

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Efecto de la temperatura en un digester anaerobio tubular,
acondicionado en un invernadero de bajo costo en el altiplano
peruano**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Ada Leidi Mamani Calsin
Cristian Max Machaca Herrera
Luis Encarno Almiron Quispe

Asesor:

Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, octubre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Juan Eduardo Vigo Rivera, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN UN DIGESTOR ANAEROBIO TUBULAR, ACONDICIONADO EN UN INVERNADERO DE BAJO COSTO EN EL ALTIPLANO PERUANO”** de los autores **Ada Leidi Mamani Calsin, Cristian Max Machaca Herrera y Luis Encarno Almiron Quispe** tiene un índice de similitud de 5% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 9 días del mes de octubre del año 2023.



Juan Eduardo Vigo Rivera

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 06 día(s) del mes de octubre del año 2023 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Max Franklyn Elard Zapana Yucra, el (la) secretario(a): Mac Rose Solimón

Gallata Ghura y los demás miembros: Ing Verónica Haydee

Pari Mamani y el (la) asesor(a): Mtro. Juan Eduardo

Vigo Rivera con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Efecto de la temperatura en un digestor anaerobico tubular, recambiado en un invernadero de bajo costo en el altiplano peruano

del(los) bachiller(es): a) Cristian Max Machaca Herrera

b) Sda Leidi Mamani Galin

c) Luis Encarno Almiron Quijpe

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Cristian Max Machaca Herrera

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller (b): Sda Leidi Mamani Galin

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller (c): Luis Encarno Almiron Quijpe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

(*) Ver parte posterior
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.


Presidentera

Asesor(a)

Bachiller (a)


Miembro

Bachiller (b)


Secretario/a

Miembro

Bachiller (c)

Efecto de la temperatura en un digestor anaerobio tubular, acondicionado en un invernadero de bajo costo en el altiplano peruano

Effect of temperature in a tubular anaerobic digester, conditioned in a low-cost greenhouse in the Peruvian highlands

Cristian Max Machaca Herrera¹, Ada Leidi Mamani Calsin¹, Luis Encarno Almiron Quispe¹, Juan Eduardo Vigo Rivera¹

1. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP. Ingeniería Ambiental, Juliaca, Perú; eduardo.vigo@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6597-7336>.

RESUMEN

Introducción: En el Perú la población de bovinos produce desechos contaminantes que pueden ser procesados mediante digestión anaeróbica para generar biogás. Los digestores de polietileno tubular son una tecnología prometedora, pero la temperatura es un factor importante para su operatividad. Objetivo: El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la temperatura en un digestor anaerobio tubular acondicionado en un invernadero de bajo costo en el altiplano peruano. Metodología: Se instaló un digestor tubular de 8 m³ a 3830 msnm, alimentado con estiércol de bovino-agua en una proporción de 1.3. Para el incremento y conservación de la temperatura se instaló un invernadero de adobe (tierra-ichu) con paredes internas revestidas de yeso y una cubierta de policarbonato. El material del digestor fue geomembrana de 0.05 cm de espesor, instalado a un metro de profundidad, con geotextil, poliestireno y plástico como pared de aislamiento. El tiempo de retención hidráulica fue de 30 días, y se monitoreó la radiación solar, la humedad del invernadero y las temperaturas ambientales del invernadero y del lodo del digestor. Resultados: Bajo estas condiciones medias del digestor (radiación solar 79.2 W/m²/día, temperatura ambiental 10.8 °C, humedad media 37.1%) se alcanzó una temperatura de 22.3°C en el lodo del digestor. Además, el calor ganado en promedio del sistema fue de 856 182 kJ/día, mientras que la pérdida en promedio fue de -332 998 kJ/día. Conclusión: El digestor anaerobio tubular acondicionado en un invernadero de bajo costo es viable, dado que es posible mantener una temperatura media del lodo de 22,3 °C en promedio, lo que garantiza el funcionamiento del proceso de digestión a 3830 msnm en el altiplano peruano.

Palabras claves: altiplano, digestor anaerobio, energía solar, invernadero, temperatura.

ABSTRACT

Introduction: In Peru, the bovine population produces polluting waste that can be processed through anaerobic digestion to generate biogas. Tubular polyethylene biodigesters are a promising technology, but temperature is an important factor for their effectiveness. **Objective:** The objective of this research is to evaluate the effect of temperature in a tubular anaerobic digester conditioned in a low-cost greenhouse in the Peruvian highlands. **Methodology:** An 8 m³ tubular digester was installed at 3830 masl, fed with bovine manure-water in a ratio of 1 to 3. To increase and conserve the temperature, an adobe (a mixture of earth and ichu) greenhouse was installed, whose internal walls were finished with 0.5 cm of plaster, and the roof was made of polycarbonate. The digester material was 0.05 cm thick geomembrane, installed one meter deep, with geotextile, polystyrene, and plastic as insulation wall. The hydraulic retention time was 30 days, and solar radiation, greenhouse humidity, and environmental temperatures of the greenhouse and digester sludge were monitored. **Results:** Under these average digester conditions (solar radiation 79.2 W/m²/day, ambient temperature 10.8 °C, average humidity 37.1%), a temperature of 22.4 °C was reached in the digester sludge. In addition, the heat gained from the system was 856 182 kJ/day, while the heat loss was -332 998 kJ/day. **Conclusion:** The tubular anaerobic digester conditioned in a low-cost greenhouse is viable at 3830 masl in the Peruvian highlands, because the inoculum temperature was maintaining in 22.4°C.

Keywords: highlands, anaerobic digester, solar energy, greenhouse, temperature.