

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN BIODIGESTOR PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN UNA GRANJA DE CUYES *Lezem*

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF A BIODIGESTOR TO REDUCE OPERATING COSTS ON A *LEZEM* GUINEA PIG FARM

Sergio Jáuregui Morales¹  Edgard Zevallos Mora¹  Flor de María Jiménez¹ 
Christian Omar Larrea¹ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú

Correspondencia:

Mg. Christian Omar Larrea
C25280@utp.edu.pe

Como citar este artículo:

Jáuregui, S., Zevallos, E., Jiménez, F., & Larrea, C. (2025). Viabilidad técnica y económica de un biodigestor para reducir costos operativos en una granja de cuyes *Lezem*. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(2), pp. 75–81. DOI: 10.57107/hyw.v4i2.98

RESUMEN

La presente investigación evalúa la viabilidad técnica y económica de un biodigestor de 10 m³ como alternativa, para reducir los costos operativos en la granja de cuyes *Lezem*, ubicada en Chancay, Perú. A partir de un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, se recopilieron datos operativos durante un periodo de 12 meses. Los resultados muestran que la implementación del biodigestor permitiría un ahorro mensual promedio de S/1,797.80, lo que equivale a un ahorro anual aproximado de S/21,573.60. Además, se proyecta un flujo neto positivo de S/2,989.61 mensuales por el uso del biogás y la comercialización del biol como fertilizante. La propuesta también contribuye a la sostenibilidad ambiental mediante la valorización de residuos orgánicos. Este estudio respalda el uso de biodigestores como solución integral para el sector agropecuario, permitiendo reducir costos, generar valor a partir de los desechos y optimizar la eficiencia operativa en unidades productivas rurales.

Palabras clave: biodigestor, costos operativos, sostenibilidad económica, gestión de residuos, autosuficiencia energética.

ABSTRACT

This study evaluates the technical and economic feasibility of implementing a 10 m³ biodigester as a strategy to reduce operating costs at the Lezem guinea pig farm, located in Chancay, Peru. The analysis focuses on high expenditures related to gas consumption, waste disposal, and maintenance, which together account for 33.04 % of total operating costs. A descriptive quantitative approach was applied using operational data collected over a 12-month period. The results show that the biodigester would generate average monthly savings of S/1,797.80, equivalent to approximately S/21,573.60 per year. Additionally, it is projected to generate a net monthly cash flow of S/2,989.61 by biogas and the sale of biol as an organic fertilizer. The system also improves environmental sustainability by converting organic waste into usable resources. This evidence supports the use of biodigesters as a comprehensive and cost-effective solution for small-scale agricultural systems, contributing to both economic resilience and ecological efficiency in rural production units.

Keywords: biodigester, operating costs, economic sustainability, waste management, energy self-sufficiency.



INTRODUCCIÓN

En el contexto actual del sector agropecuario peruano, la gestión eficiente de residuos orgánicos y la reducción de costos operativos son desafíos prioritarios, para garantizar la sostenibilidad y competitividad de las unidades productivas. En particular, las granjas dedicadas a la crianza de cuyes enfrentan un doble reto: controlar sus egresos operativos y minimizar el impacto ambiental generado por los residuos orgánicos que producen a gran escala (Fundación AQUAE, 2024; García, 2021).

La granja Lezem, ubicada en Chancay, presenta un escenario representativo de esta problemática. Actualmente, destina el 33,04 % de sus costos operativos totales al consumo de gas convencional (6,68 %), a la disposición de residuos (15,67 %) y al mantenimiento y limpieza de las instalaciones (10,69 %). Esta distribución revela una oportunidad para implementar soluciones tecnológicas que no solo permitan optimizar recursos, sino también generar valor a partir del aprovechamiento de residuos, como lo han demostrado experiencias previas en unidades productivas agropecuarias (Cruz et al., 2023; León et al., 2019).

En los últimos años, los biodigestores han ganado protagonismo como alternativa sostenible, para transformar residuos en biogás y fertilizante orgánico (biol), con aplicaciones en energía, agricultura y economía circular (Issahaku et al., 2024; Qamar et al., 2025). No obstante, se evidencia un vacío en la literatura respecto a su aplicación específica en granjas de cuyes y al análisis cuantitativo de su impacto económico.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo analizar cómo la implementación de un biodigestor de 10 m³ puede contribuir a la reducción de los costos operativos en la granja de cuyes *Lezem*, a través del aprovechamiento energético y agronómico de los residuos generados.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la granja de cuyes *Lezem*, ubicada en el distrito de Chancay, Perú, con un diseño no experimental de tipo transversal y un enfoque cuantitativo. La recolección de datos se realizó durante un periodo de 12 meses, registrando información relacionada con la generación de estiércol y los costos mensuales de operación. La población de estudio comprendió a aproximadamente 1,308 cuyes, incluyendo reproductores y recrias. La producción mensual de estiércol osciló entre 3,234.83 kg y 4,064.18 kg, lo cual representó la base, para dimensionar la capacidad del biodigestor.

El biodigestor propuesto es de tipo semicontinuo y subterráneo el cual procesará entre 3200 y 4100 kg de excretas mensuales; construido en ladrillo reforzado con una cúpula fija para almacenar biogás, su ubicación prioriza accesibilidad, disponibilidad de agua, facilidad de mantenimiento y exposición solar adecuada para optimizar la digestión anaeróbica (Paredes, 2022).

Cantidad diaria de estiércol generado (kg/d)

Se estimo un peso aproximado de 0,106 Kg de estiércol de cuy.

$$M_{TOTAL} = 0,106 \text{ kg} * \text{número de cuy}$$

Producción estimada de biogás

El volumen de biogás corresponde al espacio que ocupa el gas generado a partir de la digestión diaria del estiércol total. Según Paredes, (2022), la producción de biogás, en función de la cantidad de estiércol utilizado (Y), se estima en 0,03 m³ de biogás/kg de estiércol de cuy procesado.

$$V_G = \text{cantidad de estiércol} * 0.03 \text{ m}^3/d$$

Tiempo de retención hidráulica/d (TRH)

Esta ecuación, para el cálculo del tiempo de retención, permite prevenir que las variaciones de la temperatura ambiental interfieran en el proceso de descomposición (Barrena et al., 2017).

$$TRH = -44.705 \ln(25) + 160.394$$

Volumen de descomposición de la biomasa (m³)

Una relación de mezcla 1:2 (estiércol: agua) fue validada por Paredes (2022), la cual garantiza la consistencia adecuada para optimizar, tanto la producción de biogás como la eficiencia del proceso de digestión anaeróbica, en el sistema propuesto.

$$\frac{2 \text{ litros agua}}{\text{kg estiércol}} * \frac{\text{cantidad de estiércol}}{\text{litros agua}}$$

Análisis de datos

Se realizaron estadísticas descriptivas para analizar las tendencias de producción de residuos y su impacto en los costos operativos. Para el análisis económico, se utilizaron fórmulas para calcular los costos operativos mensuales en función de tres categorías: consumo de gas, mantenimiento y limpieza, y disposición de residuos. Estas categorías fueron determinadas siguiendo la clasificación de costos propuesta por Torres (2006). Se proyectaron los ahorros derivados de la implementación del biodigestor mediante un análisis de costo-beneficio.

RESULTADOS

Lala cantidad diaria de estiércol generado por los 1308 cuyes aproximadamente de la granja.

TABLA 1

Cantidad diaria de estiércol generado

Número de cuyes	Guano y rastrojo diario (kg)	Guano y rastrojo semanal (kg)	Guano y rastrojo mensual (kg)
1308	106 - 133	742 - 931	3200 - 4000

Asumiendo un peso aproximado de estiércol por cuy de 0,106 kg se tiene:

$$M_{TOTAL} = 0,106 \text{ kg} * 1308$$

$$M_{TOTAL} = 138.648 \text{ kg/d}$$

El biodigestor de 10 m³ generará 4.159 m³ de biogás diarios

Producción estimada de biogás

$$V_G = 138.648 \text{ kg/d} * 0.03 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$V_G = 4.159 \text{ m}^3/\text{día}$$

El tiempo de retención hidráulica fue 17,321 días.

Tiempo de retención hidráulica/d

$$TRH = -44.705 \ln(25) + 160.394$$

$$TRH = 17.321 \text{ días}$$

Volumen de descomposición de la biomasa (m³)

Considerando una generación diaria de 138.648 kg de excretas y una relación de mezcla 1:2 (estiércol: agua), se requieren 278 kg de agua, lo que resulta en una carga total diaria de 416.6 kg de mezcla.

$$= \frac{2 \text{ litros agua}}{\text{kg estiércol}} * \frac{138.648 \text{ kg estiércol}}{\text{litros agua}}$$

$$= 278 \text{ litros agua/día}$$

Se recomienda un biodigestor de 1 m³/1000 kg de biomasa, según Paredes, (2022), como medida clave para un proceso de biodigestión eficiente. Esta relación garantiza un rendimiento óptimo del sistema.

$$V_B = \frac{416.6}{1000 \text{ kg/m}^3} * 17.321 \text{ días}$$

$$V_B = 7.214 \text{ m}^3$$

Análisis de Viabilidad Económica:**Selección de empresas**

Tras evaluar tres empresas nacionales (Peruvian Ecosolutions, MUNTEC y CB Energías Renovables) en función de costos, especificaciones técnicas y garantías, se seleccionó a MUNTEC por su

óptima relación calidad-precio. Su biodigestor tubular con geomembrana de PVC cumple con los requerimientos del proyecto, ofreciendo condiciones de garantía equivalentes a las de la competencia.

En la Tabla 2 se analizan los costos de las cotizaciones de las empresas antes mencionadas.

TABLA 2

Costos de cotizaciones de empresas para la Implementación del Biodigestor

Descripción	Muntec Group E.I.R.L	Peruvian Ecosolutions S.A.C.	CB Energías Renovables E.I.R.L. (6 m ³)
Capacidad del Biodigestor	10 m ³	10 m ³	6 m ³
Biodigestor (S/)	12,711.86	14,559.00	6,690.00
Instalación / Mano de obra (S/)	2,000.00	2,999.00	Incluido en el precio
Capacitación (S/)	1,200.00	1,200.00	1,200.00
Hospedaje y alimentación técnicos (S/)	500.00	500.00	500.00
Transporte y fletes (S/)	300.00	300.00	300.00
Materiales de instalación (S/)	1,308.00	1,308.00	1,308.00
Subtotal (S/)	18,019.86	20,866.00	9,998.00
Contingencias (10 %) (S/)	1,801.99	2,086.60	999.80
Total inversión (S/)	19,821.85	22,952.60	10,997.80

Inversión inicial requerida

Costos directos

Proyección de ahorro en costos operativos

Ahorros mensuales:

Gas: S/ 317.79

Mantenimiento: S/600.00

Disposición de residuos: S/880.00

Total: S/1,797.80

Nuevos costos mensuales:

Sueldo operativo: S/1,130.00

Mantenimiento anual: S/1,000.00 (S/83.33 mensual)

Incremento consumo agua: S/18.00

Total: S/1,231.33

Producción de biofertilizante

El biodigestor de MUNTEC E.I.R.L. (10 m³), según información aportada por el proveedor, tiene una producción de 100 L/d; sin embargo, basado en los resultados del biodigestor de CB Energías Renovables (6,5 m³, 60 L/d), se comprobó que la producción real es de 92,31 L/d.

Producción diaria aprox.: 92,31 L.

Producción mensual: 2,769.3 L.

Ingreso bruto por la venta de biofertilizante

En el mercado de biofertilizantes, empresas fijan precios más altos que el propuesto en esta investigación, el cual es 3,5 soles/L.; sin incluir el IGV, destacándose como una opción más económica.

Ingreso Mensual = 2769.3 litros $\times \frac{3.5 \text{ soles}}{\text{litro}} = \text{S/ } 9,692.55$

TABLA 3

Inversión inicial para la implementación e instalación del Biodigestor

Material o servicio	Costo
Biodigestor (S/)	12,711.86
Instalación (S/)	2,000.00
Capacitación (S/)	1,200.00
Hospedaje y alimentación técnicos	500.00
Transporte y fletes (S/)	300.00
Materiales de instalación (S/)	1,308.00
Subtotal (S/)	18,019.86
Contingencias (10 %) (S/)	1,801.99
Total (S/)	19,821.85

Indicadores financieros

Datos para el análisis:

Inversión inicial: S/19,821.85

Flujo neto mensual: S/2,989.61

Retorno sobre la inversión (ROI)

$$ROI = \frac{S/ 2,989.61}{S/ 19,821.85} * 100$$

$$ROI = 15.08 \%$$

El análisis financiero muestra un ROI del 15,08 %, lo que confirma la rentabilidad del biodigestor. Por cada sol invertido, se recupera un 15,08 % mensual en utilidades, evidenciando su viabilidad económica y su potencial como solución rentable y sostenible.

TABLA 4

Distribución de ingreso mensual por la venta del Biol

Distribución del ingreso bruto	
25 % ingreso neto del productor:	
Ingreso neto mensual =	Ingreso bruto mensual × 25 %
Ingreso neto mensual=	S/ 9,692.55 × 0.25= S/ 2,423.14
75 % se destina a costos (comercialización, envasado, otros gastos):	
Costos mensuales	Ingreso bruto mensual × 75 %
Costos mensuales	S/ 9,692.55 × 0.75= S/ 7,269.41
Ingreso mensual por biofertilizante (Biol):	S/ 2,423.14

Proyección de ahorro en costos operativos**Balance mensual**

Ahorros: S/1,797.80

Nuevos costos: S/1,231.33

Ingresos biofertilizante (Biol): S/ 2,423.14

Flujo neto mensual:

$$S/1,797.80 - S/1,231.33 + S/2,423.14 = S/2,989.6$$

Período de recuperación de la inversión

$$\text{Tiempo de Recuperación} = \frac{19,821.85}{2,989.61}$$

$$\text{Tiempo de Recuperación} = 6.63 \text{ meses}$$

$$\text{Tiempo de Recuperación} = 7 \text{ meses Aprox.}$$

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la implementación del biodigestor reducirá los costos operativos de la granja Lezem en un 33,04 %, generando un ahorro neto mensual de S/2,989.61. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Demeu et al. (2021), quienes comprobaron la viabilidad económica de biodigestores en unidades productivas, mostrando valores positivos de VPN y periodos de recuperación menores a 10 años. Así mismo, Ramos et al. (2021) encontraron que sistemas similares permiten ahorros anuales de USD 3,400 y reducciones de 56,7 toneladas de CO₂ equivalente, destacando así su doble beneficio económico y ambiental.

Por otro lado, la temperatura de operación es un factor clave en el proceso de degradación. Barrena

et al. (2017), destacaron la importancia de mantener una temperatura óptima en el biodigestor, mediante la integración de un calentador.

En cuanto a la producción energética, el biodigestor proyecta una generación diaria de 4.159 m³ de biogás, permitiendo unas 10,8 h de uso en cocina, superando el rendimiento de un sistema de 6.37 m³ que producía 2.13 m³ para 5,5 h. (Barrena et al., 2017). Aunque la mezcla estiércol-agua difiere, el mayor volumen asegura mayor eficiencia; el biogás excedente se usará en el futuro para agregar valor, como cocinar carne de cuy para la venta.

Pavithra & Ethiraj, (2024) reportaron volúmenes menores al trabajar con residuos avícolas (12.56 m³ en 14 días), mientras que, Yasin et al. (2024) obtuvieron 40.7 m³ totales en un sistema de 5 m³, lo que evidencia la mayor eficiencia del diseño implementado. Esta ventaja operativa se ve reforzada por la optimización de procesos, donde la integración de labores de mantenimiento generará un ahorro adicional de S/600 mensuales, coincidiendo con los hallazgos de Anais et al. (2020) donde la implementación de estos sistemas no solo mejora la gestión de desechos; sino que también puede tener un impacto positivo en la economía local, por el potencial retorno económico que pueden ofrecer a las comunidades, fundamental en entornos rurales donde las oportunidades de empleo pueden ser limitadas.

El sustento técnico del proyecto se respalda en una revisión exhaustiva de literatura especializada, destacándose los estudios de Issahaku et al. (2024) sobre eficiencia en conversión de residuos; Enríquez, (2022) el cual diseñó un biodigestor de excretas de cerdos en un entorno comunitario y Anis et al. (2020) donde evaluó la viabilidad económica de una implementación de un sistema de biodigestor, para el tratamiento de residuos de una planta de producción porcina en un ambiente rural.

Esta base teórica confirma que el diseño tubular seleccionado no solo maximiza la producción energética; sino que, además transforma los residuos en recursos valiosos, generando beneficios ambientales cuantificables.

Finalmente, los resultados obtenidos trascienden el ámbito económico, posicionando al biodigestor como una solución integral sostenible. Diversos autores como Ramos et al. (2021) y Yasin et al. (2024), muestran que, el sistema reducirá considerablemente la huella ambiental de la granja (56.7 t CO₂eq/año); mientras que, produce energía renovable y fertilizantes orgánicos. Esta sinergia, entre rentabilidad y sostenibilidad ambiental refuerza la viabilidad del proyecto y su alineamiento con las mejores prácticas del sector agropecuario actual.

CONCLUSIONES

La implementación del biodigestor de 10 m³ reducirá los costos operativos al sustituir el gas convencional y optimizar el manejo de residuos.

Este proyecto no solo mejora la eficiencia operativa de la granja, sino que se constituye como un modelo replicable de tecnología sostenible para el sector agropecuario regional, integrando producción rentable con responsabilidad ambiental.

Para su éxito, es clave superar desafíos como la capacitación del personal, obtención de financiamiento e implementación de sistemas de monitoreo. Además, se requiere sensibilizar a la comunidad sobre sus beneficios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anis, C., Pietramale, R., Gimenes, R., & Ribeiro, V. (2020). Viabilidade econômica para implantação de um biodigestor: uma alternativa para o pequeno produtor rural suinocultor. *Multitemas*, 21(59), 147–168.

- <https://doi.org/10.20435/multi.v21i59.2733>
- Barrena, M., Olivares, V., Taramona, L., & Chauca, N. (2017). Influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de biogás. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 4(1), 15-25. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n1.002>.
- Cruz, L., García, H., Mendoza, J., & Armas, R. (2023). Estudio de prefactibilidad para el diseño de una planta de compostaje en Perú. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA*, 7 (19), 21-34. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.194>
- Demeu, F., Lopes, M., Brandão, E., Ribeiro, A., de Melo, F., Pascale, J., & Otenio, M. (2021). Economic viability of a Canadian biodigester for power generation in dairy farming. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(1), 375-393. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n1p375>.
- Enríquez, M. (2022). Diseño de un biodigester de excretas animales en la comunidad El Calvario, parroquia Veracruz, cantón Pastaza, Ecuador. *Revista Tecnológica - Espol*, 34(4), 28-43. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.928> Artículos originales
- Fundación AQUAE. (11 de marzo de 2024). Descubre todos los detalles acerca del biodigester. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigester/>
- Issahaku, M., Derkyi, N., & Kemausuor, F. (2024). A systematic review of the design considerations for the operation and maintenance of small-scale biogas digesters. *Heliyon*, 10(1): e24019. doi: 10.1016/j.heliyon. 2024.e24019.
- León, C., Rodríguez, C., Mendoza, G., Bardales, C., Cabos, J. & Barrena, M. (2019). Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, *Biol y Biosol. Arnaldoa*, 26(3). <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26311>.
- Paredes, N. (2022). Diseño de un biodigester para abastecimiento de energía eléctrica domiciliaria en el sector Chorobal del distrito de Moche. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/19439>
- Pavithra, K., & Ethiraj, B. (2024). Comparison of biogas production from the anaerobic treatment of poultry waste with kitchen waste in biodigester. *AIP Conference Proceedings*, 3193(1), 020221. <https://doi.org/10.1063/5.0233215>
- Qamar, S., Zhang, Q., Ahmad, M., Pinzón, S., Ahmed, N., & Işık, C. (2025). Roadmap to green future: Biodigester technology acceptance to upscale rural energy access. *Energy*, 315, 134437. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134437>
- Ramos, Y., Bosch, J., Arias, R., Santana, A., & Gutiérrez, D. (2021). Dimensionamiento de un biodigester para el tratamiento de excretas de cerdos. *Revista Cubana de Ingeniería*, 13(1) (1) e317. <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Biodigester%20-%20efluentes.pdf>
- Torres, G. (2006). Contabilidad, costos y presupuestos para gestión financiera. (3ª ed.). Chile. Editorial legal publishing
- Yasin, T., Yusuf, I., & Rahmanissa, A. (2024). Anaerobic biodigester as a community-based food waste processor (case study: Canteen area of PT PLN Nusantara Power UP Muara Karang). *E3S Web of Conferences*, 485, 05003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448505003>