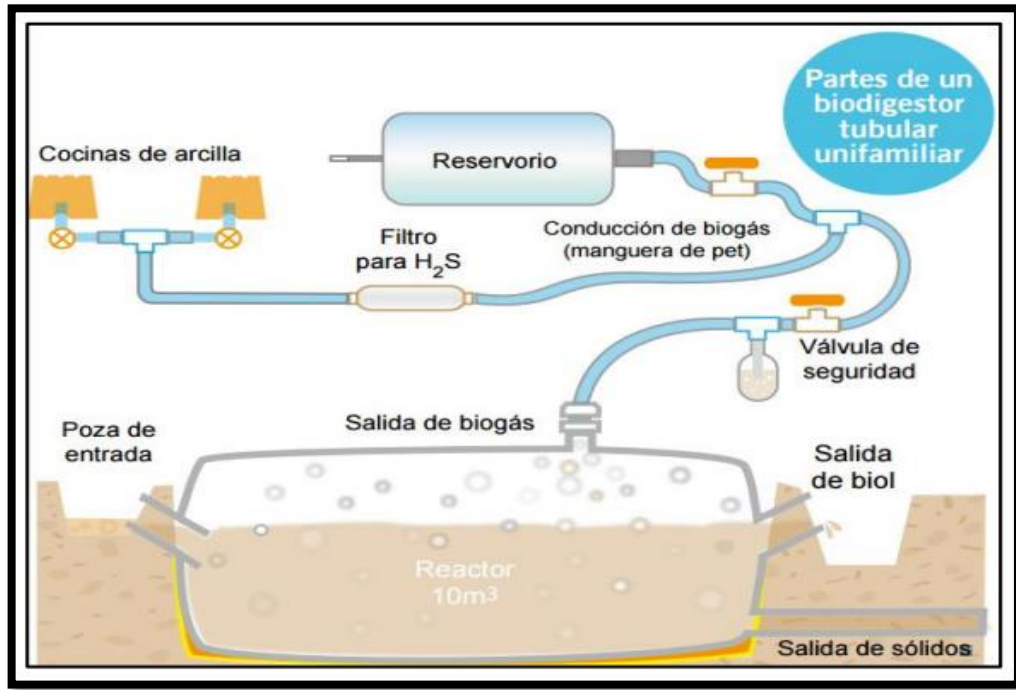
Fuente: (Forget, 2011)

- **Biodigestor de tipo Taiwán, tubular o salchicha**

Sistema modelo tubular (cilíndrico) de origen taiwanés. La materia a digerir entra por un lado del reactor y sale por el otro, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno sólo, el gas se va acumulando en la parte superior de la bolsa del reactor, mientras que el proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, misma que se llena con materia orgánica y agua, la bolsa se va inflando lentamente con una presión baja. Suelen ser de polietileno o geomembrana de PVC. Las ventajas que presenta este biodigestor son: es de bajo costo de construcción, muchos materiales los puede obtener en la misma propiedad y la parte de la mano de obra puede aportar la familia, el mantenimiento es de costo mínimo. Si el plástico presentara algún problema éste se puede cambiar o reparar sin mucha inversión de dinero. Fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso. La forma de

carga es sencilla y en los estudios realizados es uno de los que mejor funciona en el clima frío (Arrieta, 2016).

Figura 2.7 Esquema de un biodigestor tipo Taiwanés



Fuente: (Morales y Bach, 2011)

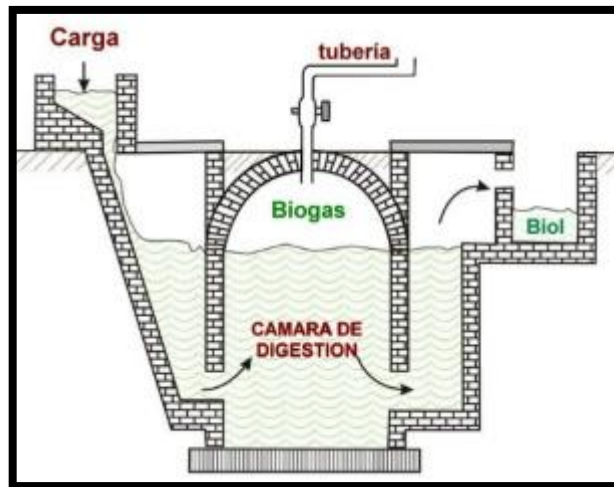
## b) Componentes del Biodigestor

Ferreyra indicó sobre los componentes de un biodigestor como los elementos comunes que garantizan su correcto funcionamiento son:

- **Cámara de Digestión**

Es la parte central del biodigestor o fermentador. Aquí ocurren los procesos bioquímicos que transforman la carga o materia orgánica alimentada en biogás y bioabonos. Puede ser de ladrillo, hormigón, hormigón armado, plástico u otro material que asegure las condiciones requeridas de resistencia e impermeabilidad (2016a, p. 1).

Figura 2.8 Cámara de digestión



Fuente: (Varnero, 2011)

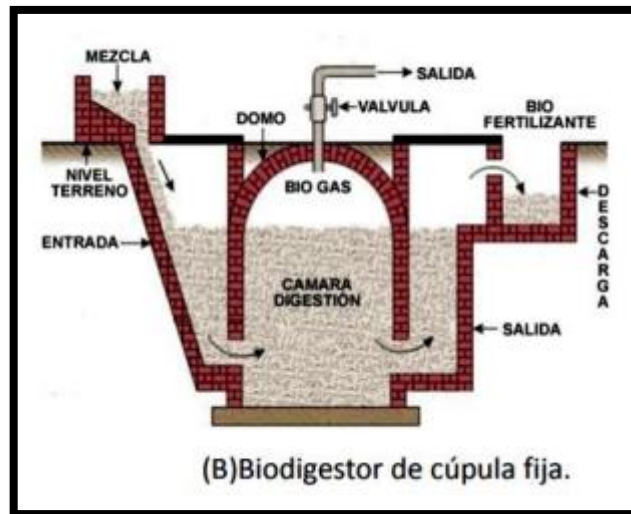
- **Cámara de Gas o Gasómetro**

Es la parte del sistema donde se almacena el biogás producido durante la fermentación, por lo que debe construirse a prueba de fugas (2016b, p.2). Los gasómetros pueden ser:

- De cúpula fija

El gasómetro es parte integrante de la cámara de digestión. La presión se mantiene e incrementa por la producción de biogás durante la fermentación, con el correspondiente desplazamiento del líquido que se está fermentando hacia el sistema de salida de efluente líquido (2016c, p. 2).

Figura 2.9 Cámara de gas de cúpula fija

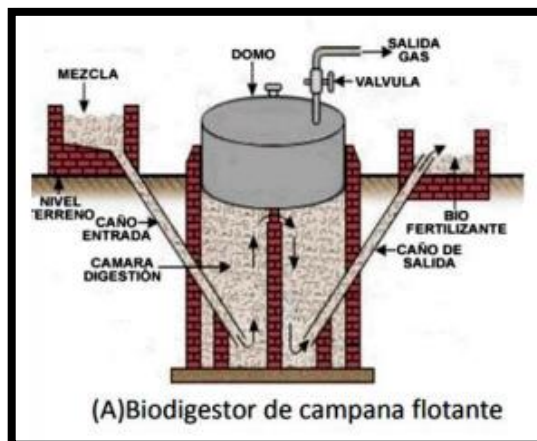


Fuente: (Varnero, 2011)

➤ De depósito flotante

El gasómetro puede estar instalado fuera del biodigestor sobre un lecho de agua, o se puede instalar directamente sobre el biodigestor. El depósito o campana flotante puede ser el fierro o de plástico rígido (2016d, p. 2).

Figura 2.10 Cámara de gas de depósito flotante



Fuente: (Varnero, 2011)

➤ De material plástico

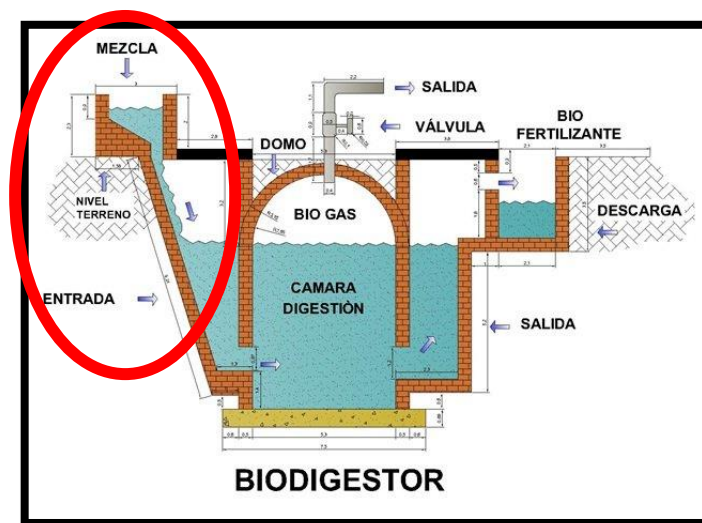
El biogás se recoge en una bolsa plástica hecha de caucho, polietileno o geomembrana de PVC. Tiene el inconveniente de una presión irregular, lo cual

influye negativamente sobre la utilización del biogás. Este tipo de gasómetro se puede instalar directamente sobre el biodigestor (2016e, p. 2).

- **Alimentación o Entrada de la Materia Orgánica (Sistema de Carga)**

Permite la alimentación del biodigestor. En algunos casos se diseña para permitir la homogenización del material de carga, y a la vez se puede realizar el control de sólidos totales y pH del sustrato (2016f, p. 2).

Figura 2.11 Sistema de carga

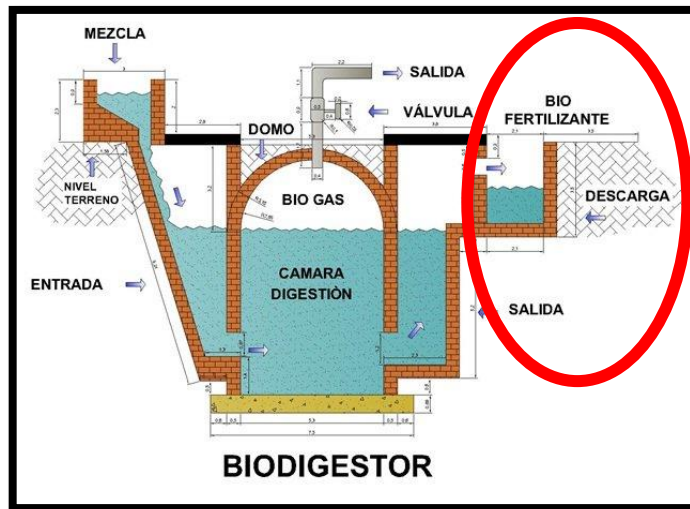


Fuente: (Varnero, 2011)

- **Salida del Efluente (Sistema de Descarga)**

Su función es garantizar la descarga del líquido (biol) o de los lodos digeridos (biosol) para su posterior utilización como abonos orgánicos. Debe estar más abajo del nivel de carga, para facilitar su salida por diferencia de presión hidráulica. (p. 3)

Figura 2.12 Sistema de descarga



Fuente: (Varnero, 2011)

- **Sistema de Purificación del Biogás**

Permite eliminar contaminantes del biogás para su uso como combustible (2016, p. 3).

- **Eliminación del sulfuro de hidrógeno**

De todos los componentes del biogás, el que causa mayor problema para su utilización es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) por su olor desagradable y alto poder corrosivo. La no eliminación provocará un deterioro rápido de todas las instalaciones, con las correspondientes pérdidas económicas. Para eliminar el sulfuro de hidrógeno se hace pasar la corriente de biogás por un cartucho relleno con lima duras, viruta de hierro o clavos (2016, p. 3-4).

- **Eliminación del dióxido de carbono**

El  $CO_2$  se puede eliminar utilizando una solución de agua de cal (1.8 Kg de  $CaO$  en 1000 L de agua para eliminar 560 L de  $CO_2$ ). Esta solución no es factible para ser utilizada a gran escala debido al gasto excesivo de reactivos y acumulación de subproductos (2016a, p. 4).

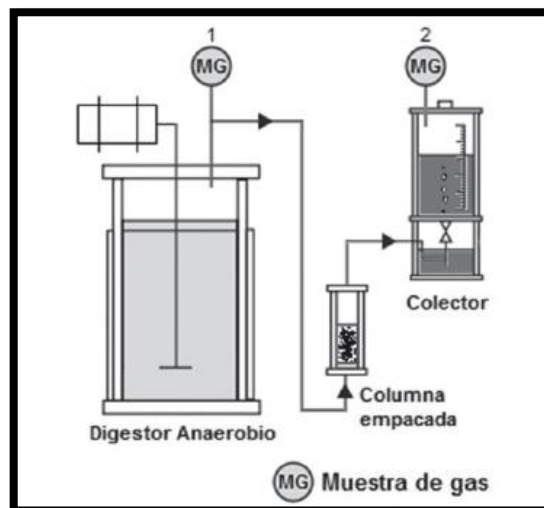
➤ Eliminación de agua

El biogás producido puede tener vapor de agua, que por condensación forma gotas que se acumulan en los puntos más bajos de las tuberías de conducción de biogás. Con el tiempo la cantidad de agua condensada aumenta, llegando a dificultar y en ocasiones a impedir la circulación del biogás. (2016b, p. 4)

➤ Sistema de Control de Presión

La presión debe ser medida y controlada rigurosamente para mejorar la operación y la eficiencia de los equipos que utilicen biogás como combustible (2016, p. 5).

Figura 2.13 Sistema de purificación



Fuente: (Varnero, 2011)

### 2.2.9 Cálculos para el diseño del biodigestor tubular

La cantidad de estiércol y mezcla utilizadas, así como las medidas del biodigestor son calculadas previamente a su construcción, como se muestra a continuación (Martí, 2019):

- a) Determinar la cantidad de materia orgánica disponible (estiércol) que se va a utilizar para la producción de biogás, en Kg.

$$E_{DIS} = E_{DIA}$$



b) Estimamos el tiempo de retención en días.

- Calculamos el volumen del biodigestor que contiene un 75% de volumen líquido ( $V_L$ ), un 25% de volumen gaseoso ( $V_G$ ) y la relación de estiércol con agua será de 1:8-9

- Según la siguiente fórmula se calcula el volumen líquido ( $V_L$ ):

$$V_L = TR * CD$$

Donde:

CD: *Carga diaria*

TR: Tiempo de retención

- Luego calculamos el volumen gaseoso ( $V_G$ ) según la siguiente formula:

$$V_G = \frac{V_L}{3}$$

Donde:

$V_L$ = Volumen líquido ( $m^3$ , L)

$V_G$ = Volumen del biogás ( $m^3$ , L)

- Finalmente, el volumen del biodigestor ( $V_T$ ) será la suma de volúmenes:

$$V_T = V_L + V_G$$

Donde:

$V_T$ = Volumen del biodigestor ( $m^3$ , L)

$V_L$ = Volumen líquido ( $m^3$ , L)

$V_G$ = Volumen del biogás ( $m^3$ , L)

- c) Luego de calculado el volumen, se procede a calcular la longitud del biodigestor, ya que este es una manga de plástico (Geomembrana de PVC) con una entrada y una salida. El volumen total de este equivale al volumen de un cilindro (en metros cúbicos) que se calcula multiplicando  $\pi * R^2 * L$ , siendo  $\pi = 3.1416$ , R el radio del biodigestor (en metros) y L la longitud del

biodigestor (en metros). Lo normal es primero obtener los resultados de  $S = \pi * R^2$  (sección eficaz) para cada uno de los anchos de rollos disponibles.

### **2.2.10 Factores que intervienen en la elaboración de un biodigestor**

Solano, Vargas y Watson indicaron:

#### **a) Factores químicos**

- **Composición química**

Los sustratos ideales para la digestión anaerobia en biodigestores son los desechos orgánicos húmedos de origen agrícola, industrial, doméstico y municipal, así como las excretas de origen humano y animal (2010).

La presencia de nutrientes como carbono, nitrógeno y azufre, así como algunos elementos traza, es necesaria para el desarrollo de las comunidades microbianas encargadas de la producción de biogás. (Guevara, 1996; Gallert y Winter, 1997; Cui y Jahng, 2006; p.41).

- **Sustrato, sólidos totales y volátiles**

La materia orgánica que entra al biodigestor se llama en muchos casos sustrato. La materia orgánica se puede caracterizar por muchos parámetros, pero los principales con tres: sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y pH. Para conocer estos parámetros es necesario realizar análisis de laboratorio, pero en el caso de los estiércoles de animales, ya se tienen resultados que sirven de referencia (Martí, 2019).

Los sólidos totales representan la parte “seca” del sustrato. Es decir, que al sustrato original se le quita toda el agua (por evaporación), y lo que queda (seco) son los sólidos totales. Se suele decir el % de ST que tiene un sustrato, indicando el % de materia seca que hay en él (Martí, 2019).

Estos sólidos totales están formados por sólidos inertes y sólidos orgánicos. En el caso de estiércol de cerdo o vaca los sólidos inertes pueden ser arena del piso del corral que se ha mezclado con el estiércol, por ejemplo. De forma general, en los estiércoles se tiene que, de los sólidos totales (de la materia ya seca), entre un 25% a 15% de ella corresponde a sólidos inertes. El resto de los sólidos

totales (entre un 75 a 85%) corresponde a materia orgánica, y se les llama sólidos volátiles (SV) (Martí, 2019).

Los sólidos volátiles son la fracción orgánica del sustrato. Estos son los que pasarán por el proceso de digestión anaerobia, digeridos por el consorcio bacteriano. Los sólidos volátiles se pueden expresar de dos formas: o bien como un % de sólidos totales (se diría, por ejemplo que los SV del estiércol de vaca son 85%ST, refiriéndose que el 85% de los sólidos totales, son sólidos volátiles); o bien como un % de la materia orgánica sin secar (base húmeda) (Martí, 2019).

- **Adición de grasas**

Las grasas vegetales poseen un alto potencial energético debido a su composición química y elevado contenido de lípidos degradables por bacterias anaeróbicas. Cuando se agregan a los biodigestores pueden aumentar en hasta un 24% la productividad de biogás (Dias, Kreling, Botero y Murillo, 2007; p.41).

- **Inhibidores de la producción de biogás**

Además del amonio libre, según García, el sulfonato lineal del alquilbenceno (LAS) es el surfactante aniónico más importante en agentes limpiadores de hogares e industrias. En la mayoría de los digestores, la adición de surfactantes causa una disminución de la tasa de producción de biogás. (2006, p. 42)

- **Acidez (pH)**

Este factor indica cómo se desenvuelve la fermentación. Se mide con un valor numérico llamado pH, que en este el valor es 7, o sea es neutro. Por encima de este número significa alcalinidad; por debajo, acidez.

Cuando los valores superan el pH 8, esto indica una acumulación excesiva de compuesto alcalino. Y la carga corre riesgo de putrefacción. Los valores inferiores a 6 indican una descompensación entre las fases ÁCIDAS y METANOGENICA, pudiendo bloquearse esta última.

## **b) Factores Físicos**

- **Temperatura**

La biodigestión anaerobia puede ocurrir en un amplio rango de temperaturas que van desde los 5°C hasta los 60°C. Las bacterias metanogénicas son más sensibles a la temperatura que los demás microorganismos de un biodigestor, debido a que su velocidad de crecimiento es más lenta (Bidlema, 2006; Osorio, Ciro y González, 2007; p.42-43).

- **Separación de sólidos**

Las impurezas como plásticos o arena se deben separar mediante técnicas de flotación y sedimentación. Además, una reducción de tamaño de los desechos sólidos a partículas de 10 a 40 mm es necesaria para lograr una mejor accesibilidad biológica y con mejor flujo de sustrato en el proceso (Weiland, 2000).

- **Separación de fases**

El porcentaje de biomasa que es convertido a metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es de, aproximadamente, 70%. Para que éste aumente, se requiere una separación de las fases que componen la digestión anaerobia de la materia orgánica, a saber, la hidrólisis (degradación de compuestos orgánicos complejos en compuestos simples), la acidogénesis (obtención de ácidos grasos), la acetogénesis (producción de acetato) y la metanogénesis (generación de metano) (Gleixner, 2007; Antoni, Zyerlov y Schwarz, 2007; Park, Hong, Cheon, Hidaka y Tsuno, 2008).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1 Diseño de un sistema de biogás**

#### **Diseño**

Es una actividad creativa que supone la existencia de algo nuevo y útil sin existencia previa (Reswich, 1982). Diseño es una actividad orientada a determinados fines para la solución de problemas (Archer, 1965). Diseñar es planear y organizar, relacionar y controlar (Albers, 1988).

## **Sistema**

Es la suma total de partes que funcionan independientemente pero conjuntamente para lograr productos o resultados requeridos, basándose en las necesidades (Kaufman, 1958). Un sistema se define como una unión de partes o componentes, conectados en una forma organizada. Las partes se afectan por estar en el sistema y se cambian si lo dejan. La unión de partes hace algo (muestra una conducta dinámica como opuesto a permanecer inerte), (Van Gigch, s.f.).

## **Biogás**

El biogás es un gas renovable compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono obtenido a partir de la degradación anaerobia –sin oxígeno– de residuos orgánicos. Es, según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España, la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas: eléctrica, térmica o como carburante (2016)

Por lo expresado anteriormente se define al diseño de un sistema de biogás como el planeamiento y organización de las dimensiones como son el biodigestor, gasómetro, filtros de H<sub>2</sub>S, tuberías de PVC, etc para formar un sistema nuevo para solución de nuestra problemática planteada.

### **2.3.2 Consumo de energía térmica**

#### **Consumo de energía**

Disminuir el consumo de energía, es lo que se conoce como eficiencia energética, es una manera de adoptar una conducta responsable, disminuir gastos y promover la sostenibilidad ambiental (Monterroso y Cifuentes, 2012).

#### **Energía térmica**

La energía térmica es la parte de energía interna de un sistema termodinámico en equilibrio que es proporcional a su temperatura absoluta y se incrementa o disminuye por transferencia de energía, generalmente en forma de calor o

trabajo, en procesos termodinámicos. A nivel microscópico y en el marco de la Teoría cinética, es el total de la energía cinética media presente como el resultado de los movimientos aleatorios de átomos y moléculas o agitación térmica, que desaparecen en el cero absoluto (Boles y Çengel, 2000).

Podemos definir que consiste en reducir el consumo de la energía térmica proveniente del combustible fósil e incrementar la generación de energía renovable y adoptar la conducta de eficiencia energética; en este caso biogás de tal manera que se disminuye el consumo de los recursos energéticos de origen fósil que emiten gases de efecto invernadero y contaminantes en el restaurante BETTY.

#### **2.4. Definición de términos básicos**

- ASME

Se define como la sigla de la American Society of Mechanical Engineers la cual facilita el intercambio de informaciones técnicas y experiencias entre sus asociados. Establece reglas que ordenan el diseño, fabricación e inspección” (Veritas, s.f.)

- NOM

Esta norma establece las vistas o proyecciones ortográficas para la representación de un objeto, observado con respecto una dirección y un sentido.

- Metodología IPCC

IPCC conocido como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático o en inglés (Intergovernmental Panel on Climate Change), es una organización internacional cuya misión es proveer evaluaciones científicas sobre el riesgo de cambio climático.

- Dinámica de fluidos

Estudio del movimiento de un fluido. En el estudio de dicho movimiento se involucra las leyes del movimiento de la física, las propiedades del fluido y características del medio ambiente o conducto por el cual fluyen.

- Conservación de la masa

Se define como “Ley de Lavoisier o Ley de conservación de la masa” es la Ley de conservación de la masa “que en cualquier reacción química la masa se conserva, es decir, la masa y la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma y permanece invariable” (Ortiz, 2012, p. 2)

- Reacciones Químicas

Una reacción química es un cambio químico en el que una o más sustancias se transforman en otra u otras diferentes.

- Potencial Redox

Para un adecuado crecimiento de los anaeróbicos obligados, el valor del potencial redox se debe mantener entre -220 mV al -350mV a pH 7.0 de manera de asegurar el ambiente fuertemente reductor que las bacterias metanogénicas necesitan para su óptima actividad.

- Lixiviados

Son líquidos que tienen el peligro de que lleven sustancias tóxicas procedentes de residuos tóxicos o cargas orgánicas muy elevadas que puedan generar una contaminación ya sea en aguas superficiales, subterráneas o los suelos.

- Metano

Se define como “el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es  $CH_4$ , resulta ser muy volátil y reactivo” (Boyd y Thornton, 1998).

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

El diseño del sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy permite reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

- El cálculo de los parámetros básicos permite diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás.
- El diseño del biodigestor modelo taiwanés permite dimensionar los componentes del sistema de biogás.
- El dimensionamiento de los componentes del sistema de biogás permite realizar su presupuesto a fin de reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.



### 3.2. Operacionalización de variables

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Método	Técnica
<b>Diseño del sistema de biogás modelo Taiwanés</b>	(MINERGIA, 2012) Diseñar los componentes de las instalaciones de recepción de la biomasa, de los <b>biodigestores</b> o <b>reactores</b> donde ocurre el proceso anaeróbico, de las estructuras de almacenamiento de biogás y del digestato, y de los equipos para la generación de energía eléctrica o térmica	Cálculo de las características técnicas de los componentes del sistema	Parámetros básicos	Estiércol disponible	Kg	Analítico - Sintético	Documental, empírico
				Carga diaria	L/día		
				Tiempo de retención	días		
			Diseño del biodigestor	Volumen del biodigestor	m <sup>3</sup>		
				Dimensiones del biodigestor	m		
				Producción estimada de biogás	m <sup>3</sup> /día		
Dimensionamiento de los componentes	Volumen del gasómetro	m <sup>3</sup>					
	Tanques de alimentación y descarga	m <sup>3</sup>					
	Línea de conducción del biogás	m					
<b>Consumo de energía térmica</b>	(Boles y Çengel, 2000) Es parte de energía interna de un sistema termodinámico en equilibrio que es proporcional a su temperatura absoluta y se incrementa o disminuye por transferencia de energía, generalmente en <b>forma de calor</b> o trabajo, en procesos termodinámicos.	Cálculo del consumo combustible en forma de energía térmica al día	Consumo de combustible	Flujo másico diario	Kg/día		
			GLP equivalente en biogás	Volumen de biogás al día	m <sup>3</sup> /día		
			Requerimiento de energía térmica	Energía térmica consumida al día	kWh/día		

## IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### 4.1. Diseño metodológico

#### Tipo de investigación

La investigación aplicada tiene como propósito transformar los conocimientos existentes o modelos en objetos útiles a la sociedad, podemos llamarlo también proceso de innovación. Buscamos que las soluciones generen efectividad o productividad (Espinoza, 2014), por lo tanto la presente investigación es del **tipo aplicada** dado que se plasma los conocimientos teóricos existentes de un sistema de biogás a partir del estiércol de cuy y los residuos generados en el restaurante BETTY CHICKEN para evaluar la efectividad de este sistema en la producción de biogás mediante un proceso de selección de componentes adecuados; este proceso nos dará como resultado una buena calidad de biogás para suministrar a los gasodomésticos utilizados en este restaurante.

#### Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase (Hernández, 2014). La investigación presenta un **enfoque cuantitativo** debido a que las etapas que conlleva el diseño del sistema de biogás son secuenciales y no se evade ninguna de ellas al momento de su ejecución ya que esto nos garantiza un perfecto funcionamiento del sistema.

#### Diseño de investigación

Si la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural (Hernández, 2014). El presente trabajo tiene un diseño **no experimental** dado que se va a basar en la cantidad de estiércol y

residuos orgánicos y estos no pueden ser alterados puesto que son propios de la unidad de análisis por lo tanto nuestro diseño del sistema de biogás solo dependerá de ese factor principalmente, además no se podrá llevar a cabo su implementación por lo que no se verá su variación con respecto a nuestra variable.

#### **4.2. Método de investigación**

Este método estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis) (Bernal, 2010, p.60). De acuerdo al autor, el presente trabajo se desarrolla con el **método analítico-sintético** debido a que analizamos los residuos orgánicos generados en el día por el restaurante BETTY y la producción diaria de estiércol o sustrato para su uso en el diseño del biodigestor modelo Taiwanés e integrarlo al sistema de biogás y así mismo calcular la capacidad volumétrica de dicho sistema para su correcto funcionamiento.

#### **4.3. Población y muestra**

La población es el total de los individuos o elementos a quienes se refiere la investigación, es decir, todos los elementos que vamos a estudiar, por ello también se le llama universo (Hurtado y Toro, 1998, p.79).

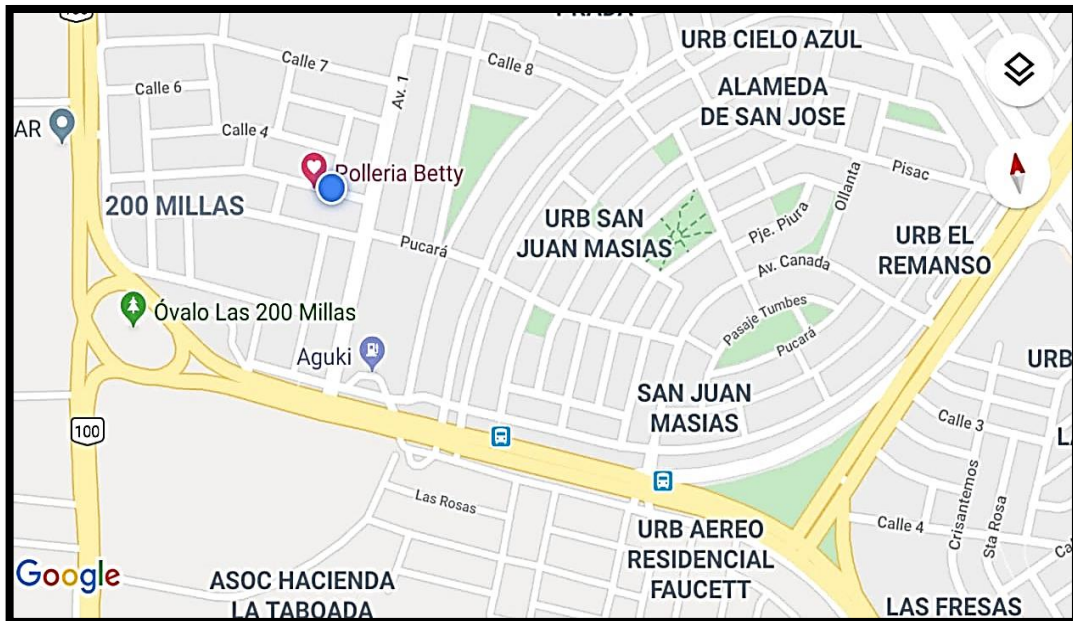
Si la población es menor a cincuenta 50 individuos, la población es igual a la muestra (Castro, 2003, p.69).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto tiene una población relativamente pequeña, por lo que no hace falta determinar la muestra. Está conformada el sistema de biogás modelo Taiwanés.

#### 4.4. Lugar de estudio

La investigación toma lugar en el restaurante BETTY con dirección en la Calle 3, Mz. "M" Lt. "8" Urb. "Las 200 Millas", ubicado en la provincia constitucional del Callao, Perú.

Figura 4.1 Ubicación del restaurante BETTY



Fuente: (Google Maps, 2022)

#### 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

##### 4.5.1 Técnicas

Las técnicas son los medios por los cuales se procede a recoger información requerida de una realidad o fenómeno en función a los objetivos de la investigación (Sanchez y Reyes, 2015)

**Técnica documental**, Consiste en recabar información por documentos de diferentes tipos: libros, tesis donde puedan existir antecedentes del problema objeto de estudio. Así como se puede pedir las facturas de consumo de gas actuales, para ver la diferencia positiva en el aspecto económico y así este proyecto sea viable.

**Técnica empírica**, es una técnica basada en el conocimiento previo.

## 4.5.2 Instrumentos

Un instrumento es cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (Quezada, 2010, p. 125).

**Bibliografía:** La principal fue el Manual Técnico para el diseño del biodigestor y sus componentes de Jaime Martí Herrero, además de los catálogos de los componentes de la conducción de biogás.

**Observación:** Esta técnica consiste en observar el funcionamiento, conocer los posibles problemas presentes en otros biodigestores que se diseñaron con un objetivo parecido, en tesis anteriores. A sí mismo, se puede también mediante la observación tomar a detalle la cantidad de estiércol que se generan diariamente en el restaurante.

## 4.6. Análisis y procesamiento de datos

Por ser una investigación aplicada, además de tener una muestra igual a la población, no amerita realizar un análisis estadístico, sino un análisis de los resultados por cada etapa, siendo estas:

### 4.6.1 Etapa 1: Parámetros básicos

- **Estiércol disponible ( $E_{DIS}$ )**

El estiércol disponible es aquel que podemos cargar al biodigestor. De este modo, el estiércol disponible siempre será menor o igual al estiércol diario. En el caso de los cuyes en jaulas distribuidas verticalmente podremos aprovechar el total de estiércol diario, por lo tanto, serán iguales.

$$E_{DIS} = E_{DIA} \quad \dots (1)$$

Existen dos formas de conocer la cantidad de estiércol producido, el primer método consiste en pesar el estiércol diariamente durante una semana y sacar

el promedio el otro método es de estimación mediante valores promedio (Martí, 2019).

Para este estudio se optó por pesar el estiércol diario en costales usando una balanza.

Tabla 4.1 Toma de muestras in situ de estiércol de cuy durante una semana.

<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>
Martes 12/07	23:00	9.48
Miércoles 13/07	23:00	8.58
Jueves 14/07	23:00	10.35
Viernes 15/07	23:00	9.07
Sábado 16/07	23:00	7.85
Domingo 17/07	23:00	9.07
Martes 19/07	23:00	10.27
<b>Promedio</b>		<b>9.24</b>

$$\therefore E_{DIS} = 9.24 \text{ Kg}$$

- **Carga diaria (CD)**

Para la carga diaria de sustrato, se hace una equivalencia entre 1 kg de estiércol y 1 litro de estiércol, asumiendo que el estiércol, sea el que sea, tiene densidad de 1 kg/L (Martí, 2019).

$$CD = E_{DISPONIBLE} + \text{Cantidad de agua} \quad \dots (2)$$

Para lograr una adecuada disolución de la parte sólida del estiércol el autor recomienda las sgtes proporciones por tipo de animal:

Tabla 4.2 Mezcla de agua para la carga diaria

Estiércol	Relación estiércol:agua
Vaca	1:3
Cerdo	1:4
Llama/oveja/cuy	1:8-9

Fuente: (Martí, 2019)

Según el autor la adecuada relación estiércol:agua, para el tipo de estiércol utilizado en esta investigación será de la relación de 1:8, en otras palabras, será 1 parte de estiércol por cada 8 partes de agua:

$$\text{Cantidad de agua} = 8 * E_{\text{DISPONIBLE}}$$

$$\text{Cantidad de agua} = 8 * 9.24 \text{ Kg}$$

$$\text{Cantidad de agua} = 73.92 \text{ Kg}$$

Entonces la hallamos la carga diaria que alimentará el biodigestor:

$$CD = 9.24 \text{ Kg} + 73.92 \text{ Kg}$$

$$\therefore CD = 83.16 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \cong 83.16 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

- **Tiempo de retención (TR)**

De acuerdo a lo mencionado en el marco teórico el tiempo de retención dependerá de la región donde se instalará el biodigestor, el establecimiento BETTY se encuentra ubicado en el Callao, los veranos son calurosos, bochornosos, áridos y nublados y los inviernos son largos, frescos, secos, ventosos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15 °C a 27 °C (SENAMHI, 2021). Para diseño elegiremos la temperatura más baja para asegurar la producción de biogás.

Tabla 4.3 Relación entre temperatura y tiempo de retención recomendado para lograr producciones de biogás aceptables

Temperatura	Tiempo de Retención (TR)
35 °C	25 – 30 días
30 °C	30 – 40 días
25 °C	35 – 50 días
20 °C	50 – 65 días
15 °C	65 – 90 días
10 °C	90 – 125 días

Fuente: (Martí, 2019)

Según la tabla 4.3 para la temperatura de 15 °C se tiene un rango de 65 a 90 días, pero para fines de diseño escogeremos el tiempo más largo para lograr una producción aceptable del biogás, entonces:

$$\therefore \text{TR} = 90 \text{ días}$$

#### 4.6.2 Etapa 2: Diseño del biodigestor

- **Volumen del biodigestor ( $V_T$ )**

$$V_T = V_L + V_G \quad \dots (3)$$

Donde:

$V_T$  = Volumen del biodigestor ( $m^3$ , L)

$V_L$  = Volumen líquido ( $m^3$ , L)

$V_G$  = Volumen del biogás ( $m^3$ , L)

Cálculo del volumen líquido:

$$V_L = \text{TR} * \text{CD} \quad \dots (4)$$

$$V_L = 90 \text{ días} * 83.16 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

$$V_L = 7484.4 \text{ L}$$



El volumen del biogás producido se acumula en la parte superior del biodigestor y formará una campana de biogás. Este volumen gaseoso se suele considerar un tercio del volumen líquido (Forget, 2011):

$$V_G = \frac{V_L}{3} \quad \dots (5)$$

$$V_G = \frac{7484.4 \text{ L}}{3}$$

$$V_G = 2484.8 \text{ L}$$

Por lo tanto:

$$V_T = 7484.4 \text{ L} + 2484.8 \text{ L}$$

$$\therefore V_T = 9969.2 \text{ L} = 9.969 \text{ m}^3$$

- **Dimensiones del biodigestor**

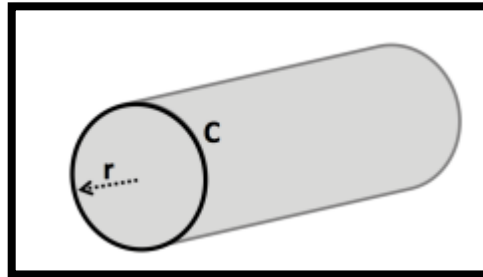
Conociendo el volumen total de un biodigestor se deberá determinar las dimensiones del mismo. Las dimensiones primeras a determinar son la longitud y radio del biodigestor tubular.

#### **Ancho de rollo y radio de la manga:**

Como utilizaremos geomembrana de PVC ya es de mejor calidad y vida útil de 5 a 15 años, normalmente estas geomembranas vienen con un color plomo y se pueden pedir en diferentes colores. Se suelen usar en piscinas y reservorios de agua. Las geomembranas de PVC tienen grosores entre 750 micrones a 1500 micrones, siendo una medida típica un grosor de 1 mm. Las geomembranas vienen en láminas de anchuras entre **1 y 2 m**, y para formar los tanques de los biodigestores es necesario soldar (termosellar) estas láminas hasta formar una manga. Este proceso se debe hacer por personal cualificado y con maquinaria específica. La geomembrana de PVC tiene una capacidad de expandirse, de estirarse, muy alta. El ancho de rollo determina el diámetro y radio de nuestro biodigestor. La geomembrana de PVC tiene un grosor de 500  $\mu\text{m}$ . Existen

empresas que venden biodigestores de geomembrana prefabricados (por ejemplo, CIDELSA con su modelo DELTABIOGAS).

Figura 4.2 Es quema de un cilindro, con su radio y circunferencia



Fuente: (Martí, 2019)

$$C = 2 * \pi * r \quad \dots (6)$$

$$r = \frac{C}{2 * \pi} \quad \dots (7)$$

$$D = 2r \quad \dots (8)$$

$$S = \pi r^2 \quad \dots (9)$$

Donde:

C = Perímetro del area transversal (m)

r = Radio del cilindro(m)

D = Diámetro del cilindro(m)

S = Sección eficaz (m<sup>2</sup>)

Según el ancho de los rollos más comunes en el mercado encontramos:

Tabla 4.4 Parámetros del ancho de rollo

Ancho de rollo (m)	Perímetro de la circunferencia (m)	Radio (m)	Diámetro (m)
1	2	0.32	0.64
1.25	2.5	0.40	0.80
1.50	3	0.48	0.96
1.75	3.5	0.56	1.12
2	4	0.64	1.28

Fuente: (Martí, 2008)

Tabla 4.5 Relación óptima entre la Longitud y el Diámetro de biodigestor

Ancho de rollo (m)	Longitud del biodigestor (m)	Diámetro del biodigestor (m)
1	$Vt/0.32$	0.64
1.25	$Vt/0.5$	0.80
1.50	$Vt/0.72$	0.96
1.75	$Vt/0.97$	1.12
2	$Vt/1.27$	1.28

Fuente: (Martí, 2008)

Si el ancho de rollo es de 2 m:

$$r = \frac{4}{2 * 3.1416}$$

$$r = 0.64 \text{ m}$$

$$\therefore \mathbf{D = 1.28 \text{ m}}$$

$$S = 3.1416 * (0.64)^2$$

$$S = 1.29 \text{ m}^2$$

### Longitud del biodigestor:

De este modo, aun cuando se trabaje con geomembranas de PVC y polietileno, siempre se les va a dar forma tubular. ¿Cuál es el criterio para considerar si tiene, o no, forma tubular? Cuando un biodigestor tiene una relación entre su longitud y su diámetro entre 5 y 10, consideramos que tiene forma tubular, la relación optima entre la longitud y el diámetro para un biodigestor será de 7.5 (Martí Herrero 2019).

$$5 < \frac{L}{D} < 10 \quad \dots (10)$$

Donde:

L = Longitud del cilindro (m)

D = Diámetro del cilindro (m)

Pero sabemos qué:

$$V_T = V_C = S * L \quad \dots (11)$$

$$L = \frac{V_T}{S} \quad \dots (12)$$

$$L = \frac{9.969 \text{ m}^3}{1.29 \text{ m}^2}$$

$$\therefore L = 7.73 \text{ m}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{7.73 \text{ m}}{1.28 \text{ m}}$$

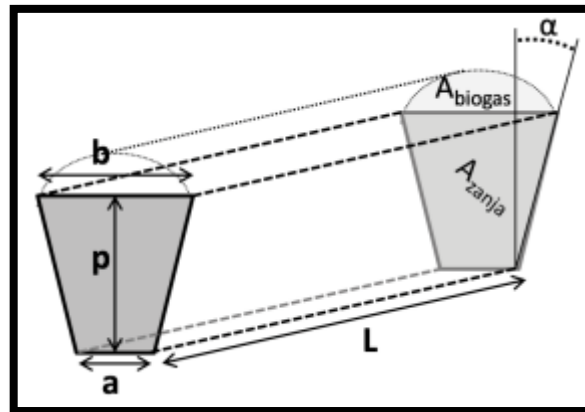
$$\therefore \frac{L}{D} = 6.04$$

### Dimensiones de la zanja:

La zanja es la que contendrá la fase líquida del biodigestor. Normalmente se usan zanjas trapezoidales (con paredes inclinadas para ayudar al terreno para que no se derrumbe) donde se colocan los biodigestores tubulares. Pero en este caso no cavaremos la zanja, por el contrario, se construirá una estructura de

mampostería simulando una zanja sin inclinación de paredes ( $\alpha = 0^\circ$  y  $a = b$ ). Un trapecio viene determinado por su ancho inferior ( $a$ ), ancho superior ( $b$ ) y profundidad ( $p$ ). Al proyectar este trapecio se tiene la zanja con una longitud  $L$ .

Figura 4.3 Esquema de una zanja trapezoidal



Fuente: (Martí, 2019)

$$A_{ZANJA} = p * \frac{(a + b)}{2} \quad \dots (13)$$

Donde:

$A_{ZANJA}$  = Área del trapecio de la zanja ( $m^2$ )

$p$  = Profundidad (m)

$a$  = Ancho inferior (m)

$b$  = Ancho superior (m)

$$A_{ZANJA} = p * \frac{(a + a)}{2}$$

$$A_{ZANJA} = p * \frac{2a}{2}$$

$$A_{ZANJA} = p * a$$

El volumen de la zanja ( $V_{zanja}$ ) será el volumen líquido del biodigestor ( $V_L$ ), o sea  $V_{zanja} = V_L$ . Se calcula multiplicando el área de la zanja ( $A_{zanja}$ ) por la longitud ( $L$ ) de la misma:

$$V_L = V_{ZANJA} = A_{ZANJA} * L \quad \dots (14)$$

$$A_{ZANJA} = \frac{7.484 \text{ m}^3}{7.73 \text{ m}}$$

$$\therefore A_{ZANJA} = 0.97 \text{ m}^2$$

Tabla 4.6 Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo  $\alpha$  y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular

$\alpha$ (°)								
desde vertical	%VL	%VL	a (m)	b (m)	p (m)	Azanja (m <sup>2</sup> )	Abiogás (m <sup>2</sup> )	Atotal (m <sup>2</sup> )
0	88	12	1.49*r	1.49*r	1.57*r	2.34*r <sup>2</sup>	0.32*r <sup>2</sup>	2.65*r <sup>2</sup>
0	83	17	1.41*r	1.41*r	1.57*r	2.22*r <sup>2</sup>	0.45*r <sup>2</sup>	2.67*r <sup>2</sup>
0	80	20	1.34*r	1.34*r	1.57*r	2.10*r <sup>2</sup>	0.53*r <sup>2</sup>	2.83*r <sup>2</sup>
7.5	80	20	1.23*r	1.63*r	1.54*r	2.20*r <sup>2</sup>	0.55*r <sup>2</sup>	2.75*r <sup>2</sup>
15	76	24	1.02*r	1.82*r	1.49*r	2.12*r <sup>2</sup>	0.69*r <sup>2</sup>	2.80*r <sup>2</sup>
30	75	25	0.72*r	2.26*r	1.33*r	1.98*r <sup>2</sup>	0.66*r <sup>2</sup>	2.64*r <sup>2</sup>
45	65	35	0.43*r	2.57*r	1.07*r	1.61*r <sup>2</sup>	0.86*r <sup>2</sup>	2.47*r <sup>2</sup>

Fuente: (Martí, 2019)

De acuerdo a la tabla tenemos:

$$a = b = 1.49 * r = 1.49 * 0.64$$

$$\therefore a = b = 0.95 \text{ m}$$

$$p = 1.57 * 0.64$$

$$\therefore p = 1.00 \text{ m}$$

- **Producción estimada de biogás ( $\dot{Q}_B$ )**

Para la estimación de volumen de biogás se emplea la sgte fórmula (Martí, 2008), se considera el factor de general de producción de 0.03 (Vega, 2015).

$$\dot{Q}_{BIOGÁS} = f * \frac{ST}{V_T} * SV * E_{DIS} \quad \dots (15)$$

Donde:

$\dot{Q}_{\text{Best}}$  = Volumen de biogás diario estimado ( $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ )

f = Factor general de producción ( $0.03 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{Kg} - \text{estiércol}}$ )

ST = Sólidos Totales (%)

SV = Sólidos Volátiles (%)

$E_{\text{DIS}}$  = Estiércol disponible (Kg)

$V_{\text{T}}$  = Volumen total del biodigestor ( $\text{m}^3$ )

Tabla 4.7 Composición del estiércol de cuy y conejo

Parámetros	Unidades	Cuy	Conejo
Humedad	%	8.03	8.25
Nitrógeno	%	2.12	1.9
Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	%	1.85	1.36
Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ )	%	1.67	1.12
Carbono	%	0.105	0.060
Poder Calorífico	Cal/Kg	6328	6985
C/N		14	13

Fuente: (Vega, 2015)

$$\dot{Q}_{\text{Best}} = 0.03 * \frac{14}{9.969} * 0.77 * 9.24$$

$$\dot{Q}_{\text{Best}} = 0.03 * \frac{14}{9.969} * 0.77 * 9.24$$

$$\therefore \dot{Q}_{\text{Best}} = 3.30 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

#### 4.6.3 Etapa 3: Dimensionamiento de los componentes

- **Volumen del gasómetro ( $V_{\text{GASO}}$ )**

La producción de gas es continua y esta se consume en circunstancias normales del restaurante, pero se vuelve discontinua en las horas que no son usadas, el

intervalo más crítico es durante la noche, el gasómetro se encargará de acumular el gas durante este intervalo crítico definido como 8 horas (desde las 10.30pm hasta las 6:30am del día siguiente).

$$V_{GASO} = 3.30 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}}$$

$$\therefore V_{GASO} = 1.1 \text{ m}^3$$

Generalmente el diseño del gasómetro es idéntico al del biodigestor, en este caso también será del mismo material que del biodigestor diseñado anteriormente. Debido a que los equipos que consumirán el gas (cocina y freidora), los autores proponen como presión interna permisible para geomembranas de PE y PVC de 1 mm de espesor, 42 mbar (42 cm de c.a. o 4.2 kPa). No obstante, esta presión representa menos de un cuarto de la presión que es capaz de soportar este tipo de geomembranas, por lo cual se empleará para construir el gasómetro, una geomembrana de PVC de 0.6 mm de espesor que opera sin problemas con presiones entre 60 y 80 cm de c.a. (6 a 8 kPa). Además, debe dotar de un mecanismo que le brinde una presión constante, una solución económica planteada en esta investigación es proporcionar un peso que aplaste la bolsa de gas del gasómetro.

$$V_{GASO} = \frac{\pi * D^4}{4} * L_{GASO} \quad \dots (16)$$

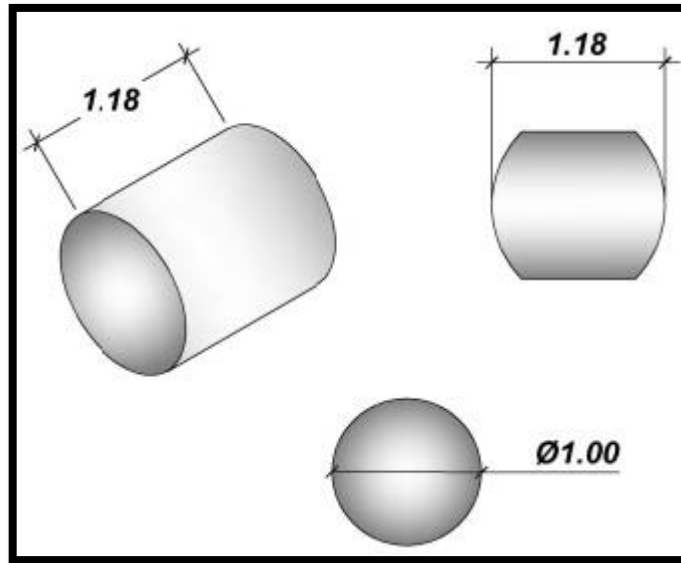
Cabe indicar que el gasómetro puede tener la forma que nosotros le adaptamos de acuerdo a nuestro espacio, pero sobre todo que no pierda la forma tubular; para esta investigación le asumimos un **D=1m**, por lo tanto, tenemos:

$$1.1 \text{ m}^3 = \frac{\pi * L_{GASO}}{4}$$

$$L_{GASO} = 1.18 \text{ m}$$



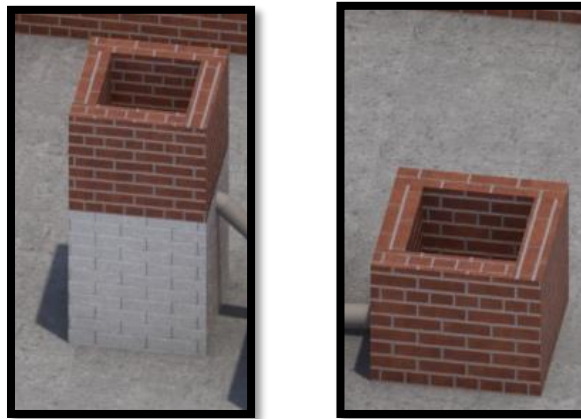
Figura 4.4 Dimensiones del gasómetro



- **Tanque de alimentación y descarga**

Generalmente se suele usar depósitos de entrada y salida de mampostería de ladrillo recubierto concreto. Ver la siguiente figura:

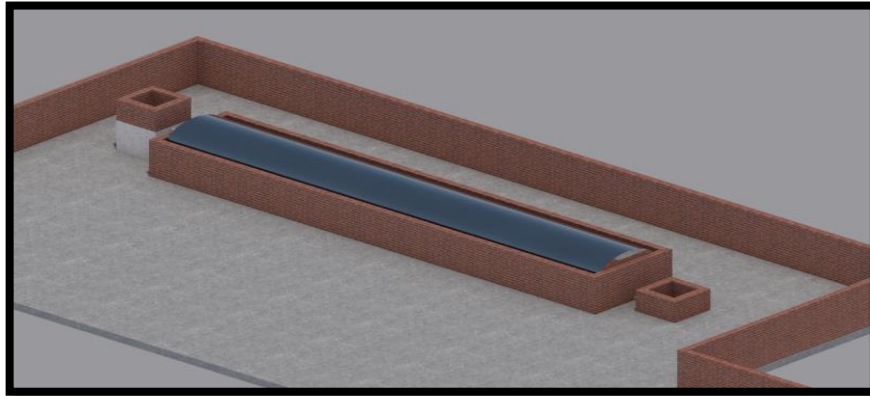
Figura 4.5 Tanques de alimentación y descarga



La poza de entrada será construida con ladrillo y mortero de concreto y tendrá una dimensión de 0.50m x 0.50m x 0.50m. La tubería de entrada será de 4" y así también la de la salida, se supone que la mezcla esta diluida. EL pozo de descarga o almacenamiento dependerá del uso que se le dé al biól, si se tiene cultivos cerca podría usarse diariamente y la dimensión de esta poza seria la

misma que la de la entrada. En esta investigación se supone una poza de descarga de igual dimensión que la de carga debido a que el biol generado será en parte regresado al biodigestor para temas de ahorro de agua.

Figura 4.6 Esquema longitudinal del biodigestor



- **Línea de conducción del biogás**

El gas producido por la digestión anaeróbica contiene sulfuro de hidrogeno y las tuberías que se instalaran no pueden ser de acero, pero sí de fierro galvanizado y PVC. Las tuberías de PVC no son metálicas y son las más utilizadas, sin embargo, en los últimos años están siendo utilizando las tuberías HDPE el cual se escogió para este diseño ya que tienen excelente una resistencia a la corrosión y a la intemperie, además de su uso extendido en la minería e industria general. La siguiente tabla no dan el diseño de la tubería. Para el cálculo del diámetro de la tubería se utiliza las siguientes ecuaciones para baja presión (Ponce, 2012)

$$P_{final} = P_{inicial} + \Delta P \quad \dots (17)$$

$$\Delta P = P_{final} - P_{inicial}$$

$$\Delta P = 200 \text{ mmca} - 170 \text{ mmca}$$

$$\Delta P = 30 \text{ mmca}$$

$$Le = 1.2 * Longitud \text{ real} \quad \dots (18)$$

$$Le = 1.2 * 19.66 \text{ m}$$

$$Le = 23.59$$

El valor de 1.2 utilizado en la fórmula anterior es por pérdida de presión en el recorrido debido a los accesorios y filtros instalados, además el valor del caudal (Q) y la densidad relativa del gas (ds) (Ponce, 2012).

$$\dot{Q}_{\text{Best}} = 3.30 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Best}} = 0.1375 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{h}}$$

$$\Delta P = 232000 * d_s * Le * \frac{\dot{Q}_{\text{Best}}^{1.82}}{D^{4.82}} \quad \dots (19)$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{232000 * d_s * Le * \dot{Q}_{\text{Best}}^{1.82}}{\Delta P}}$$

$$D = 5.57 \text{ mm}$$

Para el transporte de gas obtenemos una tubería de 5.7 mm, utilizaremos la tubería de ½" que es igual a 20 mm además como se establece al inicio del cálculo el gas es de baja presión así que será de polietileno

Tabla 4.8 Diámetro de diseño según material de tubería

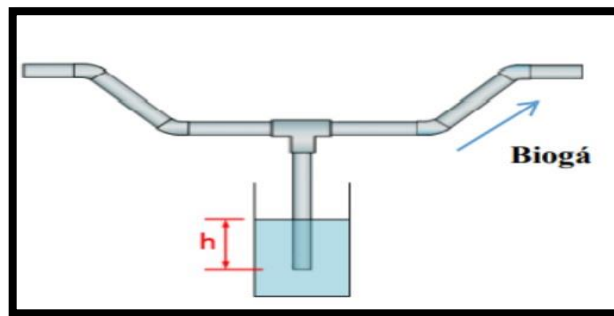
Longitud (m)	Tubería de Hierro Galvanizado			Tubería de PVC/HDPE		
	20	60	100	20	60	100
<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>						
<b>0.1</b>	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"
<b>0.2</b>	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"
<b>0.3</b>	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"
<b>0.4</b>	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"
<b>0.5</b>	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 3/4"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 3/4"
<b>1.0</b>	Ø 3/4"	Ø 3/4"	Ø 3/4"	Ø 1/2"	Ø 3/4"	Ø 3/4"
<b>1.5</b>	Ø 3/4"	Ø 3/4"	Ø 1"	Ø 1/2"	Ø 3/4"	Ø 3/4"
<b>2.0</b>	Ø 3/4"	Ø 1"	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 3/4"	Ø 1"

Fuente: (Kossmann et al., 1988)

### **Regulador de presión:**

La reducción de presión del gas se puede lograr fácilmente mediante tramas de agua tipo T, esto porque la presión es igual a la altura de columna de agua que sirve como un regular de presión al desbordarse el agua, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4.7 Regulador de presión usando agua y codos de 45°



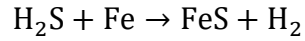
De esta manera la presión que se desea ajustando la altura de agua, cuando la presión es mayor que la columna de agua, el gas saldrá formando burbujas de aire. Un recipiente con 30cm de agua suele ser suficiente para la mayoría de plantas de biogás.

### **Reducción del sulfuro de hidrogeno:**

Dentro del biodigestor se produce sulfuro de hidrogeno en solución acuosa, además sabemos que el sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) es invisible y tiene olor a huevos podridos, por lo que, si el gas no tiene olor, significa que no tiene sulfuro de hidrogeno, pero el motivo principal para retirar este compuesto es que en la combustión causa corrosión en las partes metálicas.

De los diferentes métodos que existen para remover este compuesto, en esta investigación se plantea usar oxido férrico, por ejemplo, se puede usar o esponja metálica oxidada. Esta esponja debe colocarse dentro la tubería, es así que el óxido férrico hace reacción con el sulfuro de hidrogeno para dar como resultado sulfuro de hierro (que no es gaseoso) y agua.

Para determinar la masa de hierro requerida para el filtro de ácido sulfúrico se realiza el sgte procedimiento:



De la etapa 2, se sabe que la producción diaria estimada de biogás es de 3.30 m<sup>3</sup> = 3300 litros.

$$\text{H}_2\text{S producido} = 0.1\% \left( \frac{V}{V} \right) \quad \dots (20)$$

$$\text{H}_2\text{S} = \frac{0.1 \text{ litros H}_2\text{S}}{100 \text{ litros de biogás}} * \frac{3300 \text{ litros de biogás}}{\text{día}}$$

$$\text{H}_2\text{S} = 33 \frac{\text{litros H}_2\text{S}}{\text{día}}$$

Para 1 año de operación:

$$33 \frac{\text{litros H}_2\text{S}}{\text{día}} * 365 \text{ días} = 12,045 \text{ litros H}_2\text{S}$$

$$PV = nRT \quad \dots (21)$$

$$R = 0.082 \frac{\text{litros} * \text{ATM}}{\text{mol} * ^\circ\text{K}}$$

$$P = 1 \text{ ATM}$$

$$T_{\text{promedio}} = 21 + 273 = 294 \text{ K}$$

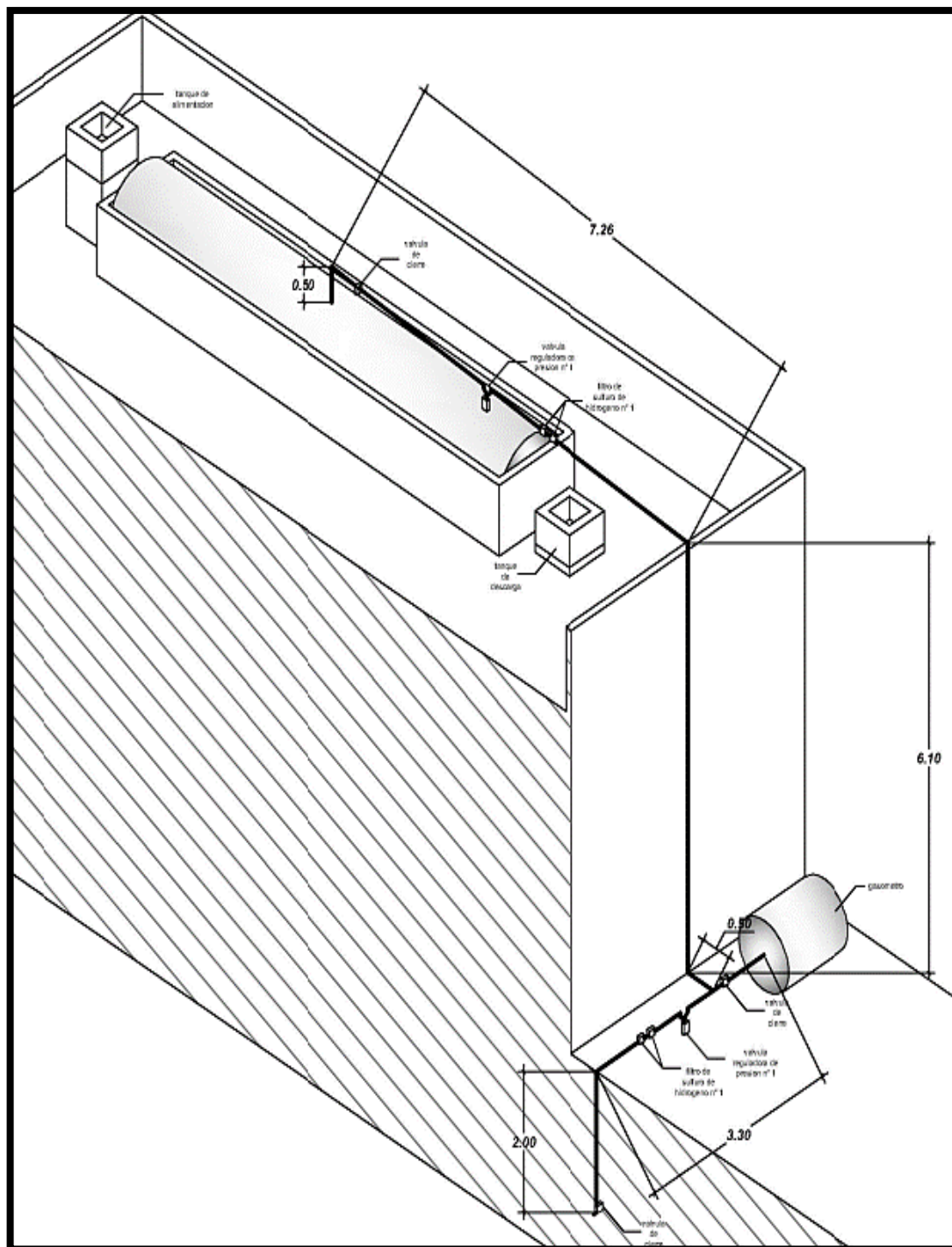
$$n = \frac{1 \text{ ATM} * 12,045 \text{ litros}}{0.082 \frac{\text{litros} * \text{ATM}}{\text{mol} * ^\circ\text{K}} * 300 \text{ K}}$$

$$n = 489.63 \text{ mol H}_2\text{S}$$

$$489.63 \text{ mol H}_2\text{S} * \frac{56g \text{ Fe}}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} = 27,4 \text{ Kg Fe}$$

Por lo tanto, se necesitará 27,4 Kg de hierro durante el periodo de 1 año donde se recomienda cambiar el hierro cada 15 días.

Figura 4.8 Esquema isométrico de la línea de conducción de biogás



#### 4.6.4 Etapa 4: Consumo de combustible

- Flujo másico diario de GLP

El restaurante cuenta con 6 balones de GLP (10kg) de la marca SOLGAS, lo cual son utilizados para su compra, para el cálculo promedio se reviso el registro de compra del del uso de este combustible en los meses anteriores:

Tabla 4.9 Cantidad de balones GLP consumidos durante 2022

Mes	Balones consumidos
Enero	3
Febrero	3
Marzo	4
Abril	3
Mayo	4
Junio	4
<b>Promedio</b>	<b>3.5</b>

Por lo tanto, el flujo másico diario promedio del restaurante será:

$$\dot{m}_{\text{GLP}} = 3.5 \frac{\text{balones}}{\text{mes}} * \frac{10 \text{ Kg}}{1 \text{ balón}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}}$$

$$\therefore \dot{m}_{\text{GLP}} = 1.15 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

#### 4.6.5 Etapa 5: GLP equivalente en biogás

- Volumen de biogás al día

Como se mencionó en la etapa anterior, son balones de GLP DE 10 Kg y se sabe que “0.45 Kg de GLP equivale a 1 m<sup>3</sup> de biogás” (Verdezoto, 2014). Se estima la cantidad de biogás que se requiere mensualmente:

$$3.5 \frac{\text{balones}}{\text{mes}} * \frac{10 \text{ Kg}}{1 \text{ balón}} * \frac{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{0.45 \text{ Kg}} = 77.78 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{mes}}$$

Entonces la cantidad de biogás que se requiere diariamente será:

$$\dot{Q}_{\text{Breq}} = 77.78 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}}$$
$$\therefore \dot{Q}_{\text{Breq}} = 2.56 \text{ m}^3 \frac{\text{biogás}}{\text{día}}$$

#### 4.6.6 Etapa 6: Requerimiento de energía térmica

- Energía térmica consumida al día

Por lo indicado en el marco teórico, de acuerdo a las equivalencias energéticas del biogás sabemos que 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 6.56 kWh de energía (Martí, 2019), el consumo energético diario en el restaurante es de:

$$E_{\text{req}} = 2.56 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{6.56 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}}$$
$$\therefore E_{\text{req}} = 16.79 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Por lo estimado en la etapa 2 se sabe que se producirá un caudal de 3.30 m<sup>3</sup> biogás/día, entonces calculamos su equivalente en energía:

$$E_{\text{est}} = 3.30 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{6.56 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}}$$
$$\therefore E_{\text{est}} = 21.65 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

#### 4.7. Aspectos éticos en investigación

El Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Callao plantea en el 260-2019-CU Código de Ética, que la investigación en la UNAC respeta la dignidad de las personas, la confidencialidad y la privacidad de quienes están



implicados en el desarrollo de la investigación [...] respeta la voluntad informada y el consentimiento notificado para el uso de la información para los fines de la investigación. Además, no ocasiona acciones lesivas a la naturaleza ni a la biodiversidad. Respeta los elementos y diversidad bióticos, abióticos, genéticos, étnicos, culturales y sociales (2019, p.2). Por lo indicado en el Código de Ética, cabe resaltar que el presente trabajo por su naturaleza de investigación evalúa y registra la cantidad diaria de estiércol de cuy por lo tanto se requiere un seguimiento de estos animales sin embargo ningún animal fue lastimado en la realización de la investigación ya que fueron tratados éticamente por el personal encargado de su cuidado, tampoco afecta las normas y derechos de la comunidad ni a sus residentes, obteniendo los debidos permisos para acceder al lugar de parte de las personas autorizadas. La información presentada mantiene su veracidad, cuidando la imagen y prestigio de las personas e instituciones involucradas.

## V. RESULTADOS

En este capítulo se detallará los resultados obtenidos en el subcapítulo 4.6 que consiste en el análisis y procesamiento de datos del diseño del sistema de biogás para reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY.

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1 Etapa 1: Parámetros Básicos

En esta etapa se halló los parámetros básicos para comenzar a desarrollar ya que era el objetivo de esta etapa se hizo un muestreo simple en la granja de cuyes para hallar el estiércol disponible, posterior a eso se revisó la data dispones para hallar la temperatura ambiental ya que este parámetro nos permite hallar el tiempo de retención para continuar con el diseño del biodigestor modelo Taiwanés como se indica en la sgte tabla:

Tabla 5.1 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 1

<b>Parámetros Básicos</b>	
Estiércol disponible	9.24 kg de estiércol de cuy
Carga diaria	9.24 kg de estiércol de cuy + en 73.92 L
Tiempo de retención	90 días
Tiempo medio de inicialización, para empezar a funcionar	3 meses
Temperatura de trabajo	15 °C
Temperatura de ambiente	15 °C a 27 °C

#### 5.1.2 Etapa 2: Diseño del biodigestor

Se determinó el las dimensiones de la zanja y del biodigestor hallando un volumen de 9,969 m<sup>3</sup>, asimismo se estimó la producción diaria de biogás generados apartir del día 90 teniendo como resultados la tabla 5.2, iniciando los cálculos y dimensionamiento del biodigestor, detallado su resultado en la sgte tabla:

Tabla 5.2 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 2

<b>Diseño del biodigestor</b>	
Producción diaria de biogás	3.30 m <sup>3</sup> biogás/día
Volumen líquido	7484.4 L
Volumen gaseoso	2484.8 L
Volumen total	9969.2 L
Ancho de rollo	2 m
Longitud del digestor y de la zanja	7.73 m
Relación L/D	6.04
Ancho inferior de la zanja	0.95
Ancho superior de la zanja	0.95
Profundidad de la zanja	1 m

### 5.1.3 Etapa 3: Dimensionamiento de los componentes

Se determinó el dimensionamiento de los componentes, para determinar si el volumen del gasómetro permite el almacenamiento del biogás generado diario, por otra parte, se dimensiona los tanques de alimentación y descarga del biol generado al día y se observa que cumplan con los requerimientos hidráulicos del sistema como se puede observar en la tabla 5.3:

Tabla 5.3 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 3

<b>Dimensionamiento de los componentes</b>	
Volumen del gasómetro	0.0011 L
Volumen del tanque de alimentación	83.16 L
Volumen del tanque de descarga	83.16 L
Caudal de biogás	0.1375 m <sup>3</sup> biogás/día
Diámetro nominal de la línea de conducción del biogás	½"

#### 5.1.4 Etapa 4: Consumo de combustible

En esta etapa se revisó el historial de compras (boletas) de balones de gas en los meses del 2022 con la finalidad de hallar un promedio mensual de consumo en el restaurante para conocer la demanda de este combustible dando con resultado:

Tabla 5.4 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 4

<b>Consumo de combustible</b>	
Flujo másico diario de GLP	$1.15 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$

#### 5.1.5 Etapa 5: GLP equivalente en biogás

En esta etapa se calcula cuanto de GLP equivale en biogás con la finalidad de comparar los volúmenes diarios que se requiere en este restaurante:

Tabla 5.5 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 5

<b>GLP equivalente en biogás</b>	
Volumen de biogás al día	$2.56 \frac{m^3 \text{biogás}}{\text{día}}$

#### 5.1.6 Etapa 6: Requerimiento de energía térmica

Finalmente, en esta etapa se calcula la energía requerida diariamente para la cocción de alimentos en el restaurante BETTY, además se compara con la energía estimada en la etapa 2 a fin de comprobar nuestra hipótesis:

Tabla 5.6 Resumen de resultados obtenidos en la Etapa 6

<b>Requerimiento de energía térmica</b>	
Energía térmica consumida al día	$16.79 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$
Energía térmica estimada al día	$21.65 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$

Como se puede apreciar la energía estimada al día por el sistema de biogás modelo taiwanés será suficiente para reducir en consumo de la energía térmica proveniente del GLP ya que se diferencia en 4.86 kWh y esto a su vez representa un ahorro mensual de 28.94% en el consumo de combustible fósil, donde muy aparte del ahorro podría ser reemplazado si en caso se mantiene esta producción de biogás, sin embargo, este porcentaje se refleja en dinero anual ahorrado de S/. 889.6 además contribuye a dejar de emitir CO<sub>2</sub> tanto por la quema de este hidrocarburo como la emisión de metano a la atmosfera proveniente del estiércol no aprovechado.

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **6.1.1 Contrastación de la hipótesis general**

En la hipótesis general se planteó: “El diseño del sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy permite reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.”

Al momento de iniciar el diseño del sistema de biogás, se toma como dato inicial la cantidad de biogás diaria que requiere el restaurante que fue de 3.21 m<sup>3</sup>, luego estimando la cantidad de biogás generado de acuerdo a la cantidad de estiércol tenemos 3.30 m<sup>3</sup> de biogás al día y transformado a términos de energía equivalen 21,65 kWh al día, aprovechando los residuos que se desechan diariamente por lo que fue más que suficiente para reducir el consumo de energía térmica proveniente del combustible en el restaurante Betty.

Por lo que se acepta la hipótesis general.

#### **6.1.2 Contrastación de las hipótesis específicas**

- En la hipótesis específica se planteó: “El cálculo de los parámetros básicos permite diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás”.

Se comprobó en la primera etapa medir la cantidad de estiércol disponible (9,24 kg), temperatura ambiental (15 - 27°C) y tiempo de retención (90días) ya que son los parámetros básicos que se necesitan para el diseño del biodigestor en la siguiente etapa.

Por lo que se acepta la hipótesis específica.

- En la hipótesis específica se planteó: “El diseño del biodigestor modelo taiwanés permite dimensionar los componentes del sistema de biogás”.

Se comprueba que obtenido el volumen total del biodigestor y sus respectivas dimensiones de la zanja que lo contiene se logra una relación de  $L/D=6.04$  lo que es un valor aceptable para su dimensionamiento y se obtuvo una producción estimada de biogás de 3.30 m<sup>3</sup> biogás/día para posteriormente

calcular las dimensiones de los componentes del sistema en la siguiente etapa.

Por lo que se acepta la hipótesis específica.

- En la hipótesis específica se planteó: “El dimensionamiento de los componentes del sistema de biogás permite realizar su presupuesto a fin de reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao”. Se comprueba que el dimensionamiento de los componentes tenemos el diseño completo de todo el sistema de biogás por lo que se logra hacer el cálculo de los materiales y su costo dando un monto aproximado de **S/ 5353.10** para su futura implementación a fin de reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY.

Por lo que se acepta la hipótesis específica.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

### **6.2.1 Contrastación de los resultados con estudios internacionales**

- Según el trabajo de investigación de Acosta y Muñoz (2020) en su tesis titulada: “Implementación de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de los excrementos de animales de granja ubicada en el Cantón Salcedo”, donde se asemeja a la presente tesis dando valores aproximados de la producción con estiércol de cerdo pero en cantidades mayores ya que como se demuestra el estiércol de cuy produce 3 veces más la cantidad de biogás por lo tanto este trabajo guarda relación con su experimentación en la construcción de su biodigestor prototipo.
- Según el trabajo de investigación de (Arenas, 2019) en su tesis titulada: “Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto “La Villa Solar” ubicado en la ciudad de Buenaventura, Colombia”. Fue importante para complementar este trabajo de investigación de tesis ya que Arenas nos indica que para proponer el adecuado diseño se simularon condiciones climatológicas de la localidad con el objetivo de que el

sistema se comportara de una forma similar en el territorio para el cual se propone, es importante tener los datos como la relación C/N, sólidos totales y volátiles adecuados para una correcta operación del biodigestor, adicionalmente ayudó a seguir etapas de diseño la cual para el modelo Taiwanés son esenciales en su desarrollo por etapas. Esto se comprueba de manera teórica en la producción de biogás.

- Según el trabajo de investigación de (Diaz y Salazar, 2019) en su tesis titulada: “Estudio de factibilidad para el diseño de un biodigestor de aprovechamiento sostenible de excretas de bovino en la hacienda Los Naranjos, Tambo - Cauca”. Esta metodología fue importante en este trabajo de investigación de tesis ya que me ayudo en la primera etapa a realizar el cálculo de los parámetros para el diseño del biodigestor de manera ordenada y práctica según el libro de Jaime Martí Herrero contrastando mi diseño con el autor ya que se enfoca en el modelo Taiwanés.

### **6.2.2 Contratación de los resultados con estudios nacionales**

- Según el trabajo de investigación de (Arana, 2020) en su tesis titulada: “Diseño de un biodigestor automatizado para la producción de biogás usando desechos orgánicos para el distrito de Chacapampa”. El trabajo aportó un valor agregado al diseño de los biodigestores de manera automatizada y logrando una digestión anaeróbica eficiente y producir 8.81  $m^3$  de biogás al día, con los sgtes parámetros: sólidos totales de 8%, temperatura de 30°C, el Ph de 7, tiempo de retención de 30 días; este aporte es de suma importancia para el diseño y óptima producción de biogás.
- Según el trabajo de investigación de (Ruiz, 2019) en su tesis titulada: “Optimización de la producción de biogás con estiércol de cuy en aguas servidas mediante celdas electrolíticas”. Esta investigación aportó un índice importante para la producción óptima de biogás ya que se extrajo el pH, las características químicas del estiércol de cuy ya que en algunas



investigaciones esta importante variable no se hallaba por lo tanto la tesis evalúa la producción de biogás respecto a este tipo de sustrato por lo que aporta un valor importante para el cálculo de la producción de biogás.

- Según el trabajo de investigación de (Taipe, 2019) en su tesis titulada: “Diseño de un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y bioH<sub>2</sub>”, donde se hace una innovación en el diseño haciendo una mejora en el diseño agregándole un invernadero y muros para mantener la mayor temperatura posible ya que este factor es importante para reducir el tiempo de retención y acelera la producción de biogás en lugares donde el clima es frío y tener la misma producción como si se realizara el trabajo en un lugar cálido como la costa, además utiliza un inóculo para aumentar la actividad microbiana dentro del biodigestor.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en el informe final de la tesis titulada “Diseño de un sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy para reducir el consumo de energía térmica en el restaurante Betty - Callao” sometiendo este trabajo a las normas y reglamentos vigentes de la Universidad Nacional del Callao.

## VII. CONCLUSIONES

- El sistema de biogás modelo Taiwanés logra generar teóricamente 21.65 kwh/día, por lo que se reduce el consumo de energía térmica del GLP, logrando un ahorro del 28% en combustible.
- La cantidad de excretas que se generan diariamente (9.24 Kg) en la granja de cuyes, pueden suplir las necesidades energéticas de la cocina industrial en el restaurante con la implementación de un biodigestor Taiwanés por su poder de producir biogás hasta 3 veces más que las vacas
- El diseño del biodigestor de 9.969 m<sup>3</sup> tiene una correcta relación L/D: 6.04 el cual es un factor importante en el diseño y en la completa degradación anaerobia produciendo biogás al cabo de completar el tiempo de retención de 90 día donde ya no deja de producir por tener flujo continuo.
- Se estima la generación de energía térmica y se llega a cubrir la demanda con una diferencia de 4.86 kWh, consumiendo menos combustible GLP para hacerlo de manera autónoma con el biogás con un presupuesto de S/. 5353.10 para su futura implementación.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que se puede agregar otros sustratos como el aceite usado o los mismos desechos del restaurante a manera de aumentar la generación de biogás sin embargo se recomienda no huesos ni sustratos difícil de digerir ya que disminuiría la vida útil del reactor, generando fisuras en la geomembrana.
  
- Evaluar la adición de fuentes de carbono en la mezcla agua : estiércol, para mejorar la relación C/N y determinar su influencia en la producción de biogás para el aumento de la actividad microbiana.
  
- Se debe elegir productos de buena calidad para la construcción del biodigestor, debido al alto riesgo que se pudieran presentar, pues este equipo maneja gas lo cual lo hace peligroso en su manipulación y antes que todo hay que precautelar la vida de las personas en donde se verá afectada en caso de algún siniestro.
  
- Evaluar el pronóstico de crecimiento del restaurante para determinar si será necesario la implementación de un segundo biodigestor, en paralelo ya que en esta configuración es beneficioso para evitar caer en desabastecimiento por falta de biogás para la producción gastronómica.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA CLAVIJO, J.M. y MUÑOZ SANTANA, L.A., 2020. *Implementación de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de los excrementos de animales de granja ubicada en el cantón de Salcedo* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- ARENAS GUAYAZAN, B.D., 2019. *Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto “La Villa Solar” ubicado en la ciudad de Buenaventura- Colombia* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2123&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2123&context=ing_ambiental_sanitaria).
- ARRIETA-PALACIOS, W., 2016. Diseño De Un Biodigestor Doméstico Para El Aprovechamiento Energético Del Estiércol De Ganado. *Universidad de Piura* [en línea], pp. 1-251. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2575%0Ahttps://hdl.handle.net/11042/2575>.
- BOLES YUNUS, A. ÇENGEL, M.A., [sin fecha]. *TERMODINÁMICA*. 6 ta. México: s.n. ISBN 978-970-10-7286-8.
- CALISAYA, E. y PHOCCO, J., 2018. *Diseño de un biorreactor para la obtención de biogás a partir de excretas de cuy monitoreado cin un controlador industrial en la ciudad de Puno* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8494>.
- CÁMARA, K. y LAINES, J., 2011. La digestión anaerobia y la bioquímica. *Kuxulkab'* [en línea], vol. 17, no. 32, pp. 89-93. ISSN 1665-0514. Disponible en: <http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/380/303>.

DIAZ GUÍO, D.S. y SALAZAR CERÓN, L.M., 2019. *Estudio De Factibilidad Para El Diseño De Un Biodigestor De Aprovechamiento Sostenible De Excretas De Bovino En La Hacienda Los Naranjos, Tambo - Cauca* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2143/Díaz\\_Guio\\_David\\_Santiago\\_\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2143/Díaz_Guio_David_Santiago__2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ESPINOZA, C.A., 2014. *Metodología de investigación tecnológica* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786120016671. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1146/mit1.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1148>.

FORGET, A., 2011. Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares , con enfoque en biodigestores tubulares. , pp. 1-83.

GAMBOA F., N. y JIMÉNEZ U., F., 1992. Revista de QUÍMICA. , pp. 9-25.

GARCÍA, V., 2015. MANUAL DE BIOGÁS. Conceptos básicos. Beneficios de su producción y la aplicación de sus sub-productos. *Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático* [en línea], pp. 9-11-12. Disponible en: [https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual\\_de\\_Biogas01.pdf](https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_de_Biogas01.pdf).

JARABO FRIEDRICH, F., PÉREZ DOMÍNGUEZ, C., ELORTEGUI ESCARTIN, N., FERNANDEZ GONZALEZ, J. y MACIAS HERNANDEZ, J.J., 2020. *El libro de las energías renovables* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 84-86913-01-2. Disponible en: [https://jarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso\\_2013-2014/Energías\\_renovables\\_\(Tecnología\\_Energética\)/2\\_Solar/Solar\\_Resumen.pdf](https://jarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso_2013-2014/Energías_renovables_(Tecnología_Energética)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf).

KOSSMANN, W., PÖNITZ, U., HABERMEHL, S., HOERZ, T., KRÄMER, P., KLINGLER, B., KELLNER, C., WITTUR, T., KLOPOTEK, F. V., KRIEG, a. y EULER, H., 1988. *Biogas Digest - Vol II - Application and Product Development.* , vol. II, pp. 1-81.

LARA, M., 2016. *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo "Diseño De Un Biodigestor Para La Producción De Biogás Generado Por Las Excretas De Ganado Vacuno* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6261/1/236T0242.pdf>.

MARTÍ HERRERO, J., 2008. *BIODIGESTORES FAMILIARES: Guía de diseño y manual de instalación.* Bolivia: s.n. ISBN 9789995403393.

MARTÍ HERRERO, J., 2019. *Biodigestores Tubulares: Guía de Diseño y Manual de Instalación.* Ecuador: s.n. ISBN 9789942362766.

MONTERROSO, RICARDO. CIFUENTES, J., 2012. Conceptos de Energía, eficiencia, eficiencia energética, conversión de energía, conservación de la energía y uso eficiente de la energía. *Universidad de San Carlos de Guatemala* [en línea], pp. 6. Disponible en: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/4471/1/Conceptos de Energía%2C eficiencia%2C eficiencia energética%2C conversión de energía%2C conservación de la energía y uso eficiente de la energía.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/4471/1/Conceptos%20de%20Energía%20eficiencia%20eficiencia%20energética%20conversión%20de%20energía%20conservación%20de%20la%20energía%20y%20uso%20eficiente%20de%20la%20energía.pdf).

MORALES, V. y BACH, L., 2011. El Biodigestor familiar tubular. [en línea], pp. 52. Disponible en: [http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco\\_cedepac/presentacion\\_biogas\\_tubular-vladimir\\_morales.pdf](http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco_cedepac/presentacion_biogas_tubular-vladimir_morales.pdf).

PERALTA, R., 2019. *Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Producción Y Servicios.* S.l.: s.n.

PONCE, J., 2012. Formatec. Obtenido de Formatec: <http://javiponceformatec.blogspot.com/2012/08/calculos-tuberias-de-gas-en-baja-presion.html>

REYES, E., 2017. Generacion de biogas mediante el proceso de digestion anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustrato organico. *Farem*, vol. 17, no. 5, pp. 11-22.

SISTEMA BIOBOLSA, 2011. Manual de Biol. *Manual de Biol* [en línea], pp. 3-4. Disponible en: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SISTEMA BIOBOLSA s.f. Manual del BIOL.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA_BIOBOLSA_s.f.Manual_del_BIOL.pdf).

TAIPE CASTRO, J.A., 2019. *Diseño de un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5492>.

VARNERO MORENO, M.T., 2011. Manual del Biogás. En: El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso., *Proyecto CHI/00/G32* [en línea], pp. 120. ISSN 08628408. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>.

VEGA, J., 2015. *Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la Institución educativa cristiana Bereshi* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2000/30744.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VERDEZOTO CARVAJAL, D.E., 2014. *Diseño de un biodigestor anaerobio para la producción de biogás a partir de las excretas de ganado vacuno, en la finca Los Laureles en la comunidad Flor del Manduro. S.l.: s.n.*



## ANEXOS

### • Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>General</b></p> <p>¿Cómo diseñar un sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy para reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Diseñar un sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy para reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.</p>	<p><b>General</b></p> <p>El diseño del sistema de biogás modelo Taiwanés a partir de estiércol de cuy permite reducir el consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao.</p>		Parámetros básicos	<p>Estiércol disponible</p> <p>Carga diaria</p> <p>Tiempo de retención</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>APLICADA</p>
<p><b>Específicos</b></p> <p>- ¿Cómo calcular los parámetros básicos que permita diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás?</p>	<p><b>Específicos</b></p> <p>- Calcular los parámetros básicos que permita diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás.</p>	<p><b>Específicas</b></p> <p>- El cálculo de los parámetros básicos permite diseñar el biodigestor modelo Taiwanés del sistema de biogás.</p>	Diseño del sistema de biogás modelo Taiwanés	Diseño del biodigestor	<p>Volumen del biodigestor</p> <p>Dimensiones del biodigestor</p> <p>Producción estimada de biogás</p>	<p><b>Enfoque de la investigación:</b></p> <p>CUANTITATIVO</p>
<p>- ¿Cómo diseñar el biodigestor modelo Taiwanés que permita dimensionar los componentes del sistema de biogás?</p>	<p>- Diseñar el biodigestor modelo Taiwanés que permita dimensionar los componentes del sistema de biogás.</p>	<p>- El diseño del biodigestor modelo taiwanés permite dimensionar los componentes del sistema de biogás.</p>		Dimensionamiento de los componentes	<p>Volumen del gasómetro</p> <p>Tanques de alimentación y descarga</p> <p>Línea de conducción del biogás</p>	<p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>NO EXPERIMENTAL - DESCRIPTIVO</p>
<p>- ¿Cómo dimensionar los componentes del sistema de biogás que permita realizar su presupuesto a fin de reducir el</p>	<p>- Dimensionar los componentes del sistema de biogás que permita realizar su presupuesto a fin de reducir el consumo de energía térmica</p>	<p>- El dimensionamiento de los componentes del sistema de biogás permite realizar su presupuesto a fin de reducir el</p>	Consumo de energía térmica	Consumo de combustible	<p>Flujo másico diario</p> <p>Volumen de biogás al día</p>	<p><b>Método de investigación:</b></p> <p>ANALÍTICO – SINTÉTICO</p>
				GLP equivalente en biogás		<p><b>Población:</b></p> <p>SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS</p>
						<p><b>Muestra:</b></p>

---

consumo de energía térmica en el restaurante BETTY - Callao?  
en el restaurante BETTY - Callao.

consumo de energía térmica en el  
restaurante BETTY - Callao.

SISTEMA DE  
BIOGÁS MODELO  
TAIWANÉS

**Técnica de  
recolección de  
datos:**

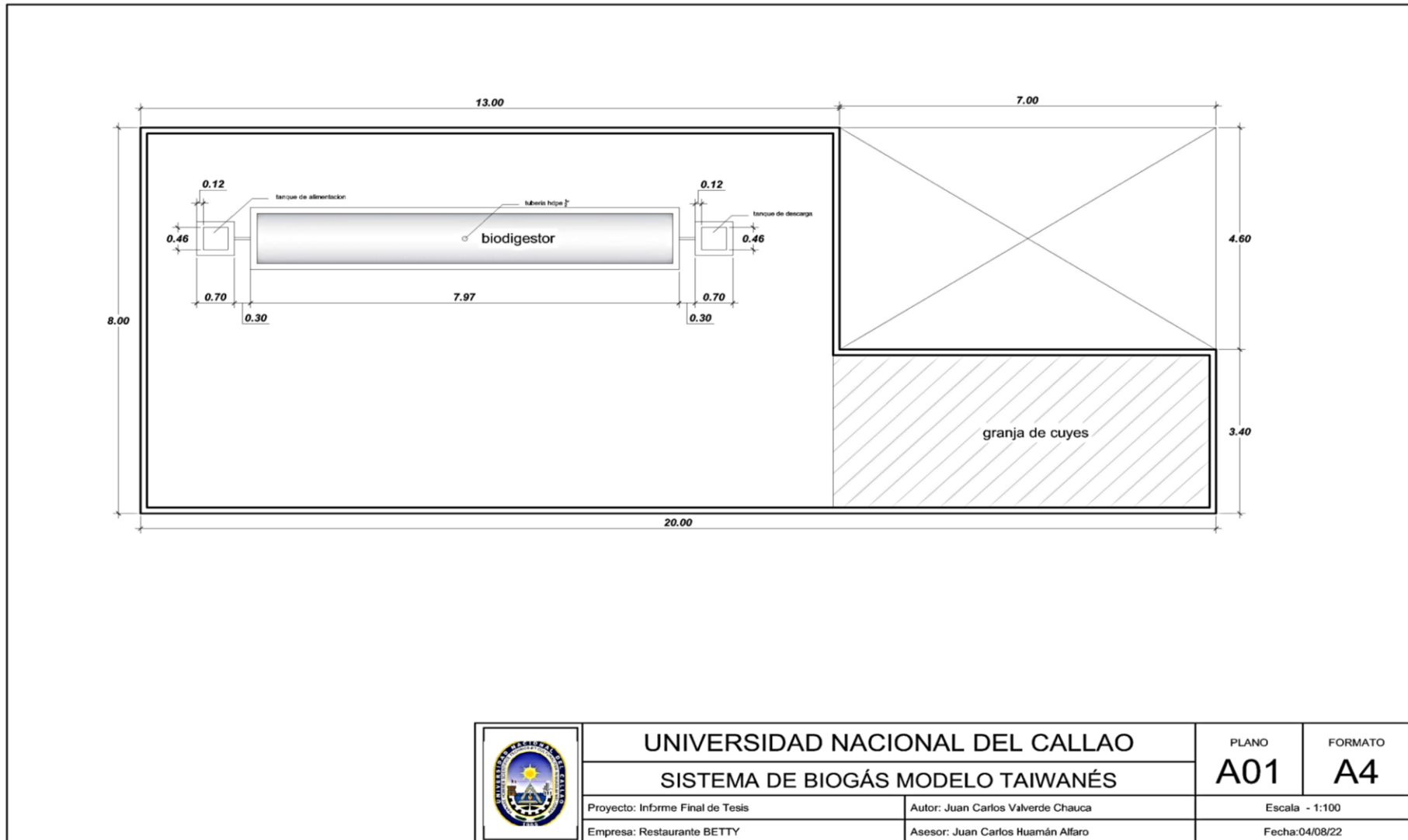
-DOCUMENTAL  
-EMPÍRICA

**Instrumentos:**  
-FICHAS CIBER-  
BIBLIOGRÁFICAS  
-MANUALES  
TÉCNICOS  
-OBSERVACIÓN

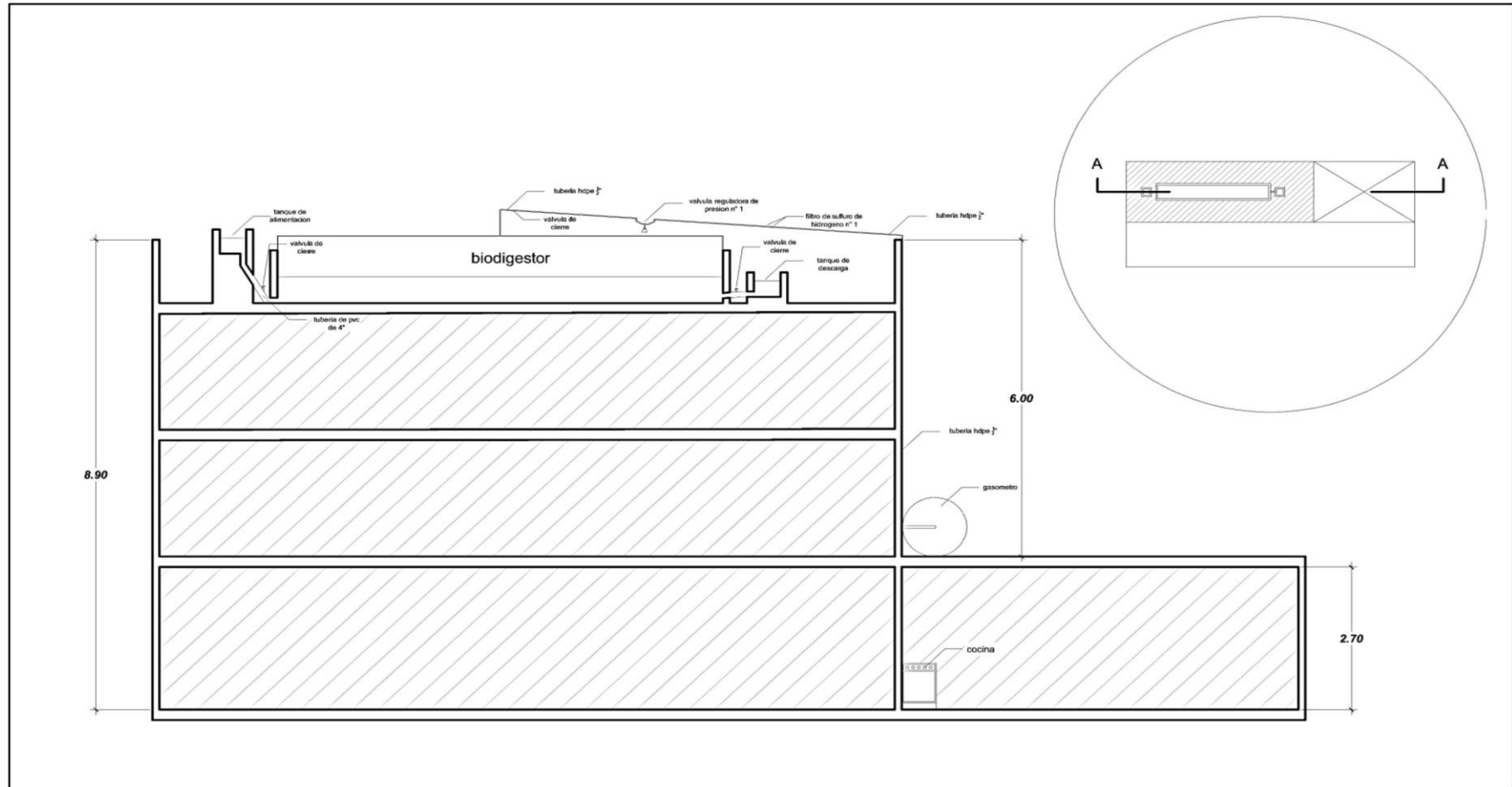
Requerimiento de  
energía térmica

Energía  
térmica  
consumida al  
día

- Plano de distribución



- Plano de distribución corte A-A



CORTE A-A



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS**

Proyecto: Informe Final de Tesis

Autor: Juan Carlos Valverde Chauca

Empresa: Restaurante BETTY

Asesor: Juan Carlos Huamán Alfaro

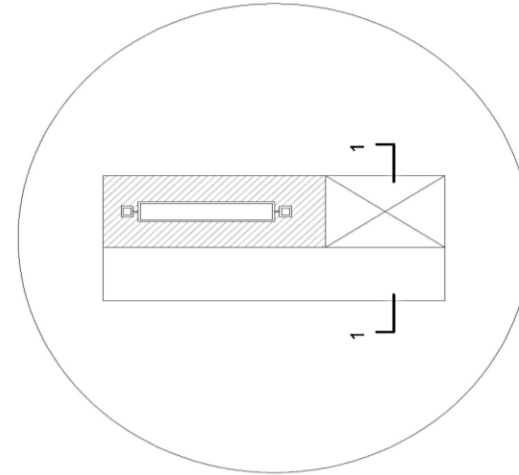
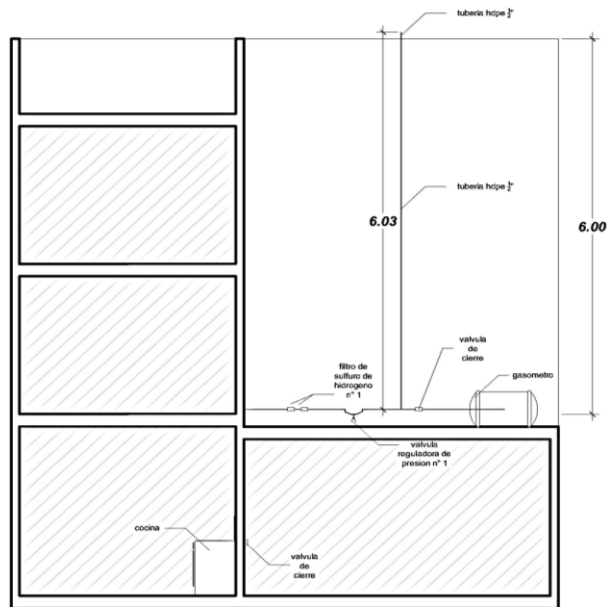
PLANO  
**C02**

FORMATO  
**A4**

Escala - 1:100

Fecha:04/08/22

- Plano de distribución corte 1-1



CORTE 1-1



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS

Proyecto: Informe Final de Tesis

Autor: Juan Carlos Valverde Chauca

Empresa: Restaurante BETTY

Asesor: Juan Carlos Huamán Alfaro

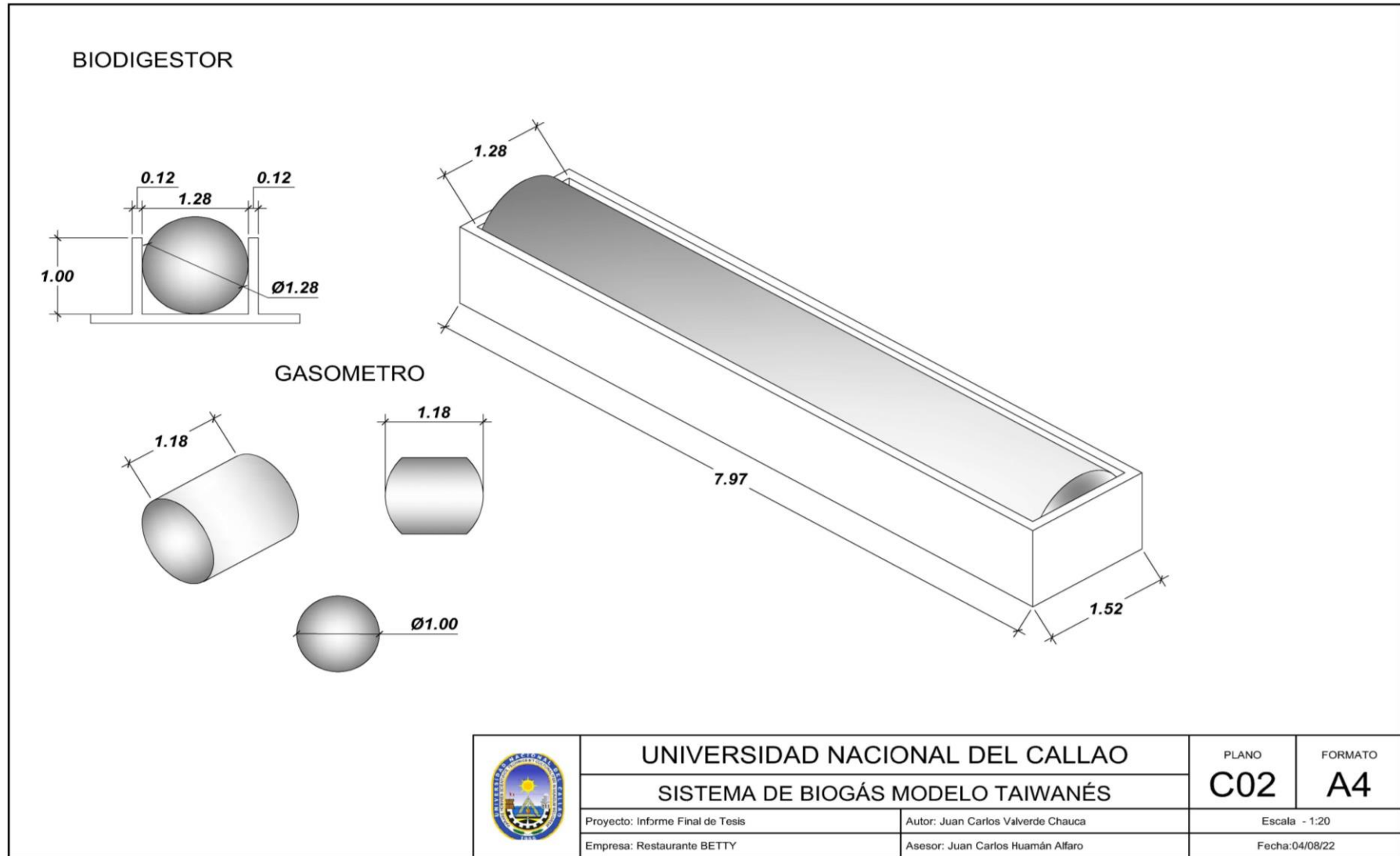
PLANO  
**C01**

FORMATO  
**A4**

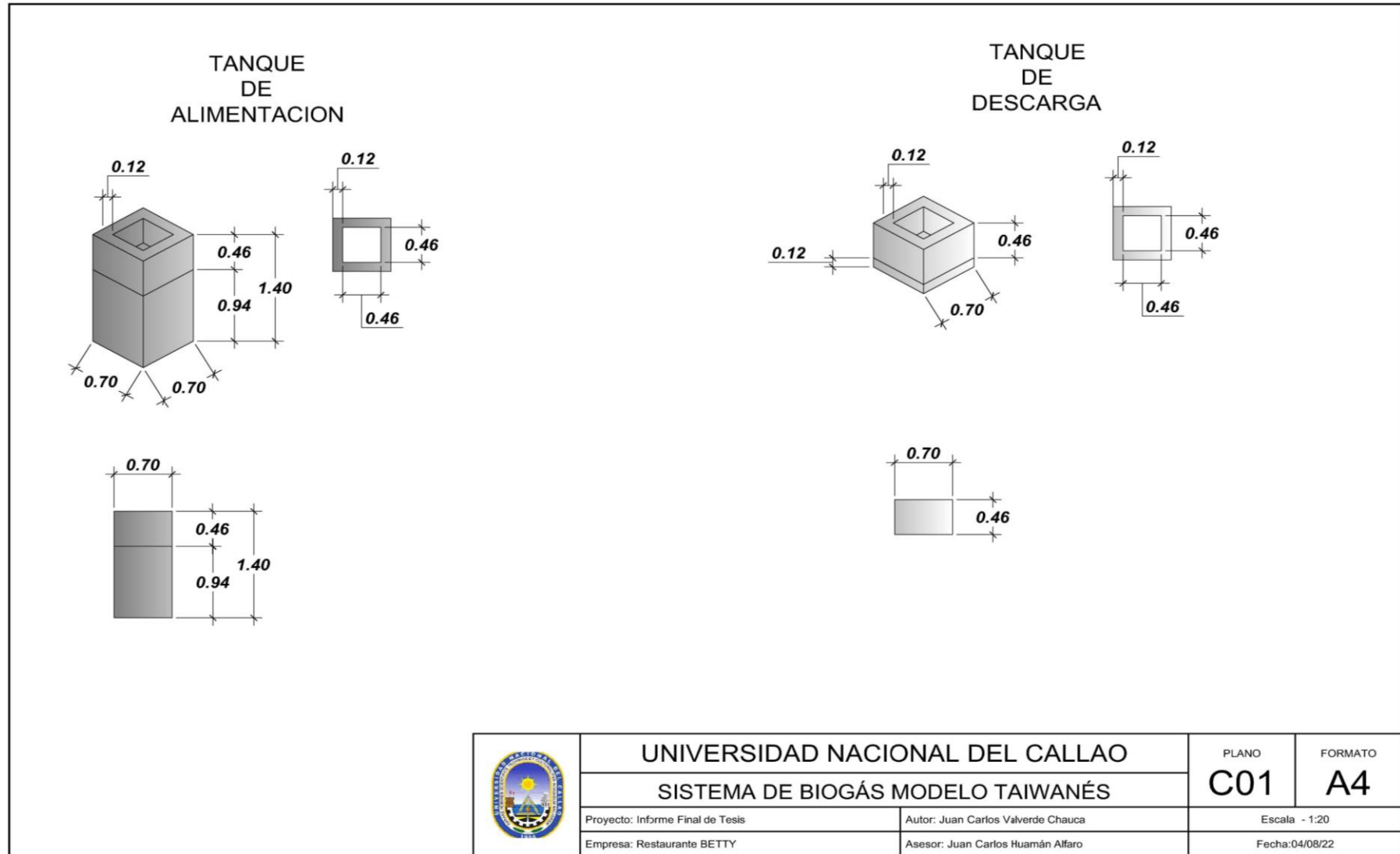
Escala - 1:100

Fecha: 04/08/22

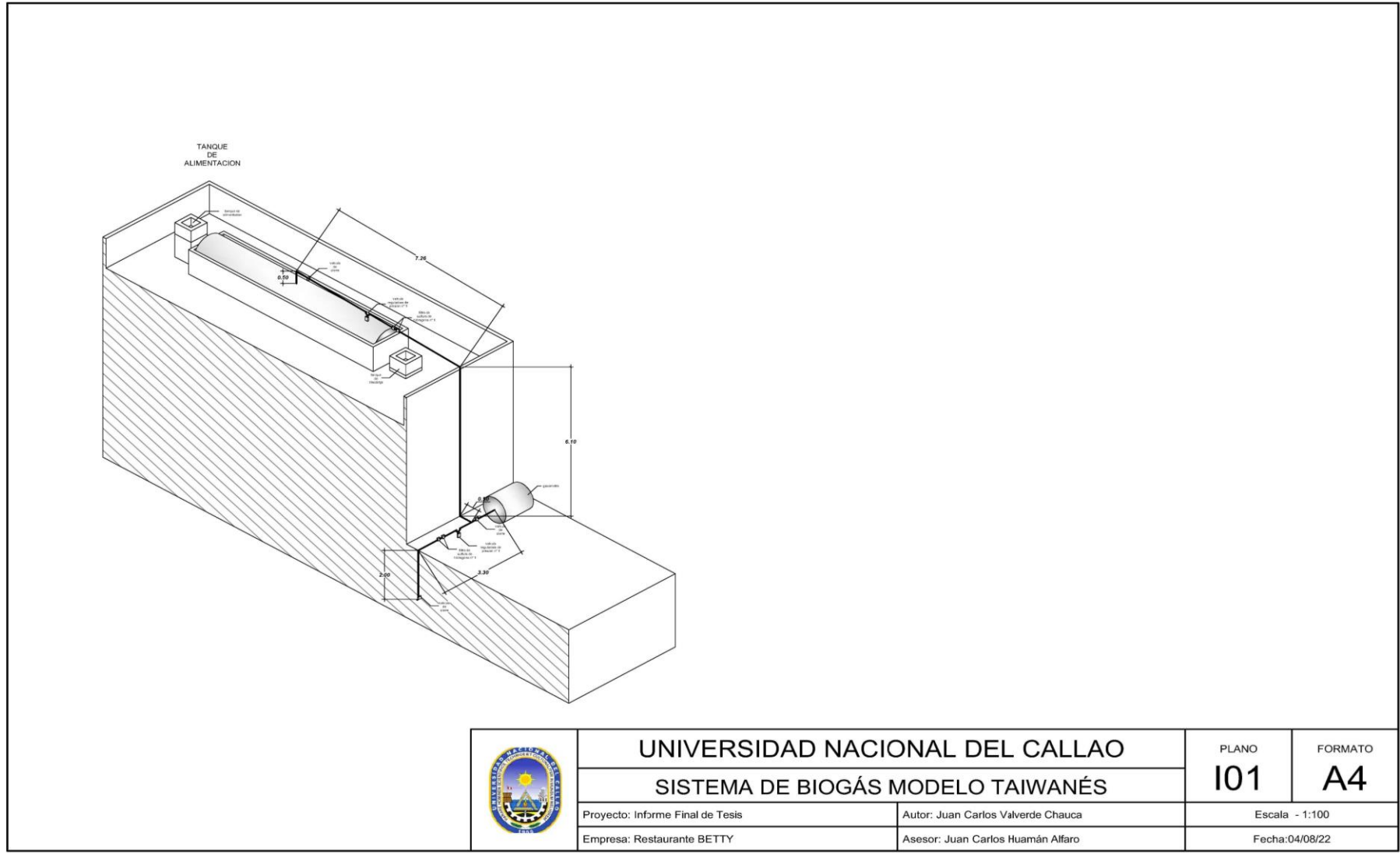
- Plano del Biodigestor y Gasómetro




- Plano del Tanque de alimentación y descarga



- Plano de la Línea de conducción de gas



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b>		PLANO	FORMATO
	<b>SISTEMA DE BIOGÁS MODELO TAIWANÉS</b>		<b>I01</b>	<b>A4</b>
	Proyecto: Informe Final de Tesis	Autor: Juan Carlos Valverde Chauca	Escala - 1:100	
Empresa: Restaurante BETTY	Asesor: Juan Carlos Huamán Alfaro	Fecha:04/08/22		



- **Presupuesto para la propuesta de implementación**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Biodigestor CIDELSA (D = 1.28 m, L = 7.73 m, VT teórico = 9.97 m <sup>3</sup> )	1	S/ 1,950.00	S/ 1,950.00
Gasómetro CIDELSA (Vgasó = 1.1 m <sup>3</sup> )	1	S/ 585.00	S/ 585.00
Ladrillo King Kong	700	S/ 1.20	S/ 840.00
Bolsas de cemento Sol Portland Tipo I de 42.5 kg, para muros	8	S/ 27.00	S/ 216.00
Zanja (7.97x1.52x1m) y Tanque de alimentación y descarga (0.7x0.7x1.4m)	10	S/ 6.90	S/ 69.00
Arena gruesa en sacos de 40 kg, para muros	3	S/ 27.00	S/ 81.00
Bolsas de cemento para tarrajeo	3	S/ 6.90	S/ 20.70
Arena fina (saco de 40 kg), para tarrajeo	2	S/ 109.90	S/ 219.80
Impermeabilizante líquido Sika 1 de 4 litros para tanque de alimentación	2	S/ 31.00	S/ 62.00
Tubería de PVC (desagüe) de 4" y de 3 m de largo	4	S/ 10.00	S/ 40.00
Baldes de plástico graduados de 20 litros, para acopio de estiércol y el llenado del biodigestor	4	S/ 11.70	S/ 46.80
2 reguladores de presión	2	S/ 10.00	S/ 20.00
Codos de HDPE de 45° de 1/2"	4	S/ 3.40	S/ 13.60
Tee de HDPE de 1/2"	4	S/ 6.90	S/ 27.60
Unión mixta sp/rosca de HDPE de 1/2"	4	S/ 6.90	S/ 27.60
Reducción con rosca externa de HDPE de 1 1/2" a 1/2"	4	S/ 11.00	S/ 44.00
2 filtros de sulfuro de hidrógeno	4	S/ 2.00	S/ 20.00
Unión universal con rosca interna de HDPE de 1/2"	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Adaptador HDPE con rosca macho 1 1/2"			
Viruta metálica			
Conducción de biogás			
Tubería de HDPE 1/2" Rollo 50m			
<b>Subtotal N° 1</b>			<b>S/ 4,433.10</b>

- **Presupuesto para la mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>Número de trabajadores</b>	<b>Costo diario por trabajador</b>	<b>Número de días</b>	<b>Costo total</b>
Jornal básico para levantamiento de paredes	2	S/ 50.00	4	S/ 400.00
Jornal de maestro para levantamiento de paredes	1	S/ 80.00	4	S/ 320.00
Jornal básico de maestro para conducción de biogás	1	S/ 100.00	2	S/ 200.00
	Subtotal N° 2			S/ 920.00
	<b>Inversión</b>			<b>S/ 5353.10</b>

- **Carta de autorización de uso de datos de la empresa**

Yo MARTHA ELIZABETH CHAUCA SALVADOR identificada con DNI N° 25717566 en mi calidad de PROPIETARIA del restaurante POLLOS A LA BRASA BETTY con R.U.C N° 10257175664

**OTORGO LA AUTORIZACIÓN**

Al señor JUAN CARLOS VALVERDE CHAUCA identificado con DNI N° 70033782, tesista del ciclo taller de tesis de la unidad de pregrado de la facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía que utilice la siguiente información de la empresa:

- Datos del restaurante (Infraestructura)
- Consumo mensual de combustible (GLP)
- Cantidad de residuos orgánicos generados en nuestra granja de cuyes.

con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis para optar el grado ingeniero en energía.

Con respecto al uso del nombre de la empresa, en mi calidad de representante legal, manifiesto que:

- ( ) Se debe mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa  
(X) Se puede mencionar el nombre de la empresa en la tesis.

Adjuntar a esta carta la siguiente información del representante legal (firmante):

- Vigencia de Poder o Ficha RUC o consulta RUC (*para el caso de empresas privadas*).
- Copia del DNI del Representante Legal (*para validar su firma en el formato*).

  
Firma del Representante Legal  
DNI 25717566

El tesista declara que los datos emitidos en esta carta y en la tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el bachiller será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



---

**Firma del Bachiller**  
**DNI: 70033782**

- **Consulta RUC**

Resultado de la Búsqueda			
Número de RUC:	10257175664 - CHAUCA SALVADOR MARTHA ELIZABETH		
Tipo Contribuyente:	PERSONA NATURAL CON NEGOCIO		
Tipo de Documento:	DNI 25717566 - CHAUCA SALVADOR, MARTHA ELIZABETH		
Nombre Comercial:	POLLOS A LA BRASA BETTY Afecto al Nuevo RUS: SI		
Fecha de Inscripción:	31/05/1993	Fecha de Inicio de Actividades:	16/04/1993
Estado del Contribuyente:	ACTIVO		
Condición del Contribuyente:	HABIDO		
Domicilio Fiscal:	-		
Sistema Emisión de Comprobante:	MANUAL	Actividad Comercio Exterior:	SIN ACTIVIDAD
Sistema Contabilidad:	MANUAL		
Actividad(es) Económica(s):	Principal - 55205 - RESTAURANTES, BARES Y CANTINAS.		
Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):	FACTURA BOLETA DE VENTA		
Sistema de Emisión Electrónica:	-		
Emisor electrónico desde:	-		
Comprobantes Electrónicos:	-		
Afiliado al PLE desde:	-		
Padrones:	NINGUNO		
Fecha consulta: 28/07/2022 1:38			

- **Ficha técnica del biodigestor (CIDELSA)**



Planta de generación eléctrica a biogás SNV - Tarapoto



Energía y fertilizantes



Biodigestor laguna cubierta 4,500 m<sup>3</sup> - Trujillo





Biodigestor Laguna Cubierta  
Huarmey

## DELTABIOGÁS

Desarrollados para el sector agropecuario. Los biodigestores productivos **DeltabioGás®** son contenedores herméticos donde se realiza el tratamiento de residuos de granjas y establos, convirtiéndolos en recursos como la energía renovable (Biogás) y fertilizantes orgánicos (Biol y Biosol). El Biogás se utiliza como combustible para generar energía eléctrica, luminosa y calorífica.

### ¿POR QUÉ UTILIZAR UN BIODIGESTOR?

- **Principalmente por sus ventajas medio ambientales y la salud pública de las granjas**, pues controla muy bien la emisión de malos olores, las moscas y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).
- **Evita la contaminación de las fuentes de agua por las aguas residuales no tratadas**, ya que las aguas de limpieza de los corrales son vertidas dentro del biodigestor para convertirse en fertilizantes líquidos de alta calidad.
- **Mejora la salud de las familias** ya que al cocinar con biogás evita el humo de la leña dentro de la casa, evitando así grandes enfermedades respiratorias y digestivas.
- **El productor agropecuario se apropia de una tecnología sencilla que le produce ingresos extras al transformar residuos orgánicos en energía renovable.** Y la fermentación anaeróbica transforma el estiércol de animales en un fertilizante orgánico de mejor calidad que el estiércol mismo; el Biol, rico en fitohormonas.
- **El biofertilizante que se genera con la biodigestión anaeróbica produce mejoras en las tierras agrícolas** elevando la productividad de las mismas, y genera utilidades extras a quienes tienen Biol disponible para su venta.
- **La inversión en la compra e instalación de un biodigestor, retorna rápidamente** por el ahorro en combustibles derivados del petróleo, y el ahorro en la adquisición de fertilizantes químicos.

### CARACTERÍSTICAS DEL BIODIGESTOR

- Fabricados en geomembrana de PVC / PVC Reforzado de fabricación específica para biodigestores.
- Con alta protección UV.
- Fabricados en diferentes volúmenes, según las necesidades de cada establecimiento ganadero o avícola.
- Es posible instalarlos tanto en climas calurosos, templados o fríos (4,000 msnm).

## ACCESORIOS

### ■ SEPARADOR DE SÓLIDOS

Separadores de sólidos para granjas y establos. Extrusores y de cascada fabricadas de acero inoxidable.



### ■ BOMBAS DE BIOGÁS ELECTRICA Y SOLARES

Para levantar la presión y flujo de Biogás con capacidad de bombeo desde 1,5 m<sup>3</sup>/hr, 240 mbar de presión de salida, 20W, 220 V. Consulte otras potencias



### ■ TERMA DE AGUA CALIENTE

Ideal para uso en pequeño establo. Con rendimiento de 7L/min, presión de agua para encendido: 10PSI y 16 mbar de presión de biogás requerido.



### ■ GENERADOR A BIOGÁS DE 5Kw - 500Kw

Sistema de control automático.



### ■ ANTORCHA A BIOGÁS

Fabricadas en acero inoxidable, encendido automático y sistema de seguridad.



### ■ CRIADORA INFRAROJA

Esta es una criadora para calefacción de terneros, cerdos o aves, que utiliza biogás como combustible y tiene alta eficiencia de combustión. Está fabricada de acero inoxidable para larga duración. Es ideal para reemplazar criadoras eléctricas, dado que es de fácil mantenimiento sin partes que se dañen con frecuencia.



### ■ COCINAS

Utiliza el biogás para cocinar, es una cocina adaptada. Con su uso se elimina totalmente el humo dentro de las viviendas evitando el empleo de leña o la tala indiscriminada de los árboles.

Dispositivo de Seguridad: Termocupla y válvula soleinoide (Dispositivos de seguridad que detienen el paso del biogás en caso que la criadora se apague).

 Busca nuestro video como "Biodigestor Cidelsa"



## MODELOS DE BIODIGESTORES

### ■ MODELO LAGUNA CUBIERTA

Desarrollado para la industria agropecuaria. Son biodigestores de gran volumen, donde se realiza la digestión anaeróbica de todos los residuos orgánicos de una granja o establo y de sus purines, convirtiéndolos en energía renovable y en abono orgánico. Es utilizado en medianas y grandes instalaciones pecuarias. Su instalación permite tratar aguas residuales agropecuarias. El Biogás que produce diariamente es un combustible que reemplaza al diesel, gasolina y al GLP.

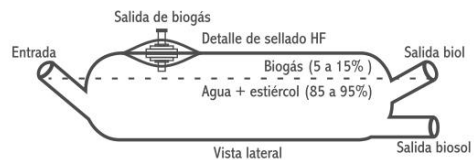


### ■ MODELO TUBULAR PRE FABRICADO

Modelo desarrollado para pequeñas unidades rurales. Este biodigestor es pre-fabricado en nuestra planta que cuenta con una tecnología de punta, utilizamos geomembranas de PVC y el sellado se realiza por alta frecuencia (HF), el cual es controlado por nuestro departamento de Aseguramiento de la Calidad. Los biodigestores los entregamos listos para instalar, es hermético y tiene tapas en ambos extremos donde se instalan tuberías, una para la carga, una para salida de Biol y otra para purga o salida de los sólidos que sedimentan, evitando que se colmate el biodigestor.



DIAGRAMA DEL BIODIGESTOR MODELO TUBULAR PRE - FABRICADO



## ALGUNAS EXPERIENCIAS EXITOSAS DESARROLLADAS EN EL PAÍS



Biodigestor tubular - Tocache, San Martín.



Gasómetro almohada, Proyecto IICA - Matucana.



Proyecto Telefónica - Pachacamac.



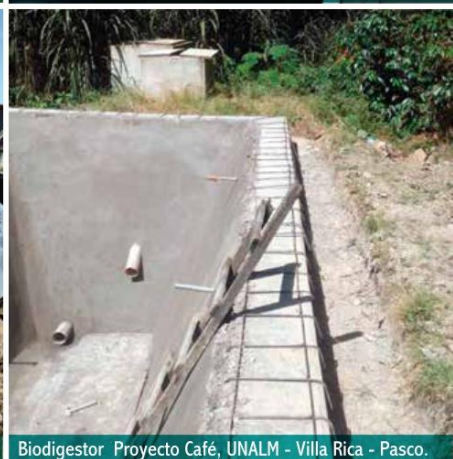
Biodigestor tubular dos salidas, Proyecto PRONAMACHCS - Apurímac.



Biodigestor tubular, Proyecto UDEP - Piura.



Biodigestor andino de 30m<sup>3</sup> - Proyecto Care, Puno.



Biodigestor Proyecto Café, UNALM - Villa Rica - Pasco.

**BRINDAMOS CURSOS DE CAPACITACIÓN SOBRE BIODIGESTORES A INSTITUCIONES Y ORGANIZACIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS**



   YouTube

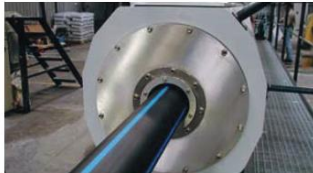
[www.cidelsa.com](http://www.cidelsa.com)



Perú  
Av. Pedro Miota N° 910  
San Juan de Miraflores, Lima, Perú  
T: +511 617.8787

E-mail: [info@cidelsa.com](mailto:info@cidelsa.com)

- Ficha técnica de tuberías y accesorios de HDPE (TIGRE)



**TIGRE**  
TUBOS Y CONEXIONES



## Un futuro mejor, es nuestra inspiración

### SUSTENTABILIDAD

Tigre es mucho más que acciones para la comunidad y la preservación del medio ambiente. La sustitución del hierro y acero de las tuberías hidráulicas por PVC, hace casi 70 años, más que un marco para la construcción civil, fue un avance para la sustentabilidad del planeta.

El oficio de Tigre, con soluciones que conducen de forma eficiente el agua y el desagüe, que pretenden la universalización sanitaria y la reducción del déficit habitacional, es una actividad sostenible por esencia.

Todas sus fábricas en Brasil tienen certificación ISO 14001. La ecoeficiencia se destaca en proyectos de uso racional de energía, constante renovación tecnológica y aprovechamiento de la luz natural.

Referente entre las mejores empresas para trabajar en Brasil, Tigre se caracteriza por su política de valorización de las personas, enfocada en el bienestar, salud y seguridad de los colaboradores.

Las constantes inversiones en programas de capacitación refuerzan el compromiso de Tigre con el desarrollo profesional de la cadena de construcción civil y al mismo tiempo proporcionan la oportunidad de inserción en el mercado de trabajo.

### INNOVACIÓN

La innovación está en la esencia de Tigre desde sus orígenes, en 1941. Y se encuentra como uno de los pilares del desarrollo presente en todos los ambientes de la organización. En Tigre el proceso de innovación no comienza sólo con el surgimiento de una nueva idea, sino, también, con la identificación de una oportunidad y con la definición de lo que podrá ofrecerse al mercado como la mejor solución.

La visión innovadora de Tigre amplió sus negocios, llevó al grupo a adquirir proyección internacional y se convirtió en referencia en el mercado de la construcción civil.

En su condición de líder de mercado, Tigre busca a través de la proximidad y relación con los profesionales de la construcción, entender y anticiparse a las necesidades del consumidor, desarrollando soluciones innovadoras que contribuyan a perfeccionar los procesos constructivos y mejorar el lugar donde las personas viven.



PERÚ



**TIGRE** la empresa líder brasileña con más de 70 años de experiencia en producción de tuberías y conexiones de la más alta calidad, AHORA EN PERÚ.

Contamos con 21 unidades fabriles: 9 en Brasil, 12 en el exterior y exportamos a más de 30 países alrededor del mundo.

### Cartera de Productos

#### **TIGRE** sinónimo de CALIDAD, INNOVACIÓN y TECNOLOGÍA.

Cada una de nuestras líneas de productos están inspiradas en la necesidad del constructor y han sido creadas para ofrecer soluciones originales y funcionales. Nuestro compromiso es entregarle la mejor y más alta calidad en cada producto que lleva la marca TIGRE.

Línea Termofusión



Línea Polietileno



Línea Eléctrica



Línea Polipropileno



Línea Desague y Junta Elástica



## ÍNDICE

Polietileno de Alta Densidad	05
Introducción	05
Características del Polietileno de Alta Densidad	05
Usos de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) TIGRE	06
Proyectos desarrollados por TIGRE	06
Características y propiedades del Polietileno de Alta Densidad	08
Resistencia a los Productos Químicos	08
Tabla de Resistencia Química	09
Tubos PEAD bajo la norma ISO 4427, PE100	10
Tubos HDPE bajo la norma ISO 4427, PE100	11
Tubos PEAD bajo la norma ISO 4427, PE80	12
Tubos HDPE bajo la norma ISO 4427, PE80	13
Tubos PEAD bajo la norma ISO 8772, PE80	14
Tubos PEAD bajo la norma ISO 8772, PE100	15
Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE-4710	16
Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE-4710	17
Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE4608	18 - 19
Tipos de Uniones Termofusión	20
Tipos de Uniones Electrofundición	21
Tipos de Uniones Juntas de Compresión	22
TIGRE en el mundo	23

## LÍNEA POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

### Introducción

TIGRE se complace en presentar su línea de tubos de Polietileno de Alta Densidad (HDPE por sus siglas en inglés), ofreciendo a los usuarios la oportunidad de emplear ventajosamente las características de este material.

Los tubos de HDPE de TIGRE ofrecen alternativas de solución a problemas tradicionales, minimizando costos de mantenimiento e instalación en una gran gama de aplicaciones, en las cuales las condiciones de operación están comprendidas en el rango de presiones y temperaturas para las cuales está diseñado el material.

Las propiedades y aplicaciones de los tubos de HDPE de TIGRE son ventajosas en conducción de residuos industriales y químicos, en plantas mineras, emisores de aguas servidas que descargan al mar, transporte de gas y petróleo, protección de cables eléctricos y telefónicos, para riego tecnificado y conducción de agua potable, entre otros.

Contamos además con un Departamento de Control de Calidad y Laboratorios encargado de inspeccionar cada una de las etapas de nuestro proceso productivo, basándose en normas técnicas nacionales e internacionales vigentes y que, unido a un estricto Control de Calidad, logramos ofrecer la garantía que todo usuario requiere.

### Características del Polietileno de Alta Densidad

**Atoxicidad:** Ha sido probado el uso de tubos de HDPE en el transporte de agua potable por todas las normativas internacionales. Dicho material responde a todas las prescripciones higiénicas relacionadas a los acueductos como también a las normativas relacionadas a los materiales que vienen en contacto con alimentos, todo está favorecido por la completa ausencia de sabor y olor del material mismo.

**Resistencia a la abrasión:** Mientras que en condiciones normales de uso, los tubos de cemento han logrado resultados aceptables en el campo industrial, los tubos de plástico han sustituido ventajosamente a los tubos de cemento y acero que estaban expuestos a una fuerte erosión; pruebas comparativas han demostrado que existe una marcada diferencia de erosión.

**Propiedades eléctricas:** El Polietileno es un óptimo aislante por su estructura no polar, característica notable utilizada en diferentes aplicaciones. Además, la elevada resistividad del volumen superficial hace que el material no sufra en lo mínimo por las corrientes parásitas.

**Resistencia a los sismos:** Se ha podido establecer, después de analizar los efectos de terremotos ocurridos en varias partes del mundo, que el tubo de HDPE, aprovechando su propiedad de mayor elasticidad en comparación a los materiales tradicionales como fierro fundido, acero, fibra resina, etc., resulta menos vulnerable para la realización de distribución, agua potable, gaseoductos, alcantarillados civiles e industriales, en zonas clasificadas como sísmicas.



### Usos de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) TIGRE:

Las tuberías de Polietileno de Alta Densidad TIGRE pueden ser usadas de forma ventajosa en:

- Conducción de residuos industriales y químicos.
- Plantas mineras.
- Emisores de aguas servidas que descargan al mar.
- Transporte de gas y petróleo.
- Protección de cables eléctricos y telefónicos.
- Para riego tecnificado.
- Conducción de agua potable.

### PROYECTOS DESARROLLADOS POR TIGRE

Obra Pasto Grande Moquegua, captación de agua potable, 4428 metros, se emplearon tubos de 900 mm.



Obra Primavera, línea de alcantarillado tubos 900 mm.



Obra Sedapal, conducción de agua potable (únicos en el Perú en fabricación de tubos 1200 mm).





### Características y propiedades del Poliétileno de Alta Densidad

PROPIEDAD	UNIDAD	PE - 80	PE - 100
Densidad	Gr. / Cm <sup>3</sup>	0.948-0.956	0.957-0.961
Índice de Fluidez (MFR) 190°C/ 5 Kg	Gr. / 10 min	0.5	0.40
Contenido Negro de Humo	%	2.0-2.5	2.0-2.5
Resistencia a la Tracción	MPa	20-23	23-25
Resistencia a la Flexión	MPa	18	23.00
Módulo Tensil	MPa	1000	900.00
Tensión de Diseño ( $\sigma$ )	MPa	6.3	8.00
Mínimo Esfuerzo Requerido (MRS)	MPa	>8	>10
Alargamiento de Rotura	%	>600	>600
Coficiente de dilatación lineal	mm/m°C	0.17-0.20	0.20
Temperatura de fragilidad	°C	<-70	<-70
Dureza Shore a 20°C	Escala D	61	61

### Resistencia a los Productos Químicos

La resistencia del Poliétileno de Alta Densidad a las sustancias químicas ha sido evaluada en diferentes trabajos con éxito total. La resistencia ha sido evaluada en función del comportamiento de una probeta de HDPE sumergida en el fluido en mención a 20°C y 60°C.

La evaluación final está esquematizada de la siguiente manera según la tabla:

LEYENDA	EVALUACIÓN	HINCHAMIENTO	PÉRDIDA DE CARGA	ALARGAMIENTO A LA ROTURA
S	SATISFACTORIO	< 3%	< 0.5%	INVARIABLE
L	LIMITADO	3 – 8 %	0.5 – 5 %	DISMINUCIÓN<50%
NS	NO SATISFACTORIO	> 8%	> 5%	DISMINUCIÓN>50%

## Tabla de Resistencia Química

SUSTANCIA QUÍMICA	HDPE	
	20°C	60°C
ACETATO DE AMILO	S	S
ACETATO DE BUTILO	S	L
ACETONA	S	S
ÁCIDOS AROMÁTICOS	S	S
ÁCIDOS GRASOS	S	L
ÁCIDO CARBÓNICO	S	S
ÁCIDO CÍTRICO	S	S
ÁCIDO CLORHÍDRICO	S	S
ÁCIDO CRÓMICO	S	NS
ÁCIDO FÓRMICO	S	S
ÁCIDO GLICÓLICO	S	S
ÁCIDO LÁCTICO	S	S
ÁCIDO MALEICO	S	S
ÁCIDO MONOCLORACÉTICO	S	S
ÁCIDO NÍTRICO (25%)	S	S
ÁCIDO NÍTRICO (50-70%)	L	NS
ÁCIDO OXÁLICO	S	S
ÁCIDO SÍLICO	S	S
ÁCIDO SULFHÍDRICO	S	S
ÁCIDO SULFOCRÓMICO	NS	NS
ÁCIDO SULFUROSO	S	S
ÁCIDO ESTEÁRICO	S	L
ÁCIDO TARTÁRICO	S	S
ÁCIDO TRICOLORACÉTICO 50%	S	S
ÁCIDO TRICOLORACÉTICO 100%	S	NS
AGUA DE MAR	S	S
AGUA OXIGENADA 30%	S	S
AGUA OXIGENADA 100%	S	NS
AGUA REGIA	NS	NS
ALCANFOR	S	L
ALCOHOL ALÍLICO	S	S
ALCOHOL BENZÍLICO	S	S
ALCOHOL BUTÍLICO	S	S
ALCOHOL ETÍLICO	S	S
ALCOHOL ISOPROPÍLICO	S	S
ALDEHÍDO ACÉTICO	S	L
ALUMBRE	S	S
AMONIACO	S	S
ANHÍDRIDO ACÉTICO	S	L
ANHÍDRIDO SULFÚRICO	L	L
ANHÍDRIDO SULFUROSO	S	S

SUSTANCIA QUÍMICA	HDPE	
	20°C	60°C
BENCINA	S	L
BENZALDEHIDO	S	S
BENZOATO DE SODIO	S	S
BROMO	NS	NS
CARBONATO DE SODIO	S	S
CETONA	S	S
CICLOHEXANO	S	S
CLOROFORMO	NS	NS
CLORO (LÍQUIDO Y GASEOSO)	NS	NS
CLORURO DE ALUMINIO	S	S
CLORURO DE AMONIO	S	S
CLORURO DE CALCIO	S	S
CLORURO DE MAGNESIO	S	S
DETERGENTES	S	S
DICLOROETANO	L	L
DICLOROETILENO	NS	NS
ÉSTER ALIFÁTICO	S	L
ÉTER	L	L
ÉTER DIETÍLICO	L	L
ÉTER DE PETRÓLEO	S	L
FENOL	S	S
FLÚOR	NS	NS
FORMALDEHÍDO 40%	S	S
FOSFATOS	S	S
GLICERINA	S	S
GLICOL	S	S
HIPOCLORITO DE CALCIO	S	S
HIPOCLORITO DE SODIO	S	S
JARABES	S	S
LEJÍA	S	NS
LEVADURA	S	S
MERCURIO	S	S
METANOL	S	S
NAFTALINA	S	L
NITRATO DE PLATA	S	S
NITRATO DE SODIO	S	S
OZONO	L	NS
PETRÓLEO	S	L
SAL DE COBRE	S	S
SILICATO DE SODIO	S	S
TETRACLORURO DE CARBONO	NS	NS

### Tubos PEAD bajo la norma ISO 4427, PE100

PE 100	SDR 7.4		SDR 9		SDR 11		SDR 13.6		SDR 17	
	PN 25		PN 20		PN 16		PN 12.5		PN 10	
Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
16	2.30	0.10	2.00	0.09	-	-	-	-	-	-
20	3.00	0.16	2.30	0.13	2.00	0.12	-	-	-	-
25	3.50	0.24	3.00	0.21	2.30	0.17	2.00	0.15	-	-
32	4.40	0.39	3.60	0.33	3.00	0.28	2.40	0.23	2.00	0.20
40	5.50	0.61	4.50	0.51	3.70	0.43	3.00	0.36	2.40	0.30
50	6.90	0.94	5.60	0.79	4.60	0.67	3.70	0.55	3.00	0.45
63	8.60	1.48	7.10	1.27	5.80	1.056	4.70	0.88	3.80	0.72
75	10.30	2.11	8.40	1.78	6.80	1.48	5.60	1.24	4.50	1.02
90	12.30	3.03	10.10	2.56	8.20	2.14	6.70	1.78	5.40	1.46
110	15.10	4.53	12.30	3.81	10.00	3.17	8.10	2.63	6.60	2.18
125	17.10	5.83	14.00	4.93	11.40	4.11	9.20	3.39	7.40	2.78
140	19.20	7.31	15.70	6.17	12.70	5.12	10.30	4.25	8.30	3.49
160	21.90	9.52	17.90	8.04	14.60	6.73	11.80	5.55	9.50	4.55
180	24.60	12.06	20.10	10.17	16.40	8.50	13.30	7.04	10.70	5.76
200	27.40	14.91	22.40	12.57	18.20	10.48	14.70	8.64	11.90	7.10
225	30.80	18.85	25.20	15.91	20.50	13.27	16.60	10.97	13.40	9.01
250	34.20	23.27	27.90	19.56	22.70	16.32	18.40	13.51	14.80	11.04
280	38.30	29.18	31.30	24.58	25.40	20.46	20.60	16.93	16.60	13.87
315	43.10	36.93	35.20	31.10	28.60	25.90	23.20	21.45	18.70	17.57
355	48.50	46.83	39.70	39.50	32.20	32.87	26.10	27.20	21.10	22.36
400	54.70	59.48	44.70	52.10	36.30	41.73	29.40	34.49	23.70	28.25
450	61.50	75.24	50.30	63.44	40.90	52.85	33.10	43.69	26.70	35.80
500	-	-	55.80	78.17	45.40	65.21	36.80	53.90	29.70	44.23
560	-	-	62.50	98.08	50.80	81.69	41.20	67.63	33.20	55.41
630	-	-	70.30	124.11	57.20	103.51	46.30	85.48	37.40	70.18
710	-	-	79.30	158.00	64.50	131.70	52.20	108.77	42.10	89.18
800	-	-	89.30	200.47	72.60	167.01	58.80	137.97	47.40	113.09
900	-	-	-	-	81.70	211.41	66.20	174.79	53.30	143.05
1000	-	-	-	-	90.20	259.55	72.50	212.89	59.30	176.80
1200	-	-	-	-	-	-	88.20	310.44	67.90	243.52

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

### Tubos HDPE bajo la norma ISO 4427, PE100

PE 100	SDR 21		SDR 26		SDR 33		SDR 41	
	PN 8		PN 6		PN 5		PN 4	
Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / mt)	Espesor (mm)	Peso (Kg / mt)
16	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2.00	0.25	-	-	-	-	-	-
50	2.40	0.37	2.00	0.31	-	-	-	-
63	3.00	0.58	2.50	0.49	-	-	-	-
75	3.60	0.83	2.90	0.67	-	-	-	-
90	4.30	1.19	3.50	0.98	-	-	-	-
110	5.30	1.78	4.20	1.43	-	-	-	-
125	6.00	2.28	4.80	1.85	-	-	-	-
140	6.70	2.85	5.40	2.33	-	-	-	-
160	7.70	3.74	6.20	3.06	-	-	-	-
180	8.60	4.70	6.90	3.81	-	-	-	-
200	9.60	5.82	7.70	4.72	-	-	-	-
225	10.80	7.350	8.60	5.93	-	-	-	-
250	11.90	9.00	9.60	7.35	-	-	-	-
280	13.40	11.36	10.70	9.17	-	-	-	-
315	15.00	14.27	12.10	11.68	9.70	9.43	7.70	7.55
355	16.90	18.12	13.60	14.76	10.90	11.93	8.70	9.61
400	19.10	23.11	15.30	18.72	12.30	15.19	9.80	12.18
450	21.50	29.22	17.20	23.66	13.80	19.13	11.00	15.35
500	23.90	36.06	19.10	29.19	15.30	23.59	12.30	19.11
560	26.70	45.13	21.40	36.59	17.20	29.69	13.70	23.80
630	30.00	57.01	24.10	46.36	19.30	37.46	15.40	30.11
710	33.90	72.70	27.20	59.03	21.80	47.68	17.40	38.38
800	38.10	92.15	30.60	74.76	24.50	60.40	19.60	48.66
900	42.90	116.59	34.40	94.93	27.60	76.50	22.00	61.38
1000	47.70	144.04	38.20	116.67	30.60	93.80	24.50	76.00
1200	57.20	207.33	45.90	168.04	36.70	135.55	29.40	109.40

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

### Tubos PEAD bajo la norma ISO 4427, PE80

PE 80	SDR 6		SDR 7.4		SDR 9		SDR 11		SDR 13.6	
	PN 25		PN 20		PN 16		PN 12.5		PN 10	
Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
16	3.00	0.12	2.30	0.10	2.00	0.09	-	-	-	-
20	3.40	0.18	3.00	0.16	2.30	0.13	2.00	0.12	-	-
25	4.20	0.28	3.50	0.24	3.00	0.21	2.30	0.17	2.00	0.15
32	5.40	0.46	4.40	0.39	3.60	0.33	3.00	0.28	2.40	0.23
40	6.70	0.70	5.50	0.60	4.50	0.51	3.70	0.43	3.00	0.36
50	8.30	1.09	6.90	0.94	5.60	0.79	4.60	0.66	3.70	0.55
63	10.50	1.73	8.60	1.47	7.10	1.26	5.80	1.05	4.70	0.87
75	12.50	2.45	10.30	2.10	8.40	1.77	6.80	1.46	5.60	1.23
90	15.00	3.53	12.30	3.01	10.10	2.55	8.20	2.12	6.70	1.77
110	18.30	5.26	15.10	4.50	12.30	3.79	10.00	3.15	8.10	2.62
125	20.80	6.78	17.10	5.80	14.00	4.90	11.40	4.09	9.20	3.37
140	23.30	8.51	19.20	7.28	15.70	6.13	12.70	5.09	10.30	4.22
160	26.60	11.10	21.90	9.48	17.90	7.99	14.60	6.68	11.80	5.51
180	29.90	14.03	24.60	11.98	20.10	10.10	16.40	8.45	13.30	7.00
200	33.20	17.32	27.40	14.82	22.40	12.49	18.20	10.42	14.70	8.58
225	37.40	21.93	30.80	18.73	25.20	15.81	20.50	13.19	16.60	10.90
250	41.50	27.04	34.20	23.12	27.90	19.44	22.70	16.22	18.40	13.42
280	46.50	33.92	38.30	28.99	31.30	24.43	25.40	20.33	20.60	16.82
315	52.30	42.93	43.10	36.70	35.20	30.91	28.60	25.73	23.20	21.32
355	59.00	54.54	48.50	46.54	39.70	39.25	32.20	32.67	26.10	27.03
400	-	-	54.70	64.61	44.70	49.79	36.30	41.47	29.40	34.27
450	-	-	61.50	81.73	50.30	66.04	40.90	52.52	33.10	43.41
500	-	-	-	-	55.80	77.68	45.40	64.80	36.8	53.57
560	-	-	-	-	62.50	97.46	50.80	81.18	41.20	67.21
630	-	-	-	-	70.30	123.33	57.20	102.86	46.3	84.95
710	-	-	-	-	79.30	157.01	64.50	130.87	52.20	108.09
800	-	-	-	-	89.30	199.22	72.60	165.97	58.8	137.11
900	-	-	-	-	-	-	81.70	210.08	66.20	173.70
1000	-	-	-	-	-	-	90.20	257.93	72.5	211.56
1200	-	-	-	-	-	-	-	-	88.20	308.49

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

## Tubos HDPE bajo la norma ISO 4427, PE80

PE 80	SDR 17		SDR 21		SDR 26		SDR 33		SDR 41	
	PN 8		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3.2	
Díámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	2	0.19	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2.4	0.29	2.00	0.25	-	-	-	-	-	-
50	3	0.45	2.40	0.37	2.00	0.31	-	-	-	-
63	3.8	0.72	3.00	0.58	2.50	0.49	-	-	-	-
75	4.5	1.01	3.60	0.82	2.90	0.67	-	-	-	-
90	5.4	1.46	4.30	1.18	3.50	0.97	-	-	-	-
110	6.6	2.16	5.30	1.77	4.20	1.43	-	-	-	-
125	7.4	2.76	6.00	2.26	4.80	1.84	-	-	-	-
140	8.3	3.47	6.70	2.83	5.40	2.32	-	-	-	-
160	9.5	4.52	7.70	3.71	6.20	3.04	-	-	-	-
180	10.7	5.72	8.60	4.67	6.90	3.78	-	-	-	-
200	11.9	7.06	9.60	5.78	7.70	4.69	-	-	-	-
225	13.4	8.95	10.80	7.31	8.60	5.90	-	-	-	-
250	14.8	10.97	11.90	8.94	9.60	7.30	-	-	-	-
280	16.6	13.78	13.40	11.29	10.70	9.11	-	-	-	-
315	18.7	17.46	15.00	14.18	12.10	11.61	9.70	9.37	7.700	7.50
355	21.2	22.22	16.90	18.01	13.60	14.67	10.90	11.85	8.700	9.55
400	23.7	28.08	19.10	22.96	15.30	18.60	12.30	15.09	9.800	12.10
450	26.7	35.57	21.50	29.04	17.20	23.52	13.80	19.01	11.00	15.26
500	29.7	43.95	23.90	35.83	19.10	29.01	15.30	23.44	12.30	18.99
560	33.2	55.06	26.70	44.85	21.40	36.36	17.20	29.51	13.70	23.65
630	37.4	69.74	30.00	56.65	24.10	46.07	19.30	37.22	15.40	29.92
710	42.1	88.63	33.90	72.24	27.20	58.66	21.80	47.38	17.40	38.14
800	47.4	112.38	38.10	91.57	30.60	74.29	24.50	60.02	19.60	48.36
900	53.3	142.15	42.90	115.86	34.40	94.33	27.60	76.02	22.00	60.99
1000	59.3	175.69	47.70	143.14	38.20	115.94	30.60	93.22	24.50	75.519
1200	67.9	242.00	57.20	206.03	45.90	166.98	36.70	134.70	29.40	108.71

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.



### Tubos PEAD bajo la norma ISO 8772, PE80

PE 80	SN 2		SN4		SN8	
	SDR 33		SDR 26		SDR 21	
Díámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
110			4.20	1.44	5.30	1.79
125			4.80	1.86	6.00	2.30
160	4.90	2.44	6.20	3.06	7.70	3.74
200	6.20	3.86	7.70	4.73	9.60	5.82
250	7.70	5.71	9.60	7.35	11.90	8.99
315	9.70	9.43	12.10	11.67	15.00	14.29
355	10.90	11.92	13.60	14.74	16.90	18.52
400	12.30	15.17	15.30	18.68	19.10	23.54
450	13.80	19.10	17.20	24.11	21.50	29.70
600	15.30	25.97	19.10	32.83	23.90	40.40
630	19.30	38.25	21.10	44.66	30.00	58.10
800	24.50	61.48	30.60	76.06	38.10	93.73
1000	30.60	95.88	38.20	118.98	47.70	146.52
1200	36.70	137.90	45.90	170.96	57.20	210.73

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

### Tubos PEAD bajo la norma ISO 8772, PE100

PE 100	SN 2		SN4		SN8	
	SDR33		SDR26		SDR21	
Díámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
110			4.20	1.45	5.30	1.80
125			4.80	1.87	6.00	2.31
160	4.90	2.46	6.20	3.09	7.70	3.77
200	6.20	3.89	7.70	4.76	9.60	5.86
250	7.70	6.00	9.60	7.40	11.90	9.05
315	9.70	9.49	12.10	11.74	15.00	14.38
355	10.90	12.00	13.60	14.83	16.90	18.63
400	12.30	15.27	15.30	18.80	19.10	23.69
450	13.80	19.22	17.20	24.27	21.50	29.88
600	15.30	23.70	19.10	29.93	23.90	36.79
630	19.30	38.49	24.10	47.57	30.00	58.47
800	24.50	61.87	30.60	76.54	38.10	94.32
1000	30.60	96.49	38.20	119.73	47.70	147.44
1200	36.70	138.77	45.90	172.04	57.20	212.05

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

### Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE-4710

PE 4710	SDR 7		SDR 9		SDR 9.3		SDR 11		SDR 13.5		SDR 15.5	
	327 PSI (PN23)		242 PSI (PN17)		236 PSI (PN16.6)		199 PSI (PN14)		157 PSI (PN11)		142 PSI (PN10)	
Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
1/2"	3.05	0.18	2.36	0.15	2.29	0.15	1.93	0.13	1.57	0.11	1.57	0.11
3/4"	3.81	0.28	2.97	0.23	2.87	0.22	2.41	0.19	1.98	0.17	1.73	0.15
1"	4.78	0.43	3.71	0.35	3.58	0.34	3.05	0.30	2.46	0.25	2.13	0.22
1 1/4"	6.02	0.69	4.67	0.56	4.52	0.54	3.84	0.471	3.12	0.40	2.72	0.35
1 1/2"	6.88	0.90	5.36	0.73	5.18	0.71	4.39	0.61	3.58	0.52	3.12	0.46
2"	8.61	1.41	6.71	1.14	6.48	1.11	5.49	0.96	4.47	0.79	3.89	0.70
3"	12.7	3.06	9.88	2.48	9.55	2.40	8.08	2.07	6.58	1.72	5.74	1.52
4"	16.33	5.06	12.7	4.09	12.29	3.98	10.39	3.43	8.46	2.85	7.37	2.51
5"	20.19	7.73	15.7	6.25	15.19	6.08	12.85	5.24	10.46	4.35	9.12	3.83
6"	24.03	10.96	18.69	8.861	18.08	8.61	15.29	5.39	12.47	6.18	10.85	5.43
8"	31.29	19.03	24.33	15.02	23.55	14.60	19.91	9.15	16.23	10.47	14.12	9.20
10"	39.01	28.86	30.33	23.33	29.36	22.68	24.82	14.20	20.22	16.25	17.63	14.32
12"	46.25	40.59	35.99	32.83	34.82	31.90	29.44	19.98	23.98	22.84	20.90	20.13
14"	50.8	49.04	39.52	39.66	38.23	38.53	32.33	24.15	26.34	27.60	22.94	24.30
16"	58.06	64.04	45.16	51.78	43.69	50.31	36.96	31.55	30.10	36.05	26.21	31.74
18"	65.3	81.05	50.8	65.54	49.15	63.68	41.55	39.88	33.86	45.62	29.49	40.17
20"	72.57	100.07	56.44	80.91	54.64	78.65	46.18	49.26	37.62	56.32	32.77	49.60
22"	79.83	121.08	62.08	97.88	60.1	95.17	50.8	59.61	41.40	68.18	36.04	60.00
24"	87.1	144.11	67.74	116.52	65.56	113.96	55.42	70.94	45.16	81.12	39.32	71.41
26"	-	-	-	-	71.02	126.30	60.05	108.77	42.60	79.40	42.60	79.40
28"	-	-	-	-	76.48	146.47	64.64	126.10	45.87	92.07	45.87	92.07
30"	-	-	-	-	81.94	168.12	69.27	144.77	49.15	105.70	49.15	105.70
32"	-	-	-	-	-	-	73.89	164.73	52.45	120.32	52.45	120.32
34"	-	-	-	-	-	-	78.51	185.97	55.73	135.83	55.73	135.83
36"	-	-	-	-	-	-	83.13	208.49	59.00	152.26	59.00	152.26
42"	-	-	-	-	-	-	-	-	68.83	207.23	68.83	207.23
48"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.66	-

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

### Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE-4710

PE 4710 Diámetro Nominal (mm)	SDR 17		SDR 21		SDR 26		SDR 32.5		SDR 41	
	128 PSI (PN9)		100 PSI (PN7)		85 PSI (PN6)		57 PSI (PN4)		43 PSI (PN3)	
	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espeso (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
1/2"	1.57	0.08	1.57	0.11	1.57	0.11	1.57	0.11	-	-
3/4"	1.57	0.10	1.57	0.14	1.57	0.14	1.57	0.14	-	-
1"	1.96	0.16	1.60	0.14	1.57	0.17	1.57	0.17	-	-
1 1/4"	2.49	0.24	2.01	0.21	1.63	0.23	1.57	0.22	-	-
1 1/2"	2.84	0.31	2.29	0.26	1.85	0.30	1.57	0.26	-	-
2"	3.56	0.47	2.87	0.40	2.31	0.45	1.85	0.37	-	-
3"	5.23	1.00	4.24	0.82	3.43	0.95	2.74	0.78	2.16	0.57
4"	6.73	1.66	5.44	1.35	4.39	1.54	3.51	1.25	2.79	0.94
5"	8.31	2.52	6.73	2.06	5.44	2.36	4.34	1.9	3.45	1.43
6"	9.91	3.59	8.00	2.92	6.48	3.34	5.18	2.69	4.11	2.03
8"	12.88	6.07	10.44	4.96	8.43	5.66	6.73	4.55	5.33	3.43
10"	16.05	9.43	13.00	7.69	10.49	8.78	8.41	7.1	6.65	5.34
12"	19.05	13.27	15.42	10.83	12.45	12.35	9.96	9.96	7.87	7.49
14"	20.93	16.03	16.94	13.08	13.67	14.92	10.95	12.05	8.66	9.06
16"	23.9	20.92	19.35	17.08	15.62	19.48	12.5	15.71	9.91	11.85
18"	26.9	26.49	21.77	21.629	17.58	24.66	14.07	19.89	11.15	15.00
20"	29.87	32.68	24.18	26.68	19.53	30.43	15.62	24.55	12.40	18.54
22"	32.87	39.55	26.62	32.32	21.49	36.84	16.94	29.32	13.64	22.43
24"	35.86	47.06	29.03	50.85	23.44	43.84	18.75	35.37	14.86	26.66
26"	38.84	72.83	31.45	59.67	25.40	48.66	20.32	39.24	16.10	31.29
28"	41.83	84.47	33.86	69.19	27.36	56.43	21.89	45.53	17.35	36.32
30"	44.83	96.99	36.30	79.47	29.31	64.78	23.44	52.23	18.59	41.69
32"	47.8	110.32	38.71	90.40	31.27	73.72	25.02	59.46	19.81	47.39
34"	50.8	124.57	41.12	102.03	33.22	83.23	26.57	67.09	21.06	53.53
36"	53.8	139.68	43.54	114.39	35.18	93.31	28.14	75.24	22.30	60.01
42"	62.76	190.10	50.80	155.70	41.02	126.94	32.82	102.36	26.01	81.66
48"	71.73	-	58.06	-	46.89	-	37.52	-	29.74	-

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

### Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE4608

PE 4608	SDR 7		SDR 9		SDR 9.3		SDR 11		SDR 13.5		SDR 15.5	
	270 PSI (PN19)	199 PSI (PN14)	192 PSI (PN13.5)	157 PSI (PN11)	128 PSI (PN9)	114 PSI (PN8)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)
1/2"	3.05	0.18	2.36	0.15	2.29	0.14			1.57	0.11	1.57	0.11
3/4"	3.81	0.28	2.97	0.23	2.87	0.22	2.41	0.19	1.98	0.16	1.73	0.15
1"	4.78	0.43	3.71	0.35	3.58	0.34	3.05	0.30	2.46	0.25	2.13	0.22
1 1/4"	6.02	0.68	4.67	0.55	4.52	0.54	3.84	0.47	3.12	0.39	2.72	0.35
1 1/2"	6.88	0.90	5.36	0.73	5.18	0.70	4.39	0.61	3.58	0.51	3.12	0.45
2"	8.61	1.40	6.71	1.13	6.48	1.10	5.49	0.95	4.47	0.79	3.89	0.70
3"	12.70	3.04	9.88	2.46	9.55	2.39	8.08	2.06	6.58	1.71	5.74	1.51
4"	16.33	5.03	12.70	4.06	12.29	3.95	10.39	3.40	8.46	2.83	7.37	2.49
5"	20.19	7.68	15.70	6.21	15.19	6.04	12.85	5.21	10.46	4.32	9.12	3.81
6"	24.03	10.89	18.69	8.80	18.08	8.55	15.29	5.36	12.47	6.14	10.85	5.40
8"	31.29	18.91	24.33	14.92	23.55	14.5	19.91	9.09	16.23	10.40	14.12	9.15
10"	39.01	28.67	30.33	23.18	29.36	22.54	24.82	14.11	20.22	16.15	17.63	14.23
12"	46.25	40.33	35.99	32.62	34.82	31.70	29.44	19.86	23.98	22.70	20.90	20.00
14"	50.80	48.73	39.52	39.41	38.23	38.29	32.33	23.99	26.34	27.42	22.94	24.15
16"	58.06	63.64	45.16	51.46	43.69	50.00	36.96	31.35	30.10	35.82	26.21	31.54
18"	65.30	80.54	50.80	65.13	49.15	63.28	41.55	39.63	33.86	45.33	29.49	39.91
20"	72.57	99.44	56.44	80.40	54.64	78.16	46.18	48.95	37.62	55.97	32.77	49.29
22"	79.83	120.32	62.08	97.27	60.10	94.57	50.80	59.24	41.40	67.75	36.04	59.62
24"	87.10	143.20	67.74	115.79	65.56	113.25	55.42	70.49	45.16	80.61	39.32	70.97
26"	-	-	-	-	71.02	125.50	60.05	108.09	42.60	78.90	42.60	78.90
28"	-	-	-	-	76.48	145.55	64.64	125.31	45.87	91.49	45.87	91.49
30"	-	-	-	-	81.94	167.07	69.27	143.86	49.15	105.03	49.15	105.03
32"	-	-	-	-	-	-	73.89	163.70	52.45	119.56	52.45	119.56
34"	-	-	-	-	-	-	78.51	184.80	55.73	134.98	55.73	134.98
36"	-	-	-	-	-	-	83.13	207.19	59.00	151.30	59.00	151.30
42"	-	-	-	-	-	-	-	-	68.83	205.93	68.83	205.93
48"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.66	-

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

## Tubos PEAD bajo la norma ASTM D-3035, norma F714, PE4608

PE 4608	SDR 17		SDR 21		SDR 26		SDR 41		SDR 41	
	100 PSI (PN7)		71 PSI (PN5)		57 PSI (PN4)		50 PSI (PN3.2)		38 PSI (PN2.7)	
Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
1/2"	1.57	0.08	1.57	0.11	1.57	0.11	1.57	0.11	-	-
3/4"	1.57	0.11	1.57	0.14	1.57	0.14	1.57	0.14	-	-
1"	1.96	0.16	1.60	0.13	1.57	0.17	1.57	0.17	-	-
1 1/4"	2.49	0.24	2.01	0.20	1.63	0.23	1.57	0.22	-	-
1 1/2"	2.84	0.31	2.29	0.26	1.85	0.29	1.57	0.25	-	-
2"	3.56	0.47	2.87	0.39	2.31	0.44	1.85	0.37	-	-
3"	5.23	1.00	4.24	0.81	3.43	0.94	2.74	0.77	2.16	0.56
4"	6.73	1.64	5.44	1.34	4.39	1.53	3.51	1.25	2.79	0.93
5"	8.31	2.51	6.73	2.05	5.44	2.34	4.34	1.88	3.45	1.42
6"	9.91	3.56	8.00	2.91	6.48	3.32	5.18	2.67	4.11	2.02
8"	12.88	6.03	10.44	4.92	8.43	5.62	6.73	4.53	5.33	3.41
10"	16.05	9.37	13.00	7.65	10.49	8.72	8.41	7.05	6.65	5.30
12"	19.05	13.18	15.42	10.76	12.45	12.27	9.96	9.90	7.87	7.44
14"	20.93	15.93	16.94	13.00	13.67	14.82	10.95	11.97	8.66	9.01
16"	23.90	20.79	19.35	16.97	15.62	19.35	12.50	15.62	9.91	11.78
18"	26.90	26.32	21.77	21.49	17.58	24.50	14.07	19.77	11.15	14.91
20"	29.87	32.47	24.18	26.52	19.53	30.24	15.62	24.40	12.4	18.42
22"	32.87	39.3	26.62	32.12	21.49	36.61	16.94	29.13	13.64	22.29
24"	35.86	46.77	29.03	50.53	23.44	43.56	18.75	35.14	14.86	26.49
26"	38.84	72.37	31.45	59.30	25.40	48.35	20.32	38.99	16.10	31.10
28"	41.83	83.94	33.86	68.76	27.36	56.08	21.89	45.24	17.35	36.09
30"	44.83	96.38	36.30	78.97	29.31	64.38	23.44	51.90	18.59	41.43
32"	52.44	109.63	38.71	89.83	31.26	73.26	25.02	59.08	19.81	47.09
34"	50.80	123.79	41.12	101.39	33.22	82.7	26.57	66.67	21.06	53.19
36"	53.80	138.81	43.54	113.67	35.18	92.72	28.14	74.77	22.30	59.64
42"	62.76	188.91	50.80	154.73	41.02	126.14	32.82	101.72	26.01	81.15
48"	71.73	-	58.06	-	46.89	-	37.52	-	29.74	-

• Para otros diámetros y SDR consultar con Asistencia Técnica.

## Tipos de Uniones Termofusión



1. Los equipos comúnmente utilizados en las soldaduras por termofusión, están constituidos por 3 elementos: unidad de fuerza (compuesta de una unidad hidráulica y un alineador), cuchilla de corte y placa calentadora.
2. A partir de la tabla entregada por el fabricante, verifique la presión de soldadura requerida y súmela a la presión inicial para desplazamiento (inercia de la máquina más el peso propio del tubo a ser desplazado).
3. Verificar el perfecto alineamiento de los tubos.
4. Usar la cuchilla de corte para rectificar las superficies a ser unidas.
5. Cuando la temperatura de la placa calentadora estuviera en el valor recomendado por el fabricante, posicónela manteniendo la presión de soldadura hasta la formación de un cordón inicial entre la placa y el tubo (la tabla suministrada por el fabricante de la máquina indicará la dimensión del cordón).
6. Formado el cordón, retire la presión de soldadura y mantenga la placa en contacto con los tubos por el tiempo recomendado por el fabricante del equipamiento.

## Tipos de Uniones Electrofundición



1



2



3 MANUAL



3 MECÁNICO



4



5



6

1. Mida la longitud de la conexión sin retirarla del embalaje.
2. Marque con un lápiz, en cada uno de los tubos, la mitad del valor medido.
3. Raspe toda el área de contacto entre los tubos y las conexiones con un raspador manual o mecánico (considerar las fotos 3 y 4 para este mismo paso).
4. Limpie con solución a base de acetona la región raspada de los tubos. A partir de este instante, evite tocar la región a ser soldada.
5. Retire la conexión del embalaje, tomando la precaución de no tocar la región interna de la pieza donde se ubica la resistencia eléctrica. Encaje la unión, observando la marcación efectuada, que indicará la profundidad de la bolsa hasta donde debe llegar la inserción de la conexión.
6. Instale el alineador, conecte los cables de la máquina a los bornes de la conexión y pase el lector óptico sobre el código de barra. Ejecute la soldadura y aguarde el tiempo de enfriamiento recomendado por el fabricante. No retire el alineador durante el tiempo de enfriamiento y evite mover el conjunto durante este proceso.



## Tipos de Uniones Juntas de Compresión



1. Con la rosca de las extremidades apretadas, mida la profundidad de la campana de conexión.
2. Marque con un lápiz en los tubos el valor medido.
3. Desajuste la rosca de la extremidad, no hay necesidad de soltarla completamente.
4. Encaje el tubo en la bolsa de conexión.
5. Ajuste manualmente las roscas de las extremidades.

## TIGRE en el mundo



### Brasil

#### **Tigre - Tubos e Conexões**

Rua Xavantes, nº 54, Bairro Atiradores, CEP 89203-900 Joinville (SC)  
Teléfono: +55 (47) 3441-5000  
www.tigre.com

#### **Plena**

Rod. Fênão Dias, BR 381, s/nº km 862,5, Bairro Algodão CEP 37550-000, Pouso Alegre (MG)  
Teléfono: +55 (35) 2102-7100  
www.plenaweb.com

#### **Tigre Pincéis**

Avenida Tigre, nº 660 Vila Santa Cruz, CEP 84168-215 Castro (PR)  
Teléfono: +55 (42) 3232-8100  
www.pincestigre.com.br

#### **ClarisPortas e Janelas**

Rua Francisco Lanzi Tancler, Nº 133 Distrito Industrial, CEP 13347-370 Indaiatuba (SP)  
Teléfono: +55 (19) 2107-0900  
www.clarisportasejanelas.com.br

### Argentina

Calle 12, nº 70, Parque Industrial Pilar Pilar, Provincia de Buenos Aires  
Teléfono: +54 (2322) 497000  
0800-999-8447  
www.tigre.com.ar

### Bolivia

Parque Industrial R. Dario Gutiérrez Pl-22, Santa Cruz de la Sierra  
Teléfono: +591 (3) 346-3095  
www.tigre.com.bo

### Chile

Avenida La Montaña, 754, Loteo los Libertadores, Comuna de Colina, Santiago  
Teléfono: +56 (2) 444-3900  
800 365 700  
www.tigre.cl

### Colombia

Parque Industrial Lebbos, Bodegas 7 y 8 km 2, Via Siberia Cota, Cota, Cundinamarca  
Teléfono: + 57 (1) 742 6465  
www.tigre.com.co

### Ecuador

Carapungo, El Verge l lote #19 y Vía a Marianas, Quito.  
Teléfono: + 593 (2) 2822994  
www.tigre.com.ec

### Estados Unidos

2315, Beloit Avenue, Janesville, Wisconsin Zip Code 53545  
Phone: 001-608-754-4554  
www.tigre.com/usa

### Paraguay

Avenida Cacique Lambaré, 2244 C. Acosta Nú. Lambaré  
Teléfono: + 595 (21) 905452  
www.tigre.com.py

### Perú

Av. Carlos Roberto Hansen s/n, Lotización Industrial El Lúcumo - Lurín  
Teléfono: 51 (1) 610 6850  
www.tigre.pe

### Uruguay

Ruta Nacional, Nº 1, km 46,200, Libertad CP 80100, San Jose  
Teléfono : + 598 (345) 3511 / 0800 8343  
Fax: + 598 (345) 3511 Int : 214  
www.tigre.com.uy





*Dirección: Av. Carlos Roberto Hansen s/n,  
Lotización Industrial El Lúcumo - Lurín  
Teléfono: 51 (1) 610 6850  
contacto.pe@tigre.com*

**tigre.pe**