

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de tratamiento de aguas residuales en la granja pecuaria Tumán
para la obtención de biogás**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Jesus Guillermo Rojas Ramirez

ASESOR

Maria Raquel Maxe Malca

<https://orcid.org/0000-0002-5371-9241>

Chiclayo, 2026

**Propuesta de tratamiento de aguas residuales en la granja
pecuaria Tumán para la obtención de biogás**

PRESENTADA POR
Jesus Guillermo Rojas Ramirez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Diana Peche Cieza
PRESIDENTE

Orbegoso Peñaherrera Cynthia Cecilia
SECRETARIO

Maria Raquel Maxe Malca
VOCAL

Propuesta de tratamiento de aguas residuales en la granja pecuaria Tumán para la obtención de biogás

INFORME DE ORIGINALIDAD

14% INDICE DE SIMILITUD	14% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	6% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	1%
4	mgpa.forestaluchile.cl Fuente de Internet	1%
5	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	todosloshechos.es Fuente de Internet	<1%
7	repository.unab.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
10	www.rendrus.org Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	8
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	14
Conclusiones	32
Recomendaciones	33
Referencias	34
Anexos	36

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo realizar una propuesta de tratamiento de aguas residuales para la obtención de biogás en la granja Pecuaria Tumán, con el fin de realizar un manejo de estas para la obtención de biogás y de esta manera poder contribuir a disminuir el impacto negativo del medio ambiente. Primero se propuso analizar la situación actual de la granja pecuaria Tumán, donde se identificaron sus áreas críticas las cuales son el área de gestación, maternidad y destete. Posteriormente se propuso diseñar un sistema de tratamiento para la obtención de biogás, en esta etapa se identificó el tipo de biodigestor adecuado para la granja el cual es un biodigestor tubular de modo Taiwán y producirá hasta el 40% de su capacidad ya que el clima y la relación agua-estiércol lo favorece en su producción, esta cantidad de biogás se puede apreciar en la cúpula del biodigestor. Finalmente, se decidió realizar un estudio costo beneficio para la propuesta a implementar teniendo un costo final de S/ 4,248.63 esto incluye el costo de instalación, mano de obra y materiales a implementar.

Palabras clave: Aguas residuales, biogás, áreas críticas, Biodigestor tubular, agua-estiércol, cúpula de biodigestor.

Abstract

The purpose of this research is to develop a wastewater treatment proposal for biogas production at the Tumán Cattle Farm. This proposal seeks to manage wastewater for biogas production and thus contribute to reducing the negative impact on the environment. First, an analysis of the current situation at the Tumán Cattle Farm was proposed, identifying its critical areas: the gestation, farrowing, and weaning areas. Subsequently, a treatment system for biogas production was designed. At this stage, the appropriate type of biodigester for the farm was identified: a Taiwan-type tubular biodigester that will produce up to 40% of its capacity, as the climate and water-to-manure ratio favor its production. This amount of biogas can be observed in the biodigester dome. Finally, a cost-benefit study was conducted for the proposed implementation, with a final cost of S/ 4,248.63, which includes the cost of installation, labor, and materials.

Keywords: Wastewater, biogas, critical areas, tubular biodigester, water-manure, biodigester dome.

Introducción

En la actualidad los recursos utilizados en el día a día para la generación de energía y calor están elaborados con materiales no renovables, por lo cual al pasar del tiempo estos han causado grandes problemas ambientales y en muchos de los casos estos han sido no reversibles. Por ello se ha precisado realizar este estudio con el fin mitigar los problemas ambientales mediante la implementación de nuevos métodos.

Muchos de estos recursos renovables son parte de los movimientos económicos que se presencian en el país y en el mundo, de esta forma se hará énfasis en el rubro agropecuario donde se ha precisado realizar dicha investigación con el fin de aprovechar las aguas residuales que en mucho de los casos son incontrolables y de difícil eliminación.

Según informes recientes de la OEFA (Organización de evaluación y fiscalización ambiental) señala una crisis gradual en las aguas generadas a nivel nacional, exponiendo que en el año 2024 el Perú genera, mas del doble de las aguas residuales que actualmente pueden manejar las EPS(empresas prestadoras de servicios), dando la comparativa entre la costa con un total de 145 L/habitantes/día, por otra lado la sierra genera 144 L/habitantes/día y la selva teniendo un consumo menor de 136 L/habitantes/día. También nos da una comparativa de la cantidad de consumo entre los años 2012 y 2024, siendo una cantidad diferencial sumamente elevada de 2 217 946 m³/día y 4 842 579 m³/día [1]

En el sector agropecuario, los porcicultores buscan la forma de reducir sus gastos energéticos con el fin de mejorar la crianza de sus lechones implementando calefacción o focos infrarrojos en sus áreas de maternidad. De esta forma al finalizar el destete de dichos lechones estos contarán con un mejor peso y se encontrarán libres de enfermedades respiratorias.

Mediante la propuesta de un Biodigestor para la utilización de las aguas residuales generados en la granja, se planteó como una opción para que en el sector porcícola se autoalimente de las aguas residuales que producen como generadora de biogás [2].

Este combustible es estimado como una Energía Renovable No Convencional (ERNC) y se alcanza a partir del gas metano que emiten los desechos, tal es el caso del estiércol producido por los cerdos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el constante uso de las técnicas poco utilizadas en la actualidad como los generadores de biogás e instrumentos de ahorro de energía, podrían mejorar el sector agropecuario a nivel mundial. [3].

Pecuaria Tumán, se dedica a la producción de cerdos de línea cárnica de raza Pietrain alemán y de cerdos para beneficio, se encuentran ubicados en la región Lambayeque, distrito Tumán. La granja presenta problemas en la acumulación de residuos orgánicos en distintas etapas de su

producción, viéndose afectados ya que presentan una baja cantidad de cerdos destetados ya sea porque mueren por problemas respiratorio u otras enfermedades. La granja no cuenta con luz eléctrica, por lo que viene trabajando con un panel solar de 300W y 24 V, el cual no lo abastece las 24 horas ya que produce 1.5 kW/h. Por lo que la granja porcina busca diferentes formas de solucionar estos problemas con el fin de mejorar sus procesos.

Ante esta situación presentada se planteó la siguiente interrogante ¿De qué manera se puede obtener biogás mediante el tratamiento de aguas residuales en la granja Pecuaria Tumán?

Por lo que el presenta trabajo de investigación tiene como objetivo general realizar una propuesta de tratamientos de aguas residuales para la obtención de biogás en la granja Pecuaria Tumán, y como objetivos específicos analizar la situación actual de la granja Pecuaria Tumán y sus aguas residuales, diseñar un sistema de tratamiento para la obtención de biogás, realizar un estudio costo-beneficio para la propuesta a implementar.

Revisión de literatura

Los residuos orgánicos son todos aquellos residuos de origen natural que pueden desperdiciarse si no se les utiliza adecuadamente. Algunos ejemplos son: cáscaras de fruta o verdura, restos de comida, cascarones de huevo, pan, tortillas, filtros para café, bolsitas de té, heces de animales, lácteos (sin recipiente), huesos, semillas, flores, pasto y hojarasca.

Por otro lado, el estiércol también conocido como excremento o excretas, considerado como un desecho que a su vez contiene una gran variedad de componentes como el agua, carbohidratos, proteínas, grasas y minerales, dentro de su composición también podemos encontrar fragmentos celulares y microorganismos. [4].

A su vez las aguas residuales agrícolas, son agua utilizada en la agricultura que puede provenir de actividades como el lavado de instalaciones de explotación agropecuaria o el riego de cultivos.

Como ya se mencionó anteriormente el presente trabajo de investigación estará dirigido a la obtención del biogás el cual es una sustancia gaseosa obtenida por la alteración de la materia orgánica en estado anaeróbico, a la mezcla del biogás se le denomina metano (CH_4), el cual permite ser utilizado con fines energéticos, de este modo es muy útil ya que por su poder calorífico ha reemplazado a otros combustibles. [5]. Por lo cual se precisa hablar sobre el biogás de estiércol de cerdo siendo este una parte importante del proyecto, un cerdo adulto produce alrededor de 5 kg de estiércol al día. Este desperdicio es 90% de agua y 7% de sólidos volátiles, que pueden producir 4.8 pies cúbicos de biogás al día. Es aconsejable utilizar estiércol de cerdo ya que tiene un alto contenido de nitrógeno y bajas cantidades de carbono, también es muy alcalino, lo que significa que puede inhibir el crecimiento de bacterias productoras de metano.

Se puede mejorar la producción de biogás de estiércol de cerdo mezclándolo con estiércol de vaca o biomasa [6].

Para el desarrollo se pretende implementar un biodigestor el cual es un contenedor netamente cerrado, que puede optar diversos tamaños y formas, aquí se mantendrá almacenados desechos orgánicos con una mezcla de agua, el cual se descompondrá al no haber presencia de aire generando así biogás. [7]. El gas es recogido directamente del tambor el cual puede ser levantado o mover en sentido contrario de acuerdo a la proporción de gas almacenado.

Este proceso se realiza con un buen manejo de residuos y solo el 25% de la materia prima se convierte en biogás, lo que significa que tendrá mucho efluente después de que se agoten los sólidos volátiles. Puede utilizar el digestato como fertilizante, este es más nutritivo que el estiércol crudo porque tiene una alta concentración de nitrógeno.

El digestor convierte más del 80% del nitrógeno de los desechos en nitrato de amoníaco, que es mucho más alto que el 25% y el 50% que se encuentra en la basura profunda y la lechada respectivamente. Esta forma de nitrógeno es mucho más fácil de utilizar para las plantas. Sin embargo, el amoníaco es propenso a fugas, por lo que debe colocar los desechos que no tiene la intención de usar de inmediato en un recipiente hermético. También puede presionar el sustrato para eliminar el exceso de agua antes de secarlo y acondicionarlo para producir gránulos de fertilizante [10].

Para el presente trabajo de investigación sea más profundo y conciso se tomaron en cuenta los siguientes antecedentes:

Trosgard [8] en su investigación, “Small-scale biogas production in the province of Pampanga, Philippines”, en el año 2015, cuyo objetivo fue determinar el diseño y el sustrato de un digestor anaeróbico composición para la producción de biogás a pequeña escala en granjas de traspatio (20 cerdos). Para conseguir este objetivo, se definieron varias metas; determinar la mejor composición del sustrato para la producción de biogás, mediante el uso de experimentos de laboratorio, determinar el mejor diseño adecuado para uso a pequeña escala, probar el sustrato y diseñar en el campo, determinar el impacto de diferentes inóculos, determinar un diseño a pequeña escala basado en condiciones tales como finanzas, materiales de construcción, clima, etc., evaluar los digeridos propiedades como biofertilizante y comparar la producción de biogás con una existente. En el laboratorio de biogás de la Universidad de Karlstad, la mejor composición tuvo una relación VS 1: 2 para cerdo, de estiércol a desperdicio de alimentos, y produjo 111,1 $\text{CH}_4 / \text{g V}$ añadido. El diseño elegido fue un digestor de tambor flotante. Se probó junto con el sustrato y dos inóculos. (estiércol de vaca y digestato de una planta de biogás

existente) en cuatro plantas piloto durante 32 días. Las plantas mostraron síntomas de inhibición en la producción de biogás y el pH cayó a niveles tóxicos.

En la investigación de Zamudio *et al.* [9] titulado “Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento

energético de residuos orgánicos de búfalos en el municipio de Rionegro, Santander” en el año 2021, el presente trabajo tiene como objetivo Implementar un biodigestor tubular de tipo laguna, para la producción de biogás a partir del estiércol de búfalo, instrumentado para la toma de datos, caracterizando su producción en la finca de estudio, ubicada en el municipio de Rionegro, Santander. Se pretende suplir 48,3616 m³ de gas propano, con una relación 1:2 y con temperaturas de 25°C a 35°C. El retorno de su inversión se ve reflejada al tercer mes y el biodigestor tiene un tiempo de duración de entre 10 a 15 años.

Estrada *et al.* [10], en su estudio titulado “Tratamiento de residuales porcinos para la producción de biogás” en el año 2014, en Cuba, con el fin de demostrar el uso del proceso anaeróbico de desechos porcinos para la obtención de biogás en diferentes casos de estudio y el método de cálculo para el proyecto de plantas de este tipo, siendo los biodigestores de cúpula fija los más factibles. Mediante el desarrollo del proyecto de investigación se pudo llegar a la conclusión que este tipo de propuesta permite la transformación del 80% de estos desechos en energía. Ayudando a la granja de forma económica y mejorando ecológicamente su entorno.

En el estudio de Paiva [11] titulado “Propuesta de aprovechamiento del biogás obtenido a partir del tratamiento de las aguas residuales generadas en la empresa rico cerdo F&G SAC.”, en el año 2016, en Chiclayo, Perú. Se enfatizó en sugerir la utilización del biogás adquirido de la depuración de aguas residuales de la Empresa Rico Cerdo F&G, con el fin de ser utilizado en el proceso de calefacción de la zona de maternidad. Teniendo en sus muestras obtenidas un pH de 6,96; DQO de 22210 mg/l, DBO5 de 250 mg/l, fósforo total de 149,30 y nitrógeno total de 621,26 mg/l. De tal manera se determinó que el agua servida es un efluente totalmente contaminante, debido a su alta carga orgánica.

Ruiz [12] en su trabajo de investigación titulado “Diseño de un biodigestor para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC.PP. Las canteras del distrito de Pátapo – Chiclayo – Lambayeque.”, en el año 2020. Teniendo como objetivo a estudiar la forma de cómo se puede emplear el estiércol de ganado vacuno con el fin de elaborar biogás el cual sea utilizado para la elaboración de energía con una demanda pequeña y pueda ser utilizada en una vivienda del centro Poblado Las Canteras. Se cuenta con una obtención habitual de estiércol de 314 kg/día pH de 7,3; materia seca 6%; cuyo potencial de Biogás a producir es de 0,55 m³ /día. Se decidió que el biodigestor a instalar sea Tubular tipo

Taiwan, ya que es económico y no requiere de técnicas complejas. Se estimó un costo de S/. 3 909,20 al año.

Gomez *et al.* [13] en su trabajo de investigación titulado “Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento de los residuos de las granjas porcinas en el municipio de Tibaná.”, en el año 2017. Teniendo como objetivo Fabricar un Biodigestor en el municipio de Tibaná con el fin de generar electricidad y reducir la contaminación ambiental que se presenta por los desechos orgánicos de las granjas porcinas. Donde nos dice que los biodigestores es uno de los mecanismos de tratamiento de los residuos orgánicos generados por este tipo de industria, en donde los residuos orgánicos son fermentados, y por descomposición generan biogás y otros componentes que ayudan significativamente a disminuir el deterioro de los factores ambientales. El adecuado reaprovechamiento del metano que se genera por los residuos representa una forma significativa de disminución de emisiones de gases efecto-invernadero al medio ambiente. Por lo tanto al colocar las excretas de los cerdos dentro del Biodigestor, representará una opción de importantes ventajas a pequeña, mediana y gran escala, con mecanismos adecuados para el tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos que no sólo representa la oportunidad de reincorporarlos en forma de energía al proceso, sino que evita incurrir en sanciones legales por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente y evitar un posible cierre temporal o permanente de las granjas, por el incumplimiento de la normatividad nacional en materia de vertimientos, residuos sólidos entre otros.

Navarro [14] en su trabajo de investigación titulado “Potencial técnico para la producción de biogás, generado a partir de residuos orgánicos producidos en la comuna de Independencia.” en el año 2017. Que tiene por objetivo Analizar el potencial técnico para la producción de Biogás de los residuos orgánicos producidos en la comuna de Independencia. Donde dice que a través de la digestión anaeróbica se puede utilizar los residuos sólidos orgánicos eliminados por la sociedad, principalmente los ubicados en la Comuna de Independencia, para la generación de biogás y digestato. Este estudio se realizó con el propósito de utilizar de forma sustentable y limpia, estos residuos orgánicos para analizar el potencial técnico para la producción de Biogás, contribuyendo a sustituir en parte los combustibles fósiles.

Barrena, *et al.* [15] en su trabajo de investigación titulado “Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, Perú.” Que tiene por objetivo procesar el estiércol de bovino en un biodigestor anaeróbico para producir biogás para la cocción de alimentos y bioabonos para incrementar el crecimiento y la productividad del pasto Nicarion en parcelas experimentales. Donde nos dice que Se instaló un sistema de producción de biogás y bioabonos constituido por un biodigestor tubular de

geomembrana de PVC de 12 m³, con 9 m³ de volumen de trabajo, para determinar el rendimiento del biogás como combustible y la influencia de los bioabonos sobre el desarrollo de pasto para bovinos. En el biodigestor se procesó en anaerobiosis el estiércol de bovino que se cría en el Fundo Palmeras, Puma Hermana, Molinopampa, Amazonas, Perú. El biodigestor es alimentado con mezcla estiércol: agua en la proporción de 1:5. El tiempo de retención hidráulico fue de 29 días a una temperatura ambiente promedio de 14,4 °C. El biogás producido satisface la demanda como combustible de una cocina para la preparación diaria de los alimentos de la familia

Sanabria. *et al.* [16], en su trabajo de investigación titulado “Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia a partir de aprovechamiento de sustratos orgánicos (pasto y aserrín), en la ciudad de Estelí en el año 2017.” Que tiene como objetivo Evaluar los factores de generación de biogás, mediante el proceso de digestión anaerobia a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos, en la ciudad de Estelí, en el año 2017. Donde nos menciona que se desarrolló un estudio de producción de biogás por medio del proceso de digestión anaerobia no controlada a partir del aprovechamiento y caracterización de diversos sustratos orgánicos como son en aserrín y el pasto. Los resultados obtenidos mediante el uso de Infostat, permitió demostrar que, el sustrato orgánico de aserrín es el mejor en cuanto a sus sólidos volátiles. Las medias de pH, temperaturas obtenidas a través del programa Infostat, nos indica que los biodigestores estaban operando con parámetros correctos; el sustrato que presenta mayor volumen de biogás generado, corresponde al aserrín.

Loaiza. y Alarcón. [17], en su trabajo de investigación titulado “Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna.” Que tiene por objetivo Producir biogás utilizando estiércol de ganado vacuno, ovino y equino en silo de maíz en la zona de Sama Inclán. Donde nos menciona que se elaboraron nueve biodigestores, verificando previamente que cumplan con las condiciones adecuadas, cada uno de estos biodigestores tuvieron concentraciones diferentes de estiércol en porcentaje para llegar a 8.5 litros, con silo de maíz de 0.5 litros, y 36 litros de agua para cumplir la relación 1:4 con respecto al agua. Para su evaluación se estimó el tiempo de inicio de producción, la cantidad producida y la calidad del biogás, con la finalidad de conocer las mezclas óptimas, teniendo como resultado que la mezcla óptima para minimizar el tiempo de inicio de producción de biogás es de 6.5 % de estiércol equino, 37.5 % de estiércol ovino y 56 % de estiércol vacuno; para maximizar la cantidad de biogás la mezcla optima es de estiércol equino (6.5%), estiércol ovino (39.7 %) y estiércol vacuno (53.8 %); y para optimizar la calidad de biogás la mezcla es de estiércol equino (6.5 %), de estiércol ovino (42 %) y estiércol vacuno

(51.5 %). Se concluye que es posible la producción de biogás con estiércol de ganado equino, ovino y vacuno con silo de maíz en la zona de Sama Inclán.

Materiales y métodos

En un inicio se coordinó una entrevista con el propietario de la granja con el fin de conocer las falencias que presentaban y así conocer la realidad y dar posibles soluciones a los problemas que aqueja la granja.

Por lo cual este trabajo de investigación está siendo orientado a ser de tipo cuantitativo y con un desarrollo no experimental ya que las variables de investigación no serán manipuladas.

Analizar la situación actual de la granja Pecuaria Tumán y sus aguas residuales.

En esta etapa se utilizó la observación y la recolección de datos como herramientas principales para el desarrollo del primer objetivo, esto se realizó con el fin de calificar y determinar cómo se encuentra la granja.

Mediante la ayuda de un diagrama de proceso, se identificaron las etapas críticas las cuales son las áreas de gestación, maternidad y destete. Siendo aquí donde la empresa viene presentando una gran cantidad de problemas y pérdidas, esto se debe a la gran acumulación de desechos que se presenta y genera aguas residuales en gran cantidad.

Con el fin de cuantificar los residuos generados por la granja se utilizó una balanza para realizar el pesaje del excremento que genera un cerdo al día y de esta forma llenar el registro de generación de residuos.

Posteriormente se realizó el llenado de un registro de producción de cerdos el cual ayuda a medir y registrar eventos de producción de la granja siendo de esta la forma óptima en la utilización de organizaciones pequeñas y medianas evitando así una documentación extensa [18].

Diseñar un sistema de tratamiento para la obtención de biogás.

Para el desarrollo de este objetivo se tomarán en cuenta trabajos de investigación ya ejecutados con el fin de ser más exactos en los resultados tal es el caso de la granja Rico cerdos quien realizó una caracterización, de sus aguas residuales que generaban solo de la crianza de cerdos revisar anexo2, dándole un tratamiento con el fin de generar biogás y de esta forma implementar un sistema de calefacción en su área de maternidad, se observó que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por los límites máximos permisibles, se pudo evidenciar que su DBO y DQO se encuentra muy por arriba de lo establecido por el MINAM, y esto se debe a su concentración de materia prima. El DQO nos ayudara a estimar la producción de biogás. [11].

Por otro lado, el tema de la ubicación donde se realizará este proyecto será un factor fundamental para determinar la viabilidad, ya que es una zona donde no se cuenta con luz eléctrica. Al momento de la selección del biodigestor más adecuado para esta granja se realizó una matriz de selección de sistema, posteriormente se calculó el volumen total y de esta forma poder seleccionar las medidas correctas para la elaboración de este biodigestor y finalmente este fue diseñado en SolidWorks y la inteligencia artificial con el fin de ver su acabado final.

Realizar un análisis costo-beneficio

Al momento del desarrollo el análisis costo beneficio se considerará la cotización realizada junto a los gastos del proyecto, teniendo en cuenta los costos de equipos, mano de obra, maquinarias, etc. Se dividió el proyecto en obra civil, mano de obra para la instalación, materiales y equipos necesarios para la instalación, mantenimiento anual. Posteriormente se evaluó el costo de la luz eléctrica en el distrito de Tumán, esto con referencia al pago común de las viviendas y como último paso se decidió realizar una cotización verbal para la instalación de 3 postes eléctricos y de esta forma hacer la comparativa entre la instalación de un biodigestor y la luz eléctrica convencional.

Resultados y discusión

Analizar la situación actual de la granja Pecuaria Tumán y sus aguas residuales

Pecuaria Tumán, es una granja ubicada en el distrito de Tumán, pasando el cementerio Nuestra Señora de la Paz de Tumán, colindando con la carretera que lleva a Pátapo y su ubicación exacta la podemos ubicar en la siguiente coordenada -6.745357, -79.686961.



Figura 1: Ubicación de granja Pecuaria Tumán

Fuente: Google Maps

Desde el año 2013 esta empresa está dedicada a la producción porcina sacando al mercado cerdos para beneficio, los cuales son vendidos a matarifes de la zona y cerdos con un fin

genético. De esta forma con el pasar de los años Pecuaria Tuman se ha sabido ganar la confianza de sus clientes ya que ofrece animales de gran calidad. Hasta el día de hoy viene trabajando en conjunto con SENASA y los mejores laboratorios en inyectables para sus cerdos.

Los cerdos que ofertan para beneficio cuentan con la mejor carne magra del mercado y por otro lado los cerdos seleccionados para reproducción cuentan con gran velocidad de crecimiento, empleando un costo mínimo de alimentación.

Entre las razas que se maneja en esta granja podemos observar: Pietrae alemán (siendo esta la raza en la que se han enfocado, para su mejora genética) y Belga.

Hoy en día la granja Pecuaria Tuman cuenta con 20 hembras madres, de las cuales no todas se encuentran en el área de gestación. 10 hembras de reemplazo, estas se encuentran en el área de crecimiento hasta que lleguen a los 90 kg, volviéndose aptas para la inseminación. 160 lechones, los cuales cumplirán el ciclo productivo y serán seleccionados ya sea para beneficio o producción porcina.

DESCRIPCION DEL SISTEMA PRODUCTIVO.

Productos

Su principal producto que lanza al mercado Pecuaria Tumán es la venta de lechones con fin de reproducción, ya sean machos o hembras, estos se crían en conjunto con el resto de lechones hasta alcanzar la edad de 2 meses, donde son seleccionados y separados, de esta forma seguirán siendo alimentados con alimento premium el cual es comprado de PURINA, estos cumplen las etapas de alimentación necesarias, tales como pigtech1, pigtech2, pigtech4, H1-OTurbo, hasta que son ofrecidos al mercado. El precio de estos lechos varía entre los 2500.00 y 4500.00 soles

Sub Productos

Entre los sub productos que ofrece Pecuaria Tumán, tenemos a los cerdos de beneficio los cuales son separados del producto principal y son alimentados con un solo tipo de alimento el cual es producido en la misma granja, hasta que estos animales lleguen a los 90 kg, donde serán ofertados a un camal o matarife de la zona.

También tiene como subproducto la venta de semen porcino, el cual es extraído de sus propios cerdos de reproducción, y es enviado al cliente acompañado de pajilla de inseminación y gel congelante.

Desechos

Entre los desechos que se pueden apreciar en la granja Pecuaria Tumán, podemos clasificarlos en orgánicos e inorgánicos.

En los desechos orgánicos podemos encontrar:

- Excretas, que son heces más orina.

- Estiércol, los cuales son una combinación de excretas, desperdicios de agua y restos de alimento.
- Guano, siendo esta la parte solididad de la separación de las excretas.

Entre los desechos inorgánicos se pueden encontrar:

- Pequeños desechos del producto del manejo veterinario.
- Materiales que fueron utilizados para el manejo de los lechones.
- Material administrativo, tales como papel, bolsas, etc.

Desperdicios

Los desperdicios más comunes que se pueden observar son pequeñas porciones de alimento, los cuales son desechados a la hora de la limpieza, la cual se realiza diariamente.

Recursos del Proceso

Entre los principales recursos del proceso de producción de cerdos de la Granja Pecuaria Tumán, son:

Tabla 1. Recursos del proceso de producción en la crianza de cerdos en la granja Pecuaria Tumán.

Mano de obra	Alimento balanceado	Instrumentos o equipos	Extracción de recursos	Materiales de veterinaria
Veterinario	Purina	Comederos automáticos de 6 y 12 bocas	Pozo para extracción de agua	Vacunas
Empleado	De elaboración propia	Panel solar		Curavichera
		Motor eléctrico		Arete y aretador

Fuente: Elaboración propia

Descripción del Proceso

El proceso productivo de la crianza de cerdos tiene como pilar principal el buen manejo de animales, como también centrándose en el desarrollo de las actividades de reproducción, es aquí donde se empieza el proceso de inseminación a las cerdas receptoras, ya sean primerizas o con varios partos. En el caso de las cerdas primerizas estas alcanzan la edad sexual a los 7 u 8 meses donde son óptimas para la inseminación, siempre y cuando llegue a los 90 kg de peso el cual es ideal para la etapa de gestación.

Posteriormente las cerdas pasaran al área de gestación, aquí cumplirán un periodo de 114 días, siendo estos 3 meses, 3 semanas y 3 días para que empiecen a labor de parto. Cabe resaltar que las cerdas estarán en jaulas de gestación o parideras. Semanas antes de que las cerdas entren a labor de parto, estas serán enviadas al área de maternidad, siendo este el lugar donde parirán, a partir de ese instante los lechones requieren de un cuidado especial de 3 días, donde se le hará la aplicación de hierro, después de 2 días de la aplicación se procederá aplicar vitaminas tales como vigantol, vitacel o catosal. Pasado los 10 días de vida del lechón se volverá a aplicar vitaminas nuevamente con el fin de fortalecer su sistema defensivo.

A los 28 días de nacidos, los lechones serán desparasitados y pasaran al área de destete donde se quedarán hasta los 2 meses de edad y serán seleccionados ya sea para beneficio o reproducción. De esto dependerá el tipo de alimento que van a consumir en el caso de los cerdos selectos para reproducción se le dará un alimento premium y los cerdos de beneficio serán alimentados por un concentrado propio de la granja.

En cuanto a las cerdas después de 1 semana del destete, volverán a ser inseminadas y en el caso de que ya hayan cumplido su ciclo reproductivo serán beneficiadas.

En cuanto al proceso de alimentación, el área de destete cuenta con comederos automáticos los cuales son rellenados dependiendo del consumo de los cerdos, estos se alimentan a discreción y sin que les falte el concentrado. Mientras que en el área de gestación cada cerda tiene un comedero, aquí se suministrarán 3 kg de concentrado diario, mientras que en el área de maternidad cada cerda al igual que en el área de gestación contara con un comedero y se les suministrara 3 kg de concentrado más 0,5kg por lechón que amamanta.

Cabe resaltar que las etapas donde se presentan los problemas que aqueja la granja son las áreas de gestación, maternidad y destete, realizándose aquí una limpieza diaria, produciendo un volumen considerable de aguas residuales y desperdicios los cuales son vertidos al desagüe directamente, viéndose reflejado un alto índice de atoramiento en este.

Esto trae consigo diversas enfermedades tanto para los animales como a las personas que viven en este entorno. Por otro lado, se puede apreciar el deterioro del ecosistema.

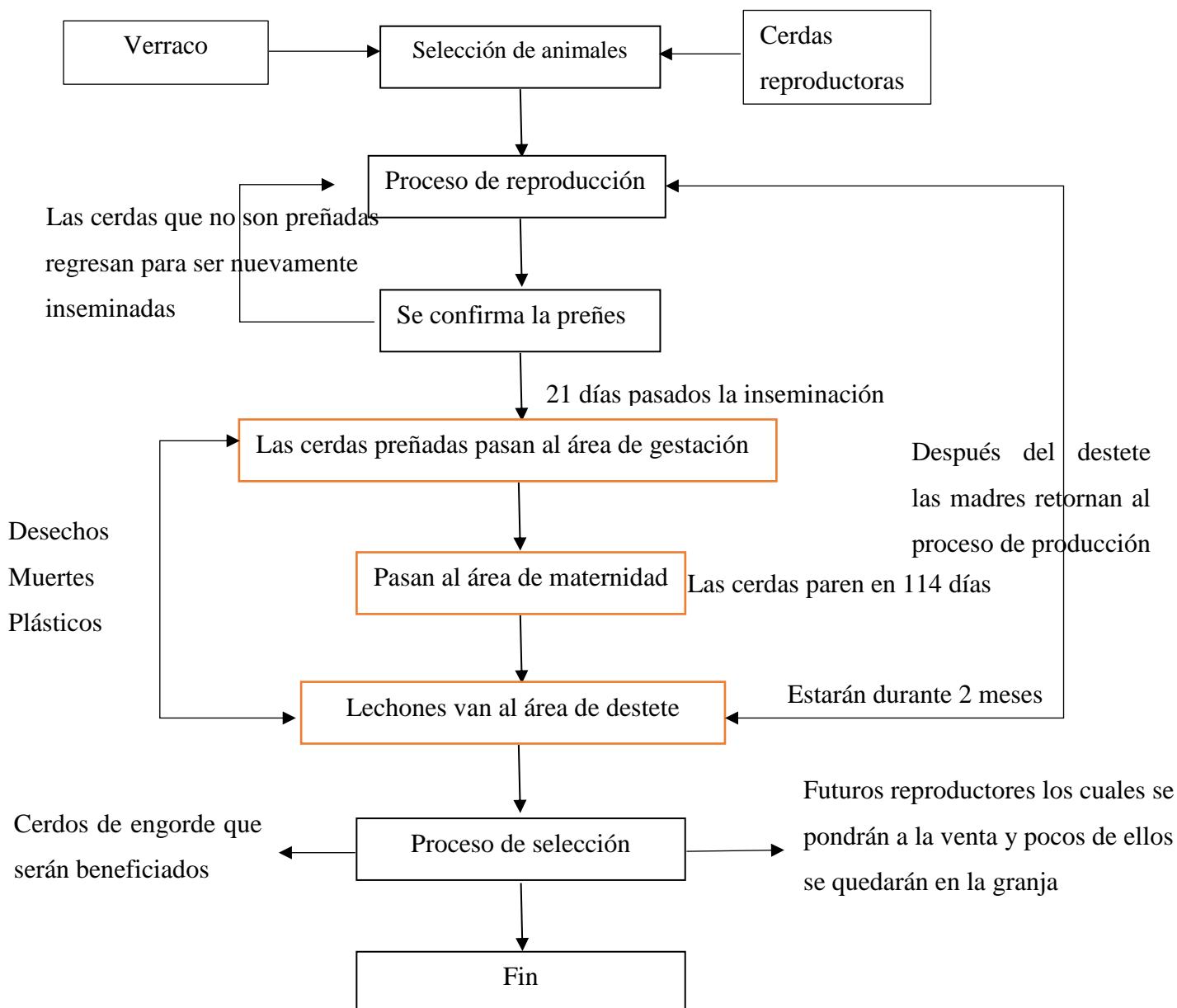
Análisis del Proceso

Mediante el siguiente diagrama podemos apreciar las atapas en las que se presentan los problemas y los cuales afectan a la granja siendo estas:

- Área de gestación
- Área de maternidad
- Área de destete

En estas etapas es donde se presenta una gran disminución de lechones los cuales mueren por enfermedades respiratorias, falta de higiene en los corrales, u otras causas.

Diagrama de proceso de la granja Pecuaria Tumán.



Fuente: Elaboración propia

Resumen de Indicadores Actuales del Proceso

Con el fin de tener un conocimiento más exacto sobre la cantidad de excretas que produce un cerdo de la granja Pecuaria Tumán se tomó una muestra de diferentes animales siendo estos

el reproductor macho, una cerda adulta y un lechón de 4 meses. posteriormente se pesó en una balanza y se obtuvieron los resultados presentados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Cantidad de excrementos generados por cerdo al día.

Animales	kg de excremento por cerdo	kg/día	Total
1 cerdo macho	0.8	2.4	2.4
1 cerda adulta	0.75	2.25	45
1 lechón de 4 meses	0.1	0.3	51
Total	1.65	4.95	98.4

Fuente: Elaboración propia

Los desechos generados provenientes de la granja, son eliminados mediante sus aguas residuales, teniendo una proporción de 1:4, generando 14,850 L de aguas residuales. Por lo que para analizar estas se necesitan los siguientes parámetros.

Tabla 4. Parámetros para el análisis de las aguas residuales

Parámetro	Unidad	Método de análisis	Importancia
pH	-	Potenciómetro	Estabilidad del proceso biológico
DQO	mg/L	Dicromato (colorimétrico)	Carga orgánica total
DBO ₅	mg/L	Incubación a 20°C	Carga biodegradable
Sólidos Totales	mg/L	Secado a 105°C	Total, de materia
Sólidos Suspendidos	mg/L	Filtración y secado	Diseño del digestor
Fósforo Total	mg/L	Colorimetría	Eutrofización

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos se pueden evidenciar en el anexo 3, los cuales fueron manejados en la tesis de la granja Rico Pig, han sido seleccionados estos datos ya que esta granja tiene un manejo productivo similar al de Pecuaria Tumán.

Para poder tener conocimiento sobre las muertes de lechones que presenta la granja se realizó el llenado de un registro de producción el cual se pudo realizar gracias a la información otorgada por el ayudante que labora la granja. Visualizando en el anexo 2 la siguiente tabla que se obtiene un 87.5% de cerdos vivos, y un 12.5% de cerdos que mueren por enfermedades respiratorias y/o aplastamientos.

Mediante la inspección realizada se identificaron los elementos que necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento y son utilizados en el proceso productivo de la granja, los cuales fueron colocados en la siguiente tabla junto a la cantidad de kW al mes que consumen.

Tabla 4. Cantidad de energía utilizada en la granja

Elementos	Cantidad de Kw consumido	Cantidad de kw que consume al día (8 hrs)	Cantidad de kw que consume al mes
5 foco ahorrador	0.025	0.2	6
motor eléctrico BT 112 M	0.5	4	120
Tv led de 21´	0.084	0.672	20.16
Total	0.609	4.872	146.16

Fuente: Elaboración propia

IDENTIFICACION DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION Y SUS CAUSAS

Análisis y evaluación de la información del proceso

El principal problema que aqueja pecuaria Tumán es la baja cantidad de lechones destetados, donde se puede apreciar que los problemas que acompañan a este son:

- Capacitaciones de operario: Esto se da ya que el operario es una persona sin estudios e inexpertos y no cuenta con la capacitación adecuada
- Temperatura: Al existir cambios bruscos de temperaturas en las áreas de maternidad los lechones tienden a usar su calor corporal, generando el quemado de calorías y disminuyendo de peso o cogiendo poco peso en esta etapa.
- Instalaciones: Como se puede apreciar en los anexos, existentes condiciones deplorables y una mala distribución lo cual ha conllevado a que se generen distintas enfermedades.
- Calidad de alimento: La calidad de alimento que se maneja en Pecuaria Tumán, es de buena calidad, pero el mal manejo ha conllevado que en mucho de los casos no suministren el alimento inadecuado y este se encuentre almacenado en un lugar inapropiado, esto ha generado en gran parte diarreas.
- Manejo de animales: El mal manejo por parte del dueño y trabajar ha traído consigo una baja producción de cerdos

- Proceso de crecimiento: En general este punto se ve reflejado en toda la granja, teniendo una mala alimentación a pesar de suministrar alimento premium y sobre todo haciendo mal uso de los recursos.

Cuadro de Problemas, Causas y Pérdidas

Tabla 5. Problemas, causas y pérdidas de granja Pecuaria Tumán.

PROBLEMA	CAUSAS	PERDIDA ECONOMICA S/	
		Cerdo beneficiado	Cerdo para reproducción
Baja producción de lechones en la etapa de maternidad	Problemas respiratorios	S/1,200.00	S/ 2,500.00- 4,500.00
	Corrales en mal estado		
	Problemas al momento de destete		
Cerdos destetados con bajo peso	Enfermedades respiratorias	S/ 800.00 -	
	Diarreas	S/ 1200.00	
	Mala alimentación		

Fuente: Elaboración propia.

La principal problemática que presenta la granja Pecuaria Tumán es la baja producción y bajos pesos al momento del destete, ya sean por enfermedades o mal manejo. Su pérdida económica en el caso de los cerdos de beneficio variara ya que no todos llegaran al peso ideal de 120 kg, mientras que en el caso de cerdos destinados a producción su pérdida será de 2500.00 – 4500.00 soles por cerdo.

Problemas, Causas y Propuestas de Solución en la granja

Problema Principal:

Baja producción de lechones en el área de maternidad y destete, este problema ocurre ya que la granja no cuenta con la tecnología adecuada y por este motivo se presentan problemas respiratorios en los cerdos, esto viene afectando en su peso y proceso de crecimiento, en el peor de los casos conlleva a la muerte del lechón. En la etapa de destete, los cerdos tienden a perder peso, generando que no lleguen al peso ideal al final de su crianza.

Causa 1.

Los lechones en el proceso de maternidad y destete corren con el problema del frío, esto trae consigo distintas enfermedades respiratorias, lo que ocasiona que el animal baje de peso y en el peor de los casos conlleve a la muerte.

Causa 2.

Las malas condiciones y el deplorable manejo han traído consigo un sinfín de enfermedades, afectando tanto a las cerdas reproductoras y lechones

Propuesta de solución.

En el área de maternidad y destete de granja Pecuaria Tumán cuenta con 10 cerdas madres, las cuales ingresarán 2 semanas antes, en esta área se requiere un cuidado especial ya que los lechones que nacen necesitarán de una temperatura óptima, porque son muy débiles a cambios bruscos de temperatura.

El lechón recién nacido tiene una temperatura en un rango de 32°-35° C [11], cuando este nace en un ambiente deplorable tiende a utilizar energía propia, lo que ocasiona que en el transcurso de su crecimiento llegue bajo al peso de su destete. Por lo cual es primordial que las granjas manejen un buen ambiente para las horas críticas del parto.

En el proceso de observación se pudo conocer que la agrupación de lechones en determinadas zonas de maternidad es con la finalidad de acoger el calor que estos producen, de esta manera utilizan energía propia para generar su fuente de calor.

Por este motivo se precisa la implementación de un biodigestor para la obtención de biogás y retroalimentar a la granja con el fin de instalar zonas de calefacción en las áreas de maternidad y destete, de este modo la granja pueda aumentar su producción obteniendo lechones más conformados y con mejor peso al momento del destete, de esta forma la granja podrá aumentar la cantidad de lechones con fin de reproducción y en el caso de cerdos para beneficio tendrán un mejor peso al culminar su ciclo.

Con la implementación de este biodigestor la granja también disminuirá su impacto negativo al ambiente.

Hoy en día las granjas tecnificadas son partícipes de la implementación de zonas de calefacción ya que con esto se ha evidenciado un aumento de peso en lechones y disminución de muertes en distintas áreas.

El sistema de calefacción debe de funcionar los 28 días de vida del lechón en el área de maternidad y en el área de destete 30 días con el fin de evitar disminución de peso por problemas respiratorios, diarreas y uso energético corporal. Por ellos es preciso resaltar que se Pecuaria

Tumán tiene un 87.5% de cerdos vivos, y un 12.5% de cerdos que mueren por enfermedades respiratorias y/o aplastamientos.

Diseñar un sistema de tratamiento para la obtención de biogás.

Para el desarrollo de este proyecto se decidió la implementación de un biodigestor tubular el cual es el más adecuado por sus características que presenta, este es de fácil instalación, bajo costo de mantenimiento, su estructura es de plástico y en su mayoría es de forma cilíndrica y alargada, lo hace la mejor elección ya que la cúpula de gas formada es muy notoria, y para la selección de este tipo de biodigestor se realizó una matriz de selección la cual se puede observar en el anexo 5 [19].

También se puede construir con tubos de PVC duro que se puede colocar en el suelo o en zanjas. El digestor se alimenta en un extremo del tubo; cuando esté lleno, el sustrato digerido se moverá a lo largo del tubo y saldrá por en el otro extremo. La salida de gas es ubicada en la parte superior del tubo y debe conectarse a un colector de gas para que sea usado cuando sea necesario. El digestor tubular es horizontal, lo que le otorga una gran superficie que puede ser calentada por el sol; esto hace que la producción de biogás sea alta. Se pueden utilizar diferentes materiales de aislamiento. Para una mayor duración y una vida útil más larga, se puede usar PCV, aunque tiene un costo mayor. Ferrer et al. (2011) alcanzó hasta un 63-67 % de metano contenido del biogás producido a partir de estiércol de vaca en cuatro digestores tubulares. Cabe resaltar que el metano producido por los cerdos es mucho mayor al de las vacas por ende la implementación de este biodigestor resultaría muy factible para la obtención de biogás [8].

La relación estiércol:agua que se está manejando para el desarrollo es de 1:4 [20]. Pecuaria Tumán tiene una producción de 98,4kg de excremento diario, por lo que la cantidad de agua que necesitara en el biodigestor tubular es de 393,6 L de agua, generando así una mezcla de 495 Kg de estiércol, cabe resaltar que la granja realiza limpieza de corrales diario, generando así 14,850L de estiércol al mes.

Al final del proceso se generan residuos sólidos y líquidos los que muchas veces son desechados y en otros casos son aprovechados como biofertilizante con el fin de promover el enriquecimiento del suelo. De este proceso se puede obtener biol el cual es un abono líquido y se estima que se puede aprovechar entre el 70% y el 80% del desecho líquido generado. Por otro lado, del desecho solido se puede obtener biosol el cual es un fertilizante sólido.

Los biodigestores tubulares tienen un tiempo de retención que va depender de la temperatura en donde se encuentre este, como se ve en el anexo 7 y 8 la granja Pecuaria Tumán tendrá que esperar entre 30 y 40 días para la obtención del biogás. Este biodigestor no contara con diseño solar, ni criterios de instalación ya que la temperatura que se maneja es de 23-27° C [20]. El

funcionamiento de este es mediante una alimentación periódica o diaria, así el estiércol que ha sido ingresado con mucho más tiempo se encontrara trabajando en la producción de biogás y de esta forma cumplirá su ciclo, mientras que el que ingresa posteriormente alimentara el biodigestor con nuevo biogás y así se producirá en todas sus etapas, esto cumple un ciclo en el cual la granja se alimentara constantemente [20].

Para el cálculo del biogás se usará la DQO ya que es el método que más se asemeja a la realidad por ello se aplica la siguiente formula:

$$\text{Cantidad de carga al biodigestor: } 0,495 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$\text{Concentración de DQO: } 22210,17 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{Concentración total de DQO} = 0,495 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 22210,17 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 10,994 \frac{\text{kg DQO}}{\text{día}}$$

Moncayo en su estudio nos menciona que la producción de biogás es de 0,35 m³ biogás/kg de DQO [21].

$$\text{De esta forma: } 10,994 \frac{\text{kg DQO}}{\text{día}} * 0,35 \frac{\text{m}^3}{\text{kg de DQO}} = 3,8479 \text{ m}^3 \text{ de biogás al día}$$

Según la investigación realizada por Paiva nos dice que 65% es metano, 27% es CO₂ y 3,8% es H₂S entonces:

$$65\% \text{ de metano: } 2,5011 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$27\% \text{ de CO}_2: 1,0389 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$3,8\% \text{ de H}_2\text{S: } 0,146 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por lo siguiente, la granja producirá una cantidad de 115,437 $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ de biogás y 1385,24 $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ de biogás

Para el desarrollo de este biodigestor se tendrá que tomar en cuenta el volumen líquido, el cual es la cantidad de días de retención para generar el biogás multiplicado por la carga diaria y se realiza mediante la siguiente formula.

$$V_l = TR * CD$$

$$V_l = 30 \text{ d} * 495\text{L} = 14,850\text{L} = 14,85 \text{ m}^3$$

Donde:

- V_l= Volumen liquido (m³ o L)
- TR= Tiempo de retención (dias)
- CD= Carga diaria (m³/d o L/d)

Posteriormente se precisa obtener el volumen total el cual se obtiene de la suma del VI + el 40% de este.

$$Vt = 14,850l + 5,940l = 20520L = 20,52 m^3$$

Posteriormente es necesario determinar el tamaño del biodigestor a implementar para esto podemos utilizar la fórmula de volumen de un cilindro, cabe resaltar que estará echo de plástico de invernadero con el fin de reducir el costo de la implementación:

$$20,52m^3 = \pi * r^2 * l$$

$$20,52m^3 = \pi * r^2 * 7 \dots r = 0.9$$

Por lo que las dimensiones de nuestro biodigestor serán:

- Longitud de la circunferencia: 6,5 m
- Diámetro: 1,932 m
- Radio: 0,97 m
- Largo: 7 m

La aplicación y diseño del biodigestor con las medidas planteadas se puede observar en el anexo 10 y 11.

Posteriormente es necesario la implementación de una zanja la cual es el contenedor de la parte líquida que se produce, siendo este el 60% de lo producido por lo que tendrá una capacidad del 14,85 m³. Al tener el terreno un área plana no se necesita calcular ángulos de inclinación, ya que el recorrido del estiércol será fluido. Las medidas que esta zanja debe tener:

Largo: 7m

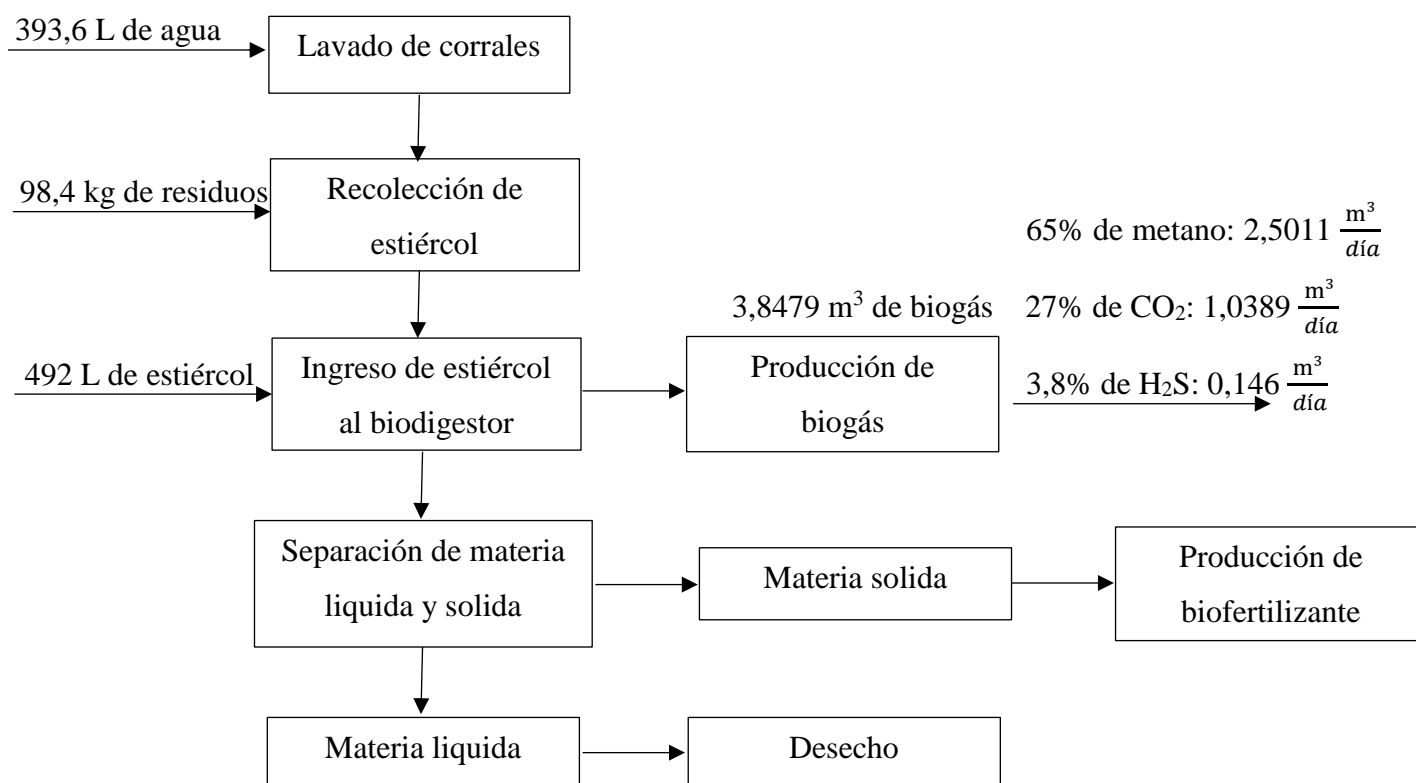
Profundidad: 1,1592m

Ancho_{superior}: 1,932m

Ancho_{Inferior}: 1,532

El biodigestor cuenta con una entrada, donde ingresarán los residuos orgánicos de la granja, una salida donde el estiércol que ya cumplió su ciclo empezará a salir con forme el biodigestor se vaya llenando y este residuo es conocido como biosol el cual es un abono natural, estas entradas y salidas se visualizan en el siguiente diagrama.

Diagrama de generación de biogás en la granja Pecuaria Tumán.



Fuente: Elaboración propia

En la parte superior del biodigestor se cuenta con una tubería, de donde se extrae el biogás. Con el fin de implementar una zona segura se precisa implementar una válvula para evitar posibles fugas.

El biodigestor estará situado en la parte media de la granja, la cual es una zona que se encuentra libre, con salida a un descampado el cual es el ideal para poder verter y tratar los bioabonos, se precisa que la canaleta que conecta al desagüe sea desviada a la boca principal del biodigestor y de este modo poder alimentarlo.

Nuevos Indicadores del Procesos

Tabla 6. Aprovechamiento del biodigestor

Utilización de desechos	Generación de biogás	Producción de energía
14,85 m ³ de estiércol	3,8479 m ³ de biogás/día	1 m ³ = 6,56 kWh 3,8479 m ³ = 25,242 kWh

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Comparativo de Indicadores

Para la comparación de los indicadores se tomaron los ya presentados anteriormente, y se plantearon junto a los nuevos indicadores los cuales son:

Indicadores al inicio de la investigación

- Baja producción de lechones en la etapa de maternidad

- Cerdos destetados con bajo peso

Indicadores al implementar la investigación

- Aumento de producción de lechones en el área de maternidad
- Cerdos destetados con peso ideal

PROBLEMA	CAUSAS	PERDIDA ECONOMICA S/		Mejora	CAUSAS	PERDIDA ECONOMICA S/	
		Cerdo beneficiado	Cerdo para reproducción			Cerdo beneficiado	Cerdo para reproducción
Baja producción de lechones en la etapa de maternidad	Problemas respiratorios	S/1,200.00		Aumento de la producción de lechones en el área de maternidad.	Se evidenció la desaparición de problemas respiratorios	S/1,200.00 – S/2,000.00	
	Corrales en mal estado				Mejoro la calidad de los corrales		
	Problemas al momento de destete				Los cerdos destetados no presentan problemas		
Cerdos destetados con bajo peso	Enfermedades respiratorias	S/ 800.00 - S/ 1200.00	S/ 2,500.00- 4,500.00	Cerdos destetados con peso ideal.	No se evidencian enfermedades respiratorias	S/1,200.00 – S/2,000.00	S/ 2,500.00- 4,500.00
	Diarreas				No se evidencian problemas ocasionados por el frío, como la diarrea		
	Mala alimentación				Mejor aprovechamiento del alimento		

Imagen 2: Comparación de indicadores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Comparación de indicadores energéticos

Indicador	Utilización de desechos	Generación de biogás	Producción de energía
Con mejora	14,85 m ³ de estiércol	3,8479 m ³ de biogás/día	1 m ³ = 6,56 kWh 3,8479m ³ =25,242kWh
Sin mejora	-	-	4.872 kW/día

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Pecuaria Tumán para la implementación de este biodigestor tendrá que tomar en cuenta los costos de inversión tales como: obra civil, mano de obra o personal adecuado, material y equipos para la elaboración del biodigestor.

Las cuales comprenden lo siguiente:

Obra civil:

- Limpieza y nivelación de terreno
- Trazo y replanteo de terreno
- Excavación de terreno

Mano de obra para el proceso de instalación:

- 1 maestro con cuña caliente
- 2 ayudantes

Material y equipos para el biodigestor

- Geomembrana de 1.5 mm
- 2 tubos de 6''
- 2 codos de 45° de 6''
- Tuvo de 3/4''
- Válvula de seguridad

Mantenimiento anual

- 4 ayudantes

Los costos para los puntos ya mencionados se presentarán en la siguiente tabla, y la proforma realizada para el costo de geomembrana se aprecia en el anexo 12.

Tabla 8. Costos para la implementación de biodigestor

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Obra civil				
Limpieza y nivelación de terreno	ayudante	2	S/ 80.00	S/ 160.00
Trazo y replanteo de terreno	ayudante	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Excavación de terreno	Retro excavadora	3 horas	S/ 120.00	S/ 360.00

Mano de obra para proceso de instalación				
Maestro con cuña caliente	maestro	1	S/ 150.00	S/ 150.00
ayudantes	ayudante	2	S/ 80.00	S/ 180.00
Material y equipos para el biodigestor				
Geomembrana de 1.5 mm	m2	94.5	S/ 11.04	S/ 1043.28
Tubos de 6''	unidad	2	S/ 369.90	S/ 739.80
Codos de 45° de 6''	unidad	2	S/ 78.00	S/ 156.00
Tubo de 3/4	unidad	1	S/ 21.70	S/ 21.70
Válvula de seguridad	unidad	1	S/ 1,037.95	S/ 1,037.95
Mantenimiento anual				
Ayudantes	ayudante	4	S/ 80.00	S/ 320.00
Total			S/ 2,108.59	S/ 4,248.63

Fuente: Elaboración propia

Beneficio

La finalidad de la implementación de este biodigestor es para reducir sus gastos energéticos futuros de la granja Pecuaria Tumán, con su auto alimentación del biogás y poder producir energía eléctrica, esto con el único fin de que puedan implementar la tecnología necesaria que los ayude a mejorar su producción. Ya que la granja al implementar tecnología tendría un consumo mensual promedio de 120Kw/h tomando este dato de una granja con un promedio similar de animales a la de Pecuaria Tumán. Teniendo un costo energético según la siguiente tabla:

Tabla 9. Costos de luz eléctrica en el distrito de Tumán para 120Kw/h

Cargo fijo	S/ 4.17
Cargo por reposición y mantenimiento	S/ 1.6
Energía activada	S/ 100.914
Alumbrado publico	S/ 7.09
Sub total	S/ 113.774
Impuesto general a las ventas	S/ 20.47932
Aporte ley N° 28749	S/ 1.04
TOTAL	S/ 135.293

Fuente: Recibo de Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Norte S.A.

Siendo este el total a pagar mensualmente por el consumo de energía ya mencionada anteriormente, cabe resaltar que para que la granja acceda a energía eléctrica, tiene que sacar una cotización a la empresa encargada para la instalación de 3 postes de luz ya que es la distancia a la que se encuentra de un punto eléctrico, el costo de la instalación se refleja en el anexo 13 siendo un total de S/3,904.00. Lo que hace que el desarrollo de un biodigestor sea muy factible para el funcionamiento de la empresa y sus implementaciones.

Pecuaría Tumán tendría un gasto mensual de S/ 135.29 en el caso de la implementación de luz eléctrica, lo que anualmente sería un total de S/ 1,623.52.

Según los datos de la tabla 6 la granja genera 3,8479 m³ de biogás/día lo que equivale a 1 m³ = 6,56 kWh, siendo un total de 3,8479 m³ = 25,242 kWh producción de biogás.

Según el anexo 14 podemos apreciar que la viabilidad del proyecto es favorable ya que el TIR o tasa interna de retorno es mayor al 0%, obteniendo el 58%, mientras que C/B indica que por cada sol invertido se obtendrá una ganancia de S/ 1.26.

Discusión

Trosgard E. en su investigación [8] “Small-scale biogas production in the province of Pampanga, Philippines” mediante su selección de diseño y selección de un biodigestor anaeróbico a pequeña escala nos muestra que la composición de heces-agua para su proyecto es de 1-2, teniendo un periodo de retención de 32 días. El autor nos menciona que el tipo de biodigestor seleccionado fue de tambor flotante, produciendo así 111.1 CH₄ / g V

En la presente investigación mediante la selección del biodigestor tubular o taiwan, se puede apreciar que la composición heces-agua es de 1-4, y su periodo de retención es mucho menor siendo este de 30 días. Se puede observar que la producción de biogás es del 40% del volumen líquido obtenido, ya que es un parámetro dado para este tipo de biodigestores.

Estrada et al. [10] en su estudio titulado “Tratamiento de residuales porcinos para la producción de biogás” nos menciona que para la implementación de su biodigestor requiere la unión de 5 fincas las cuales tienen un total de 685 cerdos, lo que le conlleva a producir 109 m³/d de biogás. El autor también nos dice que posterior al tratamiento los residuos generados van a una laguna de oxidación con el fin de tratar nuevamente este residuo.

En esta investigación se trabaja tan solo con granja Pecuaria Tumán, y se produce un total de 3,8479 m³ biogás al día, teniendo un total de 14.85 del volumen líquido que corresponde a aguas residuales. Su conversión de biogás es de 20% más por el biodigestor seleccionado. En la actualidad Pecuaria Tumán no cuenta con un proceso de tratamiento para el residuo generado al finalizar del proceso de conversión de biogás, a pesar de ello se quiere plasmar la elaboración de un compost con el fin de generar ingresos extras.

En el estudio de Paiva [11] titulado “Propuesta de aprovechamiento del biogás obtenido a partir del tratamiento de las aguas residuales generadas en la empresa rico cerdo F&G SAC.” Nos menciona que al enviar su muestra obtenida de una de las lagunas de oxidación Laboratorio de Agua, Suelo, Medioambiente y Fertirriego de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, donde se obtuvo el siguiente resultado: un pH de 6,96; DQO de 22210 mg/l, DBO5 de 250 mg/l, fósforo total de 149,30 y nitrógeno total de 621,26 mg/l. determinando que sus aguas servidas son totalmente contaminantes por su gran cantidad de desechos orgánicos producidos por la crianza porcina, el autor nos menciona que utilizó un biodigestor de tambor flotante y su relación de excremento-agua es de 1-5.

En este proyecto de investigación se tomó como referencia los datos obtenidos al enviar la muestra de una de sus lagunas de oxidación realizado por Paiva Periche, Percy, esto con el fin de tener datos precisos y comprobados por una entidad fiable. A pesar de ello trabajamos con un tipo de biodigestor diferente, el cual nos permite tener una composición de excremento-agua menor ya que se trabajaba con 1-4, el biodigestor seleccionado es el tubular o de modo Taiwán, se utiliza ya que se estará proponiendo en una granja a pequeña escala. Aun, así como se pudo denotar con la comparación de diversos antecedentes el biodigestor tubular nos permite un mayor aprovechamiento de los desechos, esto va depender de la composición que se utilice, el clima en donde se va a implementar el proyecto, ya que a más calor mayor será el porcentaje de obtención de biogás, con este proyecto se pretende aprovechar hasta el 40% de la capacidad del biodigestor.

Ruiz [12] en su trabajo de investigación titulado “Diseño de un biodigestor para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC.PP. Las canteras del distrito de Pátapo – Chiclayo – Lambayeque.”, en el año 2020. Teniendo como

objetivo a estudiar la forma de cómo se puede emplear el estiércol de ganado vacuno con el fin de elaborar biogás el cual sea utilizado para la elaboración de energía con una demanda pequeña y pueda ser utilizada en una vivienda del centro Poblado Las Canteras. Se cuenta con una obtención habitual de estiércol de 314 kg/día pH de 7,3; materia seca 6%; cuyo potencial de Biogás a producir es de 0,55 m³ /día. Se decidió que el biodigestor a instalar sea Tubular tipo Taiwán, ya que es económico y no requiere de técnicas complejas. Se estimó un costo de S/. 3 909,20 al año.

En la presente investigación se realizó un biodigestor con un volumen líquido de aguas residuales mucho más elevado, lo que hace que el biodigestor a diseñar sea mucho más grande y produciendo una cantidad más alta de biogás, teniendo un costo de S/ 4,248.63 y una producción 3,8479 m³ biogás, cabe resaltar que esta producción es mucho más elevada por los parámetros tomados y los niveles de calor a los que estará expuesto el biodigestor, por otro lado, el material utilizado es de mejor calidad.

Conclusiones

Mediante el desarrollo de este proyecto se llegó a la conclusión que la granja Pecuaria Tumán, producirá 3,8479 m³ de biogás/día con el tratamiento de sus aguas residuales, de este modo la granja puede mejorar sus áreas críticas y así contribuir al medio ambiente con el manejo de sus residuos.

En el análisis realizado a la gran Pecuaria Tumán se identificó como etapas críticas área de gestación, área de maternidad y área de destete presentándose 13,3% de lechones muertos y 14,850 L de aguas residuales vertidos al desagüe, estos desperdicios son causantes de distintas enfermedades tanto para los trabajadores como para los animales que habitan en la granja. También se evidenció que la granja no se abastece completamente de energía lo que ocasiona una baja producción final.

Mediante las investigaciones realizadas con el fin de la obtención de biogás se concluyó que el mejor sistema de tratamiento a implementar en la granja Pecuaria Tumán es un biodigestor tubular de modo Taiwán, por las características que presenta. Es necesario resaltar que este tipo de biodigestor es muy productivo y se puede aprovechar al máximo implementándolo en la parte norte del Perú ya que su tiempo de retención será mucho menor por el gran calor que presenta y el porcentaje de biogás producido será mayor a la de otras zonas.

Con el análisis costo-beneficio realizado se puede apreciar que el costo total para la construcción y mantenimiento en un año del biodigestor será de un total de S/ 4,248.63, mediante esta implementación Pecuaria Tumán tendría una ganancia de S/ 1.26 por cada sol invertido.

Recomendaciones

Si se desea llevar este proyecto con un biodigestor con mayor durabilidad, se recomienda realizar con PVC ya que es el único material con el que se puede implementar este tipo de biodigestor, cabe resaltar que no se podrá apreciar a simple vista la generación de biogás y la descomposición llegará a ser un poco más lenta.

Se precisa la implementación de un quemador de turbina de gas con el fin de que la granja produzca su propia energía eléctrica y pueda autoalimentarse de este modo podrá implementar tecnología que la ayudara a mejorar su proceso de producción y así disminuir las pérdidas de lechones que viene presentando.

Es de suma importancia tratar el desecho final del proceso de generación de biogás, ya que estos son utilizados como biofertilizantes, se le denomina biosol y biol. De ser necesario un estudio de mercado, se recomienda realizarlo con el fin de conocer a que mercado dirigirlo y la posible ganancia que puede tener la granja con este.

Con el fin de retroalimentar la granja con el biogás producido y mejorar sus etapas críticas es necesario la implementación de zonas caloríficas, la mejor opción a la hora de elegir un producto térmico son los calentadores de cerámica infrarrojos a gas, esto se pudo evidenciar en la granja Rico Cerdos, y su consumo de GLP de 0,18 kg/h.

Referencias

- [1] H. R. Gomez Apac, «Fiscalizacion ambiental en aguas residuales,» Lima, 2025.
- [2] MINAGRI, «Promueven uso de biodigestores y biogas en el Perú,» Lima, 2016.
- [3] SENASA, «Del estiércol de cerdo al biogás,» Huila, 2014.
- [4] L. Arellano, M. Cruz Rosales y C. Huerta, «El estiércol: material de desecho, de provecho y algo más.,» Veracruz, 2014.
- [5] Ministerio del ambiente, «Reportes estadísticos Lambayeque,» Lima, 2022.
- [6] GAZPACK, «Manure digestion for biogas from cow/pig/chicken manure».
- [7] I. Corona Zuñiga, «Biodigestores,» Hidalgo.
- [8] E. Trosgård , «Small-scale biogas production in the province of Pampanga, Philippines».
- [9] G. Zamudio Loza y J. S. Gomez Aguilar, «IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE BUFALOS EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO, SANTANDER,» Bucaramanga, 2021.
- [10] Y. Angulo Zamora, R. Sosa Caceres, D. Alonso Estrada, Y. Lorenzo Acosta y M. Diaz Capdesuñer, «Tratamiento de residuales porcinos para la producción de biogás,» Cuba, 2017.
- [11] P. F. Paiva Periche, «PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS OBTENIDO A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA EMPRESA RICO CERDO F&G S.A.C., PARA SU USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN DE LAS ÁREAS DE MATERNIDAD,» Lambayeque, 2016.
- [12] B. E. Ruiz Pinto, «DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA UNA VIVIENDA RURAL EN EL CC.PP. LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE PÁTAPO – CHICLAYO - LAMBAYEQUE,» Lambayeque, 2020.
- [13] E. N. Gomez Lopez, J. S. Rodriguez Reyes y A. Torres Martines, «IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LAS GRANJAS PORCINAS EN EL MUNICIPIO DE TIBANA.,» Bogota, 2017.

- [14] N. Navarro Ortiz, «POTENCIAL TÉCNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS, GENERADO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN LA COMUNA DE INDEPENDENCIA.,» Santiago, 2017.
- [15] M. A. Barrena Gurbillon, F. Cubas Alarcon, W. Gosgot Angeles, C. M. Ordinola Ramirez y J. Rascon Barrios, «Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, Perú,» Amazonas, 2019.
- [16] O. J. Sanabria Vindell, A. E. Sanchez Melgara y Y. S. Rodas Espinoza, «GENERACIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA A PARTIR DE APROVECHAMIENTO DE SUSTRATOS ORGÁNICOS (PASTO Y ASERRIN), EN LA CIUDAD DE ESTELÍ EN EL AÑO 2017,» Esteli, 2017.
- [17] M. A. Loaiza Chuquimia y F. H. Alarcon Collao, «Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna,» Tacna, 2020.
- [18] Advisera, «9001 Academy,» 2022. [En línea]. Available: <https://advisera.com/9001academy/es/documentation/registro-de-produccion/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2022].
- [19] J. Matí Herrero, «Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalaciones,» Ecuador, 2019.
- [20] J. Martí Herrero, «Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación,» Ecuador, 2019.
- [21] G. Moncayo Romero, «Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogas,» Alemania, 2020.

Anexos

Anexo 1: Tabla de variables e indicadores.

Unidad de análisis	
Variable 1: Tratamiento de residuos	Variable 2: Producción de biogás.
Definición conceptual: Es la operación que tiene por objetivo modificar las características ya sean físicas, químicas o biológicas de un residuo	Definición conceptual: Se utiliza esta variable con el fin de saber cuánto biogás podría producir en la granja con la implementación del biodigestor.
Definición operacional: Indicador 1: Clasificación de residuos Indicador 2: Gastos para gestionar los residuos	Definición operacional: Indicador 1: Consumo de luz diario Indicador 2: Aumento de peso en lechones

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Cantidad de muertes en el área de maternidad y proceso de destete

	Parto 1	Parto 2	Parto 3	Parto 4	Parto 5	Parto 6	Parto 7	Parto 8	Parto 9	Parto 10	
N° de lechones	12	14	15	15	14	16	14	10	8	10	
Muertes en el proceso de parto	1	2	0	0	0	4	0	1	0	0	
Lactancia	1	0	3	1	0	1	1	0	0	1	16
Total	10	12	12	14	14	11	13	9	8	9	112

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Resultados y comparación de los análisis de agua residual realizado por la UNALM.

Comparación entre análisis de agua residual y LMP			
Parámetros	Unidad	Muestra	Límites máximos permisibles de la actividad agroindustrial
pH		6,96	6,0 - 9,0
Solidos totales	mg/L	18355,56	
Solidos suspendidos totales	mg/L	11930	300
Solidos volátiles totales	mg/L	5766,67	
Demanda biológica de oxígeno por 5 días (DBO)	mg O ₂ /L	4800	250
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	22210,17	500
Fosforo total	mg P/L	149,30	40
Nitrógeno Total	mg N/L	621,26	50

Fuente: Rico Cerdo

Anexo 4: Ficha de registro de producción

Registro de producción						
N° de corral	Raza de la cerda	Inseminación		Cantidad de lechones nacidos	Cantidad de lechones muertos	Total
		Fecha	Raza del verraco			
1	Pietrain		Pietrain	12	2	10
2	Pietrain		Pietrain	14	2	12
3	Pietrain		Pietrain	15	3	12
4	Pietrain		Pietrain	15	1	14
5	Piertrain		Pietrain	14	0	14
6	pletrain		Pietrain	16	5	11
7	Pietrain		Pietrain	14	1	13
8	Belga		Pietrain	10	1	9
9	Belga		Pietrain	8	0	8
10	Belga		Pietrain	10	1	9

Encargado del registro

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Matriz de selección

Criterio	Peso (%)	Biodigestor Tubular	Hindu-Chino	Biodigestor discontinuo	Observaciones	Puntaje total ponderado	Escala de evaluacion
Costo de inversión	20%	5	2	4	Tubular tiene un costo menor	5	Muy favorable
Simplicidad constructiva	15%	5	3	4	Tubular tiene una construccion mas facil	3	Medio
Mantenimiento requerido	10%	4	3	5	Discontinuo requiere poco mantenimiento.	1	Poco favorable
Producción de biogás	15%	3	5	3	Hindu-Chino tiene mejor eficiencia.		
Adaptabilidad al clima	10%	5	4	3	El tubular presenta una mejor adaptabilidad.	Tecnologia	Puntaje Total (max 5.0)
Vida útil	10%	3	5	4	Tubular requiere cambio constante de plastico.	Biodigestor Tubular	4.10
Requiere mano de obra capacitada	5%	4	2	3	Tubular puede ser operado por personal no especializado.	Hindu-Chino	3.65
Tiempo de retención (eficiencia)	10%	3	5	3	Hindu-Chino permite mayor control y eficiencia.	Biodigestor discontinuo	3.65
Impacto ambiental	5%	4	5	3	Todos reducen contaminación, pero el Hindu.Chino es más completo.		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Registro de residuos generados

Registro de residuos				
N°	Tipo de residuo	Características	Medición	Observaciones
1	Excremento de cerdo macho	Excremento solido	0,8 kg	Se presencia insumo parte del alimento
2	Excremento de cerdo adulta	Excremento solido	0,75 kg	Se presencia insumo parte del alimento
3	Excremento de lechones	En muchas partes liquida	0,1 kg	En su mayor parte de verdusca

Encargado del registro

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Tabla de temperatura para manejar los días de retención

Temperatura	Tiempo de retención
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: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación

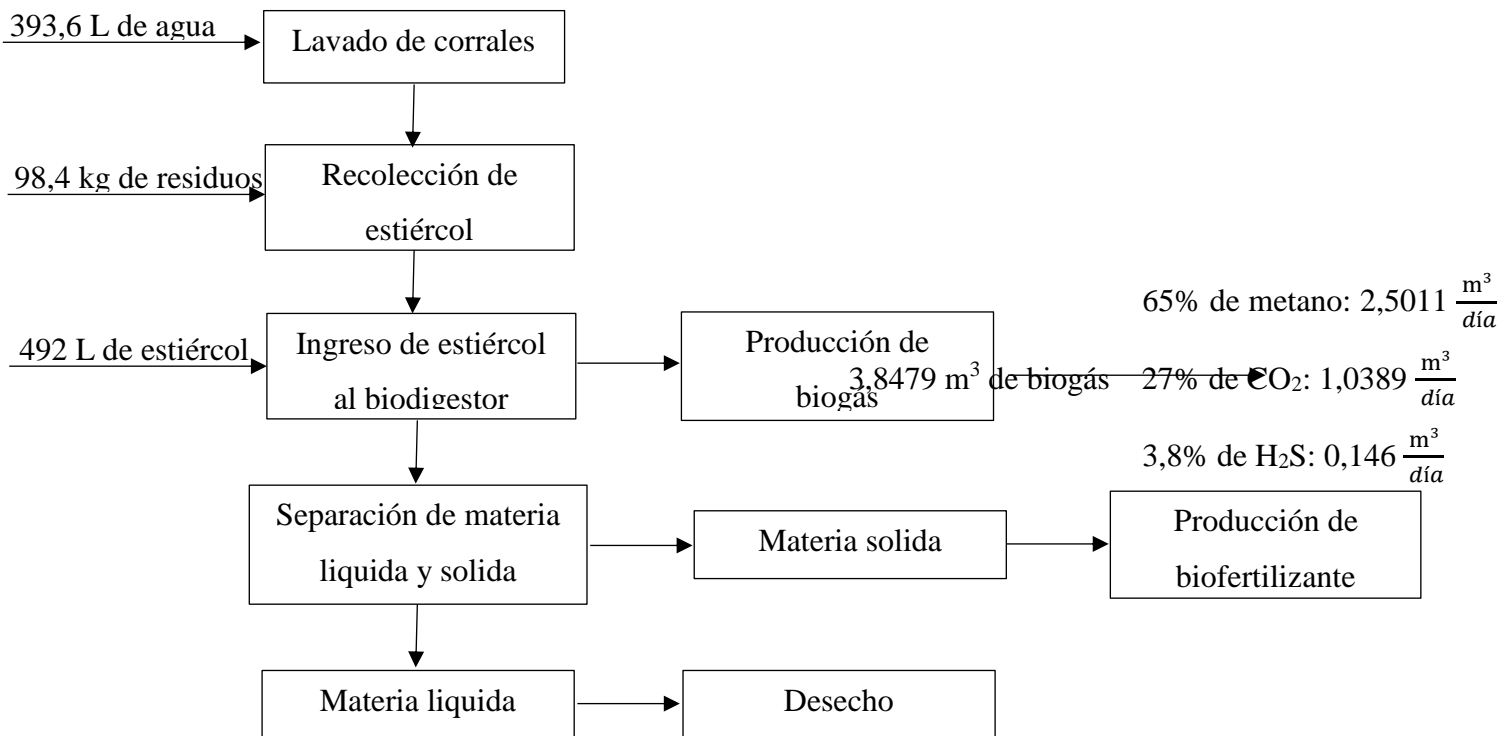
Anexo 8: Tabla para la producción de biogás según el tiempo de retención

Temperatura del trabajo del biodigestor (°C)	Estiércol de cerdo	
	Tiempo de retención (d)	Biogás (l/kg)
33-37	25	71
28-32	30	67
23-27	35	61
18-22	50	59
13-17	65	54

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación

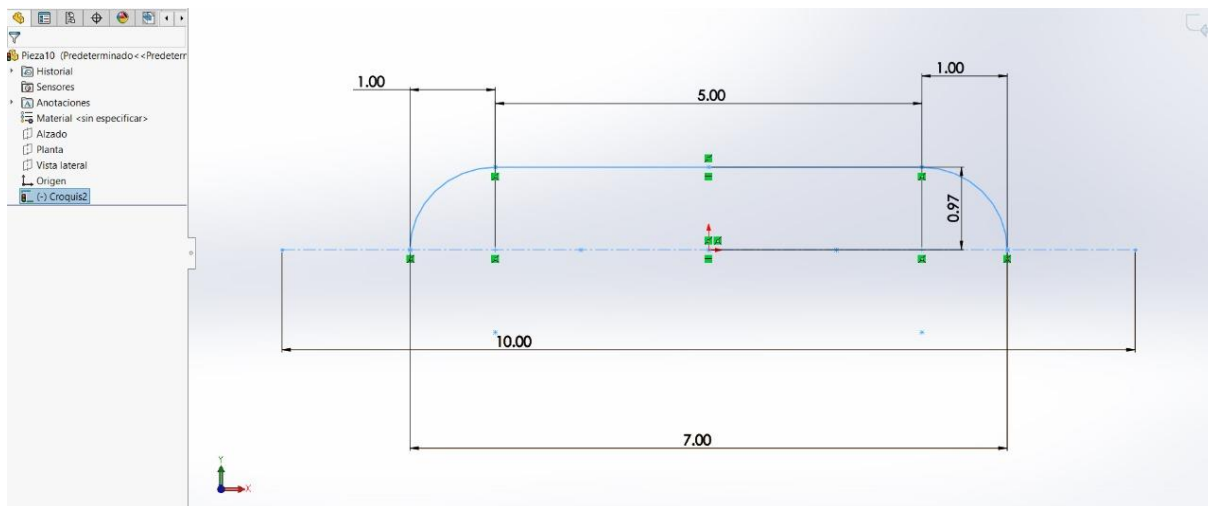
Anexo 9: Diagrama de flujo del sistema de producción de biogás en la granja pecuaria

Tumán



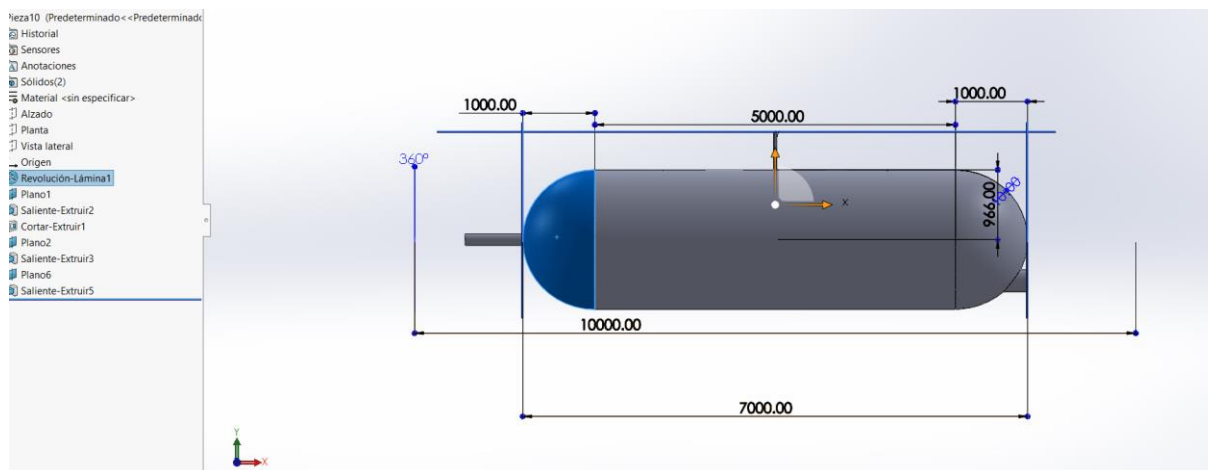
Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Croquis en SolidWorks del biodigestor seleccionado



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Revolución saliente del croquis diseñado



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Cotización de geomembrana



GEOMEMBRANAS HDPE - PVC - LDPE
 GEOTEXTIL NO TEJIDO EN POLIESTER Y POLIPROPILENO
 TUBERIAS HDPE LISA - CORRUGADAS - MANGUERAS
 GAVIONES - AGROFILM - GEOMALLAS - GEOCELIDAS
 SOLDADURA HDPE - PEGAMENTO THF
 SERVICIO DE INSTALACION DE GEOSINTETICOS



RUC: 20609997703

Av. Ramiro Priale Mz. F Lt. 16 - Ate /// ALMACEN: HUACHIPA
 Cel.: 933 882 353
 Correos: aym.geosinteticos@gmail.com / ventas@aymgeosinteticos.com
www.aymgeosinteticos.com

COTIZACIÓN N° 00001-108354

Fecha: 5/10/2023
 Señores: ROJAS RAMIREZ JESUS GUILLERMO
 RUC: 71226351
 Dirección: RECOGER EN ALMACEN HUACHIPA
 Lugar:
 Teléfono: 991503951

RECOGER EN ALMACEN

Por Intermedio de la Presente nos es grato hacerles llegar nuestra propuesta Economica:

ITEM	CANT	U.M	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	TOTAL	ENTREGAS	
1	45.50	M2	GEOMEMBRANA HDPE DE 1.5MM LISA NOMINAL	\$2.90	\$131.95	INMEDIATA
					\$0.00	INMEDIATA
				SUB.TOTA	\$131.95	
				IGV - 18%	\$23.75	
				TOTAL :	\$155.70	

PRECIO INCLUYE IGV 18%

ENTREGA INMEDIATA PREVIA CORDINACION
 SE EMITE CERTIFICADO DE CALIDAD Y GARANTIA DEL PRODUCTO

CTA BCP SOLES
 191-9917963-0-42
 CCI 0029100991796304253

CTA BCP DOLARES
 191-9914572-1-00
 CCI 00219100991457210059

Fuente: A&M GEOSINTETICOS

Anexo 13: Tabla para la instalación de tres postes de luz 8/200

x	Cantidad	Precio	Total
Poste de luz 8/200	3	S/ 800.00	S/ 2,400.00
Cable de luz autoportante 2x25 en metros	120	S/ 4.20	S/ 504.00
Mano de obra para instalación	-	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
Total	-	-	S/ 3,904.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Cálculos del costo beneficio para implementar un biodigestor.

Costos de operación y mantenimiento

Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total Anual
Oparacion	90.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	750.00
Trabajador	90.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	750.00
Matenimiento	50.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	101.80
Palana	45.90						45.90						91.80
Valde	5.00						5.00						10.00
Total	140.90	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	110.90	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	851.80

Beneficios

Beneficios	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total Anual
Implementacion de Biodigestor	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	135.29	1623.48

Evaluación de la rentabilidad

Año	Costo de Inversión	Beneficios	Costo por mantenimiento	Flujo Neto
0	4,248.63			-4,248.63
1		1623.48	851.80	2,475.28
2		1623.48	851.80	2,475.28
3		1623.48	851.80	2,475.28
4		1623.48	851.80	2,475.28
5		1623.48	851.80	2,475.28
6		1623.48	851.80	2,475.28
7		1623.48	851.80	2,475.28
8		1623.48	851.80	2,475.28
9		1623.48	851.80	2,475.28
10		1623.48	851.80	2,475.28
TSD	0.32%			
VAN	24,322.67			
TIR	58%			
VAB	15,952.69			
VAC	12,618.61			
RATIO B/C	5/ 1.26			

IPC: INDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR A NIVEL NACIONAL

IPC (ABR2025)
0.32%

Anexo 15: Imagen del área de destete

Fuente: Pecuaria Tumán

Anexo 16: Imagen del área de destete

Fuente: Pecuaria Tumán

Anexo 17: Imagen conexión a desagüe

Fuente: Pecuaria Tumán

Anexo 18: Imagen conexión a desagüe

Fuente: Pecuaria Tumán

Anexo 19: Imagen área de maternidad

Fuente: Pecuaria Tumán

Anexo 20: Imagen área de maternidad

Fuente: Pecuaria Tumán

Anexo 21: Imagen visita a la granja para recolección de datos

Fuente: Pecuaria Tumán