



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Determinación del poder calorífico del biogás que se obtiene a partir de biomasa animal usando el biodigestor modelo Intermediate Bulk Container, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Palacios Toribio, Lessly Kimberly (ORCID: 0000-0002-4277-5635)

Obregón Castro, Gabriela Del Pilar (ORCID: 0000-0003-0266-6263)

**ASESOR:**

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ponerme a las personas correctas en el camino, las cuales me brindaron su apoyo y compañía durante este periodo de estudio. A mis padres, María Verónica Toribio Ventura y Francisco Palacios Vitor por todo el esfuerzo que pusieron para llegar a este objetivo, porque sin ellos nada de estos sería posible, muchas gracias.

Esta tesis va dedicada a Dios por guiarme, por darme las fuerzas para seguir. A mis padres y hermano por ser un ejemplo de humildad y perseverancia. En especial a mi hermano Rusbel Obregón Castro por darme su apoyo incondicional y por estar ahí con las palabras correctas para hacerme una mejor persona.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarnos vida y fortaleza para afrontar cada obstáculo que nos puso en el camino, a nuestros padres por siempre darnos su apoyo incondicional, y por todas las enseñanzas que nos brindan, a la Universidad César Vallejo por brindarnos a través de sus docentes una educación de calidad, a nuestro asesor el Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro por su confianza y apoyo a lo largo del desarrollo de esta investigación, al Químico Alexander Sigfredo Quintana Paetán por su paciencia, consejos y motivación, y muchas gracias a todos los que fueron parte de esta investigación, a los que nos apoyaron desinteresadamente y lograron que con su apoyo llegemos hasta aquí.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MÉTODO</b> .....	21
<b>2.1. Tipo</b> .....	21
<b>2.2. Diseño</b> .....	21
<b>2.3. Variables y Operacionalización</b> .....	22
<b>2.4. Población, muestra y muestreo</b> .....	23
<b>2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	23
<b>2.6. Procedimiento</b> .....	25
<b>2.7. Métodos de análisis de datos</b> .....	28
<b>2.8. Aspectos éticos</b> .....	28
<b>III. RESULTADOS</b> .....	29
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	58
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	60
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	61
<b>REFERENCIAS</b> .....	62
<b>ANEXOS</b> .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Sistema tipo Bach .....	14
<b>Figura 02:</b> Biodigestor Modelo IBC .....	15
<b>Figura 03:</b> Flujograma de procedimiento .....	25
<b>Figura 04:</b> Proceso del tratamiento del estiércol de cuy para la obtención de biogás.....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01:</b> Matriz de Operacionalización .....	22
<b>Tabla 02:</b> Validación de instrumentos .....	24
<b>Tabla 03:</b> Resumen de las etapas de la obtención de biogás .....	27
<b>Tabla 04:</b> Análisis del estiércol de cuy.....	29
<b>Tabla 05:</b> Análisis de biol de estiércol de cuy .....	29
<b>Tabla 06:</b> Cantidad de estiércol para la primera alimentación.....	30
<b>Tabla 07:</b> Cantidad de estiércol de cuy para cada alimentación .....	31
<b>Tabla 08:</b> Análisis de Metano .....	31
<b>Tabla 09:</b> PRUEBA DE NORMALIDAD METANO .....	32
<b>Tabla 10:</b> PRUEBA DE HOMOGENIEDAD DE VARIANZAS DE CH <sub>4</sub> .....	33
<b>Tabla 11:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS DE METANO .....	34
<b>Tabla 12:</b> Análisis de CH <sub>4</sub> en el tiempo .....	35
<b>Tabla 13:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS METANO .....	36
<b>Tabla 14:</b> PRUEBA DE HOMOGENIEDAD DE VARIANZAS DE METANO .....	37
<b>Tabla 15:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS METANO .....	38
<b>Tabla 16:</b> Análisis de CO <sub>2</sub> .....	39
<b>Tabla 17:</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ).....	40
<b>Tabla 18:</b> PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS DEL CO <sub>2</sub> .....	41
<b>Tabla 19:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS DE DIOXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	41
<b>Tabla 20:</b> Análisis de CO <sub>2</sub> en el tiempo .....	42
<b>Tabla 21:</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ).....	43
<b>Tabla 22:</b> PRUEBA DE HOMOGENIEDAD DE VARIANZAS DE CO <sub>2</sub> .....	44
<b>Tabla 23:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS DE DIOXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	45
<b>Tabla 24:</b> pH – Biogás .....	46
<b>Tabla 25:</b> PRUEBA DE NORMALIDA DEL pH .....	47
<b>Tabla 26:</b> PRUEBA DE HOMOGENIEDAD DE VARIANZAS pH .....	48
<b>Tabla 27:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS EMPAREJADAS DE pH .....	49

<b>Tabla 28:</b> Temperatura del biogás .....	50
<b>Tabla 29:</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA TEMPERATURA .....	51
<b>Tabla 30:</b> PRUEBA DE HOMOGENIEDAD DE VARIANZAS DE LA TEMPERATURA .....	52
<b>Tabla 31:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS DE TEMPERATURA .....	53
<b>Tabla 32:</b> Poder calorífico .....	54
<b>Tabla 33:</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DEL PODER CALORÍFICO.....	55
<b>Tabla 34:</b> PRUEBA DE HOMOGENIEDAD DE VARIANZAS DEL PODER CALORIFICO .....	56
<b>Tabla 35:</b> PRUEBA DE T-STUDENT DE MUESTRAS DE EMPAREJADAS DEL PODER CALORIFICO .....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01:</b> Comportamiento del Metano medido en porcentaje (%) .....	32
<b>Gráfico 02:</b> Comportamiento del Metano (CH <sub>4</sub> ) en el tiempo medido en porcentaje (%) .....	35
<b>Gráfico 03:</b> Comportamiento del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) medido en porcentaje (%) .....	39
<b>Gráfico 04:</b> Comportamiento del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) en el tiempo medido en porcentaje (%) .....	43
<b>Gráfico 05:</b> Comportamiento del Potencial de Hidrógeno (pH) valorado de 0 - 14 .....	47
<b>Gráfico 06:</b> Comportamiento de la Temperatura (°C) .....	51
<b>Gráfico 07:</b> Poder Calorífico medido en kcal/m <sup>3</sup> .....	54

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 01: Estiércol de cuy .....	105
Imagen 02: Limpieza del estiércol de cuy .....	105
Imagen 03: Construcción del biodigestor .....	106
Imagen 04: Prueba de hermeticidad del biodigestor .....	106
Imagen 05: Biodigestor modelo IBC .....	107
Imagen 06: Mezcla previa a la alimentación .....	107
Imagen 07: Alimentación al biodigestor .....	108
Imagen 08: Toma de datos de pH .....	108
Imagen 09: Toma de datos de temperatura.....	109
Imagen 10: Descarga de biosol.....	109
Imagen 11: Toma de muestra de biogás.....	110
Imagen 12: Gasómetro contenido de biogás.....	110

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo la determinación del poder calorífico del biogás de biomasa animal utilizando el biodigestor modelo Intermediate Bulk Container, asimismo, se determinaron las propiedades fisicoquímicas y la cantidad de la biomasa animal que se usó para generar biogás. Siendo una investigación de tipo cuantitativa, pre experimental y descriptivo – explicativo; la población que interviene son 875 kg de estiércol de cuy, con una muestra de 459 kg del mismo. El proceso de la investigación se inició con el cálculo de la cantidad de residuos a utilizar para el biodigestor que se hizo en base a la literatura científica revisada. Así, la carga semanal fue de 233L de mezcla de estiércol de cuy y agua, la primera alimentación tuvo un tiempo de retención de 30 días, el biogás se formó en un biodigestor conocido como modelo IBC por sus siglas en inglés, con una capacidad de 1 m<sup>3</sup>, el mismo que fue diseñado y construido exclusivamente para la presente investigación. Al final del proceso se obtuvo un biogás que al ser evaluado, su poder calorífico fue de 6527.3 kcal/m<sup>3</sup>, que corresponde a un 72.3% de metano con un volumen de 1 m<sup>3</sup>. De esta manera se establece que el biogás producido a partir de la biomasa animal (estiércol de cuy) resulta un método viable para obtener energía no convencional con ventaja al cuidado del medio ambiente.

**PALABRAS CLAVE:** Biodigestor, biomasa animal, metano, biogás, poder calorífico.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present investigation was to determine the calorific value of biogas from animal biomass using the Intermediate Bulk Container biodigester, and also to determine the physicochemical properties and the amount of animal biomass that was used to generate biogas. Being a quantitative, pre experimental and descriptive - explanatory investigation; The population that intervenes is 875 kilos of guinea pig manure, with a sample of 459 kg of it. The process of the investigation began with the calculation of the amount of waste to be used for the biodigester that was made based on the reviewed scientific literature. Thus, the weekly load was 233L of guinea pig manure and water mixture, with a retention time of 30 days, the biogas was formed in a biodigester known as model IBC for its acronym in English, with a capacity of 1 m<sup>3</sup>, the same one that was designed and built exclusively for the present investigation. At the end of the process, a biogas was obtained that, when evaluated, its calorific value was 6527.3 kcal / m<sup>3</sup>, which corresponded to 72.3% of methane with a volume of 1 m<sup>3</sup>. In this way, it is established that biogas produced from animal biomass (guinea pig manure) is a viable method for obtaining unconventional energy with an advantage in the care of the environment.

**KEY WORDS:** Biodigester, animal biomass, methane, biogas, calorific value.



Yo... Elmer Benites Alfaro .....  
docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería  
Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede),  
revisor(a) de la tesis titulada

" Determinación del poder calorífico del biogás  
que se obtiene a partir de bioresaca animal usando  
el biodigestor modelo Intermediate Bulk Containers,  
2019. "

del (de la) estudiantes: Palacios Toribio Lessly Kimberly  
Obregon Castro Gabriela del Pilar

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27 % verificable  
en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las  
coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la  
tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas  
por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Los Olivos, 17 Julio 2019.



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Elmer Benites Alfaro

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------