

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



**Propuesta de tratamiento de residuos orgánicos del Camal Municipal de  
la provincia de Santa Cruz**

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

**AUTOR**

**Jenner Wilmer Ramos Paredes**

**ASESOR**

**Javier Hipolito Odar Chuye**

<https://orcid.org/0000-0003-2054-0138>

**Chiclayo, 2023**

**Propuesta de tratamiento de residuos orgánicos del Camal  
Municipal de la provincia de Santa Cruz**

PRESENTADA POR  
**Jenner Wilmer Ramos Paredes**

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

APROBADA POR

Karla Mery Flores Sánchez  
PRESIDENTE

María Raquel Maxe Malca  
SECRETARIO

Javier Hipolito Odar Chuye  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios: Por ser mi guía y mi sostén en mi caminar hacia el logro de mis objetivos, por la fuerza que me brinda para levantarme de las adversidades y seguir adelante y por todas las bendiciones recibidas gracias a su infinito amor y bondad.

A mi Familia: A mi querida Madre, quien con su incondicional amor, comprensión y esfuerzo me dio la oportunidad de educarme, apoyándome siempre en cada paso dado. A mi hermano por su confianza y apoyo permanente.

## **Agradecimientos**

A Dios, el gran ingeniero del universo, mi gran inspiración, quien me acompaña cada instante de vida, dándome la fortaleza y sabiduría necesaria. A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo por contribuir a mi formación profesional. Al Ing. Joaquín Rojas Cangahuala y al Dr. Marco A. Cabanillas Cabanillas del Camal Municipal de la Provincia de Santa Cruz, por brindarme la información necesaria para el desarrollar de esta tesis. Al Mgtr. Ing. Javier Odar Chuye, por su apoyo, asesorando el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## Informe Tesis P3

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>17%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>www.tesischiclayo.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>creativecommons.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de Colombia</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Fuente de Internet	

## Índice

Resumen .....	6
Abstrac .....	7
Introducción.....	8
Revisión de Literatura.....	10
Materiales y métodos .....	14
Resultados y discusión .....	16
Conclusiones.....	37
Recomendaciones .....	38
Referencias .....	39
Anexos.....	42

## Resumen

La actividad ganadera provee de uno de los principales alimentos proteicos para la humanidad, como es la carne de res, la misma que para ser obtenida pasa por un proceso de faenado, donde se estabula, sacrifica, desangra, degüella y eviscera, generando durante ese proceso residuos orgánicos y un alto consumo de agua, los mismo que muchas veces son evacuados fuera del camal, sin ningún tratamiento, trayendo como consecuencia impactos ambientales y riesgos sobre la calidad e inocuidad del alimento.

El objetivo del presente estudio, busca elaborar una propuesta para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Santa Cruz y minimizar los impactos generados al medio ambiente y la salud, para ello mediante un diagnóstico se buscó cuantificar y cualificar los actores, recursos, los procesos y los residuos generados y con ello, mediante la recopilación y análisis documentaria de información se propusieron cinco tecnologías para el tratamiento de los residuos orgánicos siendo seleccionado el sistema anaeróbico de un biodigestor de geomembrana tubular con una capacidad para líquido y gas de 57 m<sup>3</sup>. La inversión por parte de la Municipalidad de Santa Cruz, asciende a S/21 256 y un costo operativo anual de S/15 983, propuesta viable según indicadores de evaluación VAN=S/ 39 579 > 0, TIR= 70% > COK (Costo de Oportunidad del Capital) = 10%, y B/C=1.9 > 1.

**Palabras clave:** Camal, biodigestor, biogás, residuos.

## Abstrac

Livestock activity provides one of the main protein foods for humanity, such as beef, which to be obtained goes through a slaughtering process, where it is stabled, slaughtered, bled, disgorged and eviscerated, generating during that process organic waste and high water consumption, which are often evacuated outside the slaughterhouse, without any treatment, resulting in environmental impacts and risks on the quality and safety of the food.

The objective of this study seeks to develop a proposal for the treatment of organic waste generated in the Santa Cruz Municipal Camal and minimize the impacts generated on the environment and health, for this, through a diagnosis, we sought to quantify and qualify the actors, resources, processes and waste generated and with this, through the compilation and documentary analysis of information, five technologies were proposed for the treatment of organic waste, the anaerobic system of a tubular geomembrane biodigester with a capacity for liquid and gas of 57 m<sup>3</sup>. The investment by the Municipality of Santa Cruz amounts to S/21,256 and an annual operating cost of S/15,983, a viable proposal according to evaluation indicators  $NPV = S/39,579 > 0$ ,  $IRR = 70\% > COK$  ( Opportunity Cost of Capital) = 10%, and  $B/C = 1.9 > 1$ .

**Keywords:** Camal, biodigester, biogas, waste.

## **Introducción.**

Los alimentos de origen animal, en especial los provenientes del ganado bovino, son altamente demandados en la actualidad, a nivel mundial según la FAO [1], para el año 2022 se proyectó una producción de carne de 361 millones de toneladas, 1.2% más, en comparación al año anterior. Los hábitos alimenticios de la población en el mundo, han permitido el crecimiento y desarrollo de la actividad ganadera, a la que se le atribuye los principales impactos ambientales, como la degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, contaminación, problemas relacionados al manejo, disponibilidad y calidad del agua, etc. [2]

Para la producción de la carne, el animal de abasto, debe pasar por un proceso de faenado, para el caso de Perú, el proceso de faenado está contemplado en el D.S. 015-012-AG. [3]: “Reglamento sanitario del faenado de animales de abasto”. Este proceso contempla el sacrificio de animales en centros de beneficiado, camales o mataderos, generando una cantidad significativa de residuos orgánicos sólidos, efluentes y gases, que por lo general son vertidos directamente al medio ambiente. Muchas de estas instalaciones, son administradas por organismos estatales como son las municipalidades provinciales o distritales, las que, en su gran mayoría, no cuentan con sistemas adecuados para el tratamiento de manera eficiente de estos residuos, convirtiéndose así, en una fuente de contaminación para el entorno, cuyo impacto es moderado y directamente relacionado, pues se generan malos olores y atraen vectores infecciosos. [4]

Según un estudio de la FAO, indica que es importante se asegure la salud pública y la economía, anticipándose a los posibles impactos ambientales ocasionados por los desechos que se producen en un matadero, a fin de determinar la manera de como contenerlos o minimizarlos. [5]

Santa Cruz, es una provincia de la Región Cajamarca, de la sierra norte del Perú, con 35 418 habitantes [6]; que demanda gran cantidad de alimentos diariamente, entre ellos la carne, en especial la de origen bovino; para la atención de esta demanda, la Municipalidad Provincial de Santa Cruz, desde el año 2008 administra un matadero de categoría 1, donde en promedio beneficia a 105 cabezas de ganado por mes (28 800 kg de res viva), generando en cada proceso del faenado, todo tipo de residuos de origen orgánico que en su mayoría sin ningún valor comercial, son vertidos sin tratamiento previo, directamente a un canal para su

descomposición, generando de esta manera problemas contaminación, afectando al medio ambiente, a la población y poniendo en riesgo la inocuidad de la carne.

El manejo actual del camal municipal de Santa Cruz, supone un gran problema ambiental y de salubridad, por ello ante esta problemática identificada se plantea la siguiente pregunta **¿De qué manera una propuesta para el tratamiento de los residuos orgánicos del Camal Municipal de Santa Cruz, contribuirá a mejorar las condiciones ambientales de su entorno?** Actualmente, existen diversas tecnologías para el tratamiento de residuos, sean estos de origen orgánico o inorgánico, tanto para efluentes como para residuos sólidos. En el caso de los residuos generados en el camal municipal de Santa Cruz, en su mayoría, son de origen orgánico, mismos que están compuestos por efluentes, básicamente por el agua residual, que contiene sangre, grasas, despojos de carne, pelos, orina, contenido ruminal, etc.; así como de residuos sólidos, compuestos por estiércol, pelos, intestinos, despojos de carnes, pezuñas, cachos, etc.

Según [7], existen diversos sistemas o tecnologías para el tratamiento de aguas residuales que de manera separada o en combinación, persiguen el mismo fin. Para el tratamiento de los residuos sólidos provenientes del camal, se plantean también diversas alternativas como se describen en [8], donde manifiesta la necesidad de disponer o tratar de forma adecuada estos residuos, pues de no hacerlo o realizarlo ineficientemente, traen complicaciones negativas al entorno ambiental, a la salud de los habitantes y a la sociedad en general.

Teniendo en cuenta, la realidad situacional y la normatividad vigente, el presente estudio tiene como objetivo general, elaborar una propuesta para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Santa Cruz, mientras que como objetivos específicos se plantea: Diagnosticar la situación actual del Camal Municipal de Santa Cruz; elaborar la propuesta técnica tecnológica para el tratamiento de residuos orgánicos para el Camal Municipal, y realizar el análisis costo- beneficio de la propuesta técnica. El presente estudio plantea una propuesta de mejora que le permita a la municipalidad de Santa Cruz, mitigar el problema medioambiental y el riesgo a salud pública generada, considerando que a nivel de los gobiernos locales, [9], contempla las competencias municipales tanto provincial como distrital en materia medioambiental, (artículos 73° y 79°), por otro lado, la NTP ISO 14001: 2015 [10] brinda a las organizaciones un marco de

referencia ordenado que promueve la protección del medio ambiente, en función a las condiciones cambiantes y en proporción a las necesidades sociales y económicas, además contempla los requisitos para el logro de resultados.

## **Revisión de Literatura**

### **Antecedentes**

M. Dupin *et al.* [11] en su investigación: “***Evaluación del desempeño ambiental del matadero “Chichi Padrón”***”, sostiene que el diagnóstico ambiental está conformado por procesos ordenados que conllevan al estudio, análisis y formulación de propuestas y seguimiento, sugiere además que las propuestas que se planteen sean realistas y viables, que resuelvan los problemas ambientales identificado, además de un sistema de medición, control y seguimiento.

W. Vergara Abarca. [12] en su estudio de doctorado “***Eficiencia técnica en los servicios de los camales del Departamento del Cusco 2016***”, analiza la relación entre la eficiencia técnica del faenado con la contaminación ambiental ocasionada por el vertimiento de los efluentes producidos en seis camales de la ciudad de Cusco, mismos que son vertidos sin tratamiento alguno al río Huatanay. Su análisis demuestra que las prácticas de faenado no están acordes con las normas establecidas, consumen gran cantidad de agua en los procesos, equipos en mal estado de mantenimiento y conservación, los animales son sacrificados en el suelo, donde posteriormente son bañados con agua a presión sin llave para dosificar y controlar el volumen de agua utilizado y cuyos análisis, muestran la contaminación generada, por la presencia de coliformes fecales y termo tolerantes.

J. Sánchez Delgado. [13] en su trabajo “***Propuesta de un sistema de gestión de residuos sólidos que permita reducir la contaminación en el Camal Municipal de la ciudad de Jaén, 2018***”, plantea en su marco metodológico la revisión documentaria, la observación directa, encuestas, cuestionarios en escalar Likert, el uso del software para procesar datos SPS para Windows en español, la aplicación de la matriz de Leopold para medir de los impactos ambientales, entre otros. Producto del diagnóstico ambiental realizado, el estudio plantea como propuesta de un sistema de gestión municipal donde contempla el buen gerenciamiento, un plan de trabajo, lista de posibles compradores de residuos comerciables,

capacitación, acondicionamiento de infraestructura y equipos/herramientas, programas de sensibilidad ambiental, etc.

A. Chú Ramírez. [14] en su investigación de maestría “***Gestión del camal municipal y manejo de residuos orgánicos en la ciudad de Lamas, 2022***”, propone el empleo de herramientas y metodologías para la recolección de información, como para su procesamiento, recurriendo a las encuestas y al uso del SPS V.25. para el cálculo del coeficiente de Rho de Spearman que permita el contrastar las hipótesis. Dicho estudio demuestra que debido al mal estado y falta mantenimiento de las instalaciones, así como el desinterés de autoridades y colaboradores del camal para la explotación comercial de los residuos orgánicos, califica el nivel de gestión del camal municipal y el manejo de residuos orgánicos con valores por debajo del cincuenta por ciento.

L. Cadillo y N. Ramos. [15] en su investigación “***Evaluación de la composición del biogás proveniente de residuos orgánicos del camal municipal en un biodigestor tubular, Huallanca, Ancash – 2019***”, propone analizar la calidad del biogás producido con residuos producidos en el faenado, mediante el tratamiento de un biodigestor tubular; dicho estudio contempla varias actividades para el logro de sus objetivo, tales como: caracterización de residuos, identificación de elementos que posibiliten la obtención de biogás, implementación de un biodigestor, muestreo, análisis, carga, monitoreo y control, análisis de la composición del biogás. Esta investigación concluye que se puede lograr obtener biogás de calidad, empleando como materia prima el contenido ruminal de animales de abasto, a través de un biodigestor tubular, aunque los resultados también mostraron que, por factores externos como el clima, no fue posible alcanzar el nivel óptimo de gas metano.

C. A. León Torres, *et al.*, [16] en su artículo: “***Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol***” analiza la necesidad de minimizar los efectos negativos al medio ambiente, que ocasionan los gases producidos por la fermentación acelerada de los residuos orgánicos generados por diversas actividades. Estos gases, efecto invernadero son el CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> ambos nocivos para el medio ambiente, pero que en conjunto forman el biogás, de características energéticas. Este estudio propone el aprovechamiento del estiércol del ganado vacuno para la generación de biogás, biol y biosol, a través de la biodigestión, del estiércol con agua en una relación 1:3, durante 21 días, en un biodigestor de geomembrana cilíndrico a 20°C.

Pinos Rodríguez et al., [17] en su investigación ***“Environmental regulations and impact of manure generated by livestock operations in some american countries”*** analiza los riesgos e impactos ambientales que podría generar el estiércol de ganado, durante el transporte, almacenaje o su aprovechamiento si no se tiene un sistema de control eficiente, cuyos efectos podrían repercutir en la atmósfera por los GEI emitidos, en el suelo por la acumulación de micro y macronutrientes y en el agua. Estos sistemas de control analizados en este estudio, están compuestos por un sinnúmero de regulaciones legislativas de los países de EE.UU., Canadá, Argentina, Chile, Colombia y México. Como parte de sus conclusiones manifiesta que una alternativa viable para disminuir el impacto ambiental generado por el estiércol, es la generación de biogás.

O. I. Vargas Pineda, *et al.*, [18] en su investigación: ***“El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento”***, busca establecer estrategias para mitigar los impactos ambientales que se producen por la acumulación de residuos orgánicos, a través del compostaje. Establece que el proceso de compostaje tuvo una duración de 90 días, tiempo necesario para el desarrollo de las cuatro etapas que contempla su proceso: fermentación mesófila, fermentación termófila, enfriamiento y maduración. El estudio concluye que es viable obtener abonos agrícolas, a través del compostaje de residuos orgánicos, proponiendo como fase previa a su elaboración, determinar la cantidad de residuos generados, así como la calidad de estos para que puedan ser aprovechados de manera eficiente.

M. Márquez Alcívar. [19] en su artículo denominado: ***“Evaluación de los bioabonos obtenidos a partir de residuos animales provenientes del Camal Municipal de Guaranda”***, manifiesta como necesidad medioambiental y económica el tratamiento de los residuos provenientes de los mataderos, plantea la alternativa de generar bioabonos. Dicho trabajo se basa en recopilación y evaluación de información científica actualizada que permita proponer alternativas viables para la obtención de bioabonos, como una alternativa de mitigar los impactos generados por los camales, puesto que la materia prima usada proviene de estos centros de beneficiado, que por lo general no tienen un valor comercial de forma natural, tales como sangre, estiércol, contenido ruminal entre otros.

[20] En su investigación, ***“Estudio técnico-económico para producir biogás a partir de los residuos generados por el camal municipal de Tumán 2017”*** manifiesta que, del

análisis y evaluación de diversas alternativas para la generación de biogás a partir de residuos orgánicos generados en el Camal de Tumán, se seleccionó el biodigestor de membranas con una capacidad de 150m<sup>3</sup>. Así mismo calculó la inversión total del proyecto el mismo que ascendió a los doce mil quinientos cuarentinueve soles. (S/ 12 549), con financiamiento municipal, y con los siguientes indicadores VAN=S/ 11,844 > 0, TIR= 45.56% > COK (Costo de Oportunidad del Capital) = 13%, y B/C=1,12 > 1. Determinándose así, su viabilidad económica. El biodigestor seleccionado, está elaborado con geomembrana PVC, de forma cilíndrica, sellados tanto en la entrada como en la salida. Son flexibles, de fácil mantenimiento y bajo costo.

### **Bases teóricas**

Según el Codex Alimentarius. [21] Camal es todo espacio o lugar donde se sacrifican algunas especies de animales (vacas, cerdos, ovejas, etc.), para la alimentación humana, y que dicho lugar este autorizado para el desarrollo de esa actividad. Según [3], clasifica los camales de acuerdo a la capacidad diaria y tipo de ganado que faene en: Categoría 1 (Bovinos: 10, Porcinos:20 Ovinos o caprinos:30 para mercado local); Categoría 2 (mayor que categoría 1, para mercado nacional) y Categoría 3 (mayor que categoría 1, para consumo nacional y exportación)

[21] define los residuos sólidos, como cualquier sustancia en diferentes estados, que quienes lo generan están comprometidos a disponer de ellos (minimización, segregación, tratamiento, etc.), a fin de no causar daños a la salud o al medio ambiente, tal y conforme lo establece la normativa nacional. [22] clasifica los residuos sólidos en función a su origen, pudiendo ser domiciliarios, municipales, hospitalarios, industriales, comerciales, agropecuarios, etc. De acuerdo a su naturaleza, según la norma, pueden subclasificarse en función a si son peligrosos, si son inorgánicos u orgánicos, químicos o si son aprovechables. Además, indica que en los mataderos se producen residuos que los clasifica en efluentes líquidos, (agua utilizada para el lavado de la res y áreas afines, las cuales arrastra sangre, grasas y despojos) Efluentes sólidos y semisólidos, productos biodegradables (sangre, grasas, estiércol, despojos, etc.) que pueden ser aprovechados mediante un tratamiento adecuado, sin que afecte al entorno, al disponer de ellos.

El tratamiento de residuos orgánicos es la acción de modificar las características iniciales de los residuos, sean estas físicas, químicas o biológicas, con la finalidad de eliminar el posible daño que puede ocasionar a la salud y al medio ambiente, además de que, de este proceso, el resultante puede ser aprovechado para fines, o simplemente derivado para su disposición final sin causar impacto ambiental alguno. [23]. Según E. Marañón, et al. [24], “en el tratamiento de los residuos orgánicos las soluciones no son globales, se precisa la colaboración de todos los sectores implicados y se requiere un soporte técnico y de divulgación importante”. Señala además los diversos tipos de tratamiento de residuos entre los que destacan tratamientos biológicos (aerobios, anaerobios, sistema de lagunaje y compostaje).

Un Biodigestor, es un sistema anaeróbico que produce combustible y abonos orgánicos a partir de la descomposición de la materia orgánica, producto del accionar de bacterias en ausencia del oxígeno, su funcionamiento se asemeja al proceso digestivo animal, donde la materia orgánica luego de ser digerida por bacterias, terminan produciendo gases, entre ellos el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CH}_4$  que mezclados se le denomina biogás. [25]. Mientras que el Biogás es la mezcla de gases producidos durante la digestión anaeróbica de la materia orgánica. Se caracteriza por estar compuesta por un 50 a 70% de gas metano ( $\text{CH}_4$ ), de 40 a 20% del gas dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y trazas de otros gases entre ellos al ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). El biogas producido se considera un combustible por la presencia del metano, este al combustionar produce  $\text{CO}_2$  contribuyendo a la disminución de los GEI. El Biol y Biosol, son fertilizantes producido durante el proceso anaeróbico del biodigestor, donde los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos, como el nitrógeno (N), fosforo (P), Potasio (K), se mineralizan y pueden ser aprovechados por los cultivos. El aprovechamiento de los productos obtenidos por la degradación de la materia orgánica por parte de las bacterias, como en este caso el biofertilizante, se puede realizar de dos modos, en forma líquida (biol) y en forma sólida, los lodos (biosol). [25]

### **Materiales y métodos**

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, parte de la recolección y análisis de información, con la finalidad de determinar propuestas tecnológicas para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en el camal municipal, y minimizar así los impactos

ambientales generados. Es una investigación cuantitativa no experimental – transeccional, no se manipularon variables y los datos recopilados son tomados en un solo instante del tiempo.

Para el desarrollo del diagnóstico, se emplearon técnicas para el recojo de información, como la observación directa del proceso de faenado, entrevista con el administrador del camal, toma de muestras del faenado de 10 reses, en días distintos a fin de registrar y cuantificar los residuos orgánicos generados, sus usos y disposición final; revisión documentaria sobre la estructura organizativa del camal, volúmenes faenados, así como disposiciones municipales relacionadas con el tratamiento y disposición final de los residuos, además de las características del entorno del camal como condiciones sociales, económicas y ambientales.

Para la elaboración de la propuesta tecnológica para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Santacruz, se recopiló y analizó información bibliográfica de las diversas tecnologías que actualmente vienen siendo utilizadas para el tratamiento de residuos orgánicos, especialmente para residuos generados en camales o mataderos. Estas tecnologías fueron analizadas bajo siete criterios, que mediante las matrices de enfrentamiento en primer término, permitió determinar la relación que tienen cada factor asignándole un peso que refleje su nivel de importancia o relevancia; y en segundo término, mediante la matriz de factores ponderados, se evaluó en base a una escala de valoración cada tecnología, este puntaje se multiplicó por el peso correspondiente, calculando un puntaje total para cada una de las tecnologías analizadas, siendo la tecnología a seleccionar, la que obtenga mayor puntuación. Con la tecnología seleccionada, se procedió, en función a los parámetros y variables requeridos, a realizar la ingeniería de la propuesta, para lo cual se determinó las dimensiones requeridas, capacidad de operación, cuantificación y proyección de los residuos a tratar, mediante el método de regresión lineal, por un periodo de 10 años (2022 – 2032); asimismo, se determinó los materiales necesarios, equipos, entre otros.

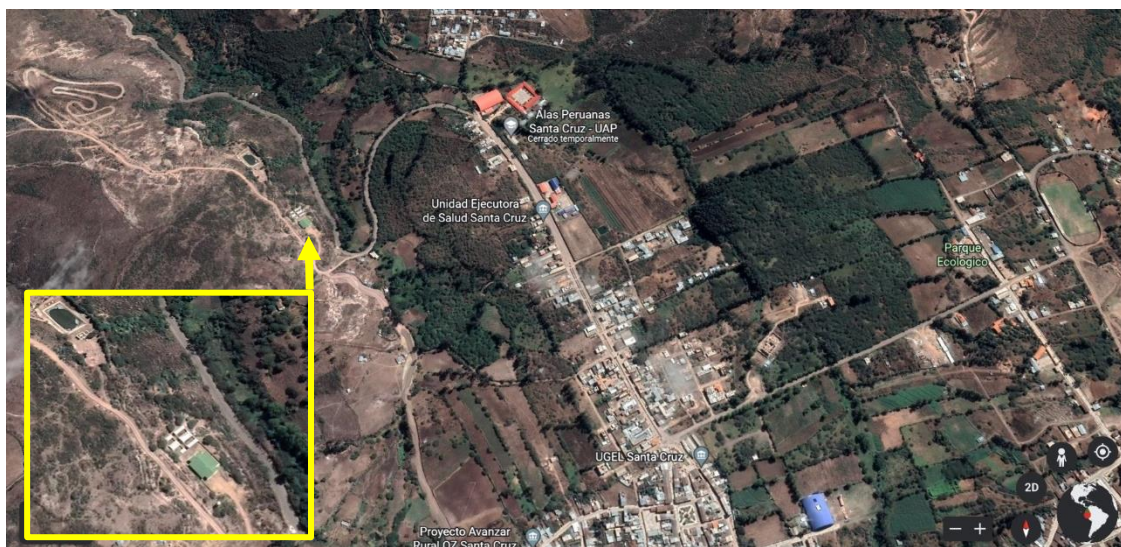
Por último, con los datos de requerimientos de materiales, herramientas, mano de obra, insumos, etc., se procedió a calcular las inversiones requeridas para la implementación de la propuesta, que incluye infraestructura, mano de obra, materiales, entre otros y se determinó finalmente el indicador beneficio – costo de la propuesta.

## Resultados y discusión

### Diagnostico

El matadero municipal, se encuentra localizado en el sector noroeste del casco urbano de la provincia de Santa Cruz, en la Región Cajamarca. Geográficamente está en una zona estratégica, alejada de la zona residencial, tal como se muestra en la figura 1. La construcción de la nave principal tiene una superficie de 409,76 m<sup>2</sup> y un área de corrales y tratamiento exterior de 1 358,24 m<sup>2</sup>, aproximadamente. La distribución del camal comprende las siguientes áreas principales: zona de aturdimiento, sala de sangrado y beneficiado, sala de oreo y embarque; además seis áreas de lavado y cocción (sin uso actualmente), servicios higiénicos, depósitos, área de limpieza, laboratorio, oficina, guardianía y un área para la sala de congelado (Sin implementar) ver anexo 01. En horario de lunes a domingo de 9 a 15 horas se faena de tres a cuatro cabezas de ganado en promedio,

Presenta con los siguientes límites: Por el norte: carretera Salida a Chiclayo; por el sur: conexión a la Av. Los Maestros; por el este y oeste con propiedad de terceros. Se puede ubicar mediante sus coordenadas UTM: N 6,617889 - E 78,953097



**Figura 1: Ubicación del Camal Municipal de la Provincia de Santa Cruz.**

Fuente: Google Maps.

Administrativamente, el camal tiene como autoridad principal al sub gerente de desarrollo económico productivo al Ingeniero Joaquín Rojas Cangahuala y como administrador del camal al médico veterinario al Dr. Marco Cabanillas Cabanillas, este

último es el encargado de certificar la sanidad del animal previo y después del sacrificio, así como la carne que se obtiene producto del faenado en el camal de Santa Cruz. Cuenta además con un operario de limpieza y un vigilante de turno de noche.

El proceso de beneficiado empieza con la recepción del ganado vacuno en los corrales de reposo, ganado que proceden de las localidades conexas a la provincia de Santa Cruz, tales como Andabamba, La Esperanza, Yauyucan, entre otras, el ganado reposa en promedio unas tres a ocho horas antes de ser sacrificado; luego pasa al lavado, donde se le lava con agua para eliminar cualquier sustancia adherida al animal, como barro, estiércol, orinas, etc. y luego es pesado donde se toma el registro; pasa luego a la zona de aturdimiento, desangrado y lavado, siguiendo con el desollado, degüellado, eviscerado, corte y lavado de carcasa; por último, la inspección y sellado, oreo y termina con el despacho de la carcasa. En este proceso se utiliza grandes volúmenes de agua, aproximadamente 2.5 m<sup>3</sup> diarios, no se lleva registro de los volúmenes que se emplean durante este proceso, cuentan con tanque elevado de una capacidad de 10 m<sup>3</sup>, que posee dicho establecimiento, recurso que es utilizado desde que el animal entra a la zona de beneficiado hasta la limpieza y desinfección del camal que se realiza, previo al faenado, durante el faenado (lavado de viseras y lavado de la res) y después del faenado.

El producto generado en el camal Municipal de Santa Cruz es la carne de ganado vacuno, que por lo general es comercializado en el mercado de la localidad, también se genera subproductos, como el cuero, que es lavada y oreada en las instalaciones del camal temporalmente, luego es retirada por el propietario de la res, la misma que la vende a empresas de curtiembres en la ciudad de Trujillo. Otros subproductos como las vísceras, cabezas, lenguas, colas, patas, mismas que después del lavado, igualmente son retirados por los propietarios del ganado faenado, según manifiesta el administrador del camal, anteriormente los desperdicios orgánicos como vísceras, cachos, colas entre otros eran arrojados a la intemperie para su descomposición, lo que generaba problemas de contaminación y afectaba la calidad de la carne, por lo que optaron, obligar al propietario de la res sacrificada a retirarlos.

Mediante la observación directa se realizó la identificación de los residuos generados durante el proceso de faenado en el camal municipal de Santa Cruz, determinándose que estos se producen desde que se recepción del ganado y concluye con el corte, lavado y oreado

de la carcasa, en cada una de esas fases, se registró los tipos de residuos orgánicos generados. Anexo 02 y 03.

- **En la recepción e inspección:** (estiércol y orinas) El ganado vacuno es llevado a los corrales que están ubicados en la parte trasera del matadero, es este espacio, la res reposa durante 5 a 8 horas aproximadamente, antes del beneficiado, en este lugar se genera estiércol y orinas, residuos que durante la fase de observación se acumuló sin ser retirado, La cantidad de estiércol varía en función al número de animales que reposan previo al faenado, la misma que está sujeta a la solicitud que los propietarios de la res realicen ante la administración del camal. Es en este espacio, donde el médico veterinario realiza el análisis respectivo del animal a sacrificar.
- **En el Lavado y Pesado:** (Agua residual) Previo a la zona de aturdimiento la res es lavada para eliminar cualquier elemento como barro, estiércol, orina, o sustancia que venga adherida a la piel del animal y que pueda afectar la calidad e inocuidad de la carne. En esta fase se genera agua residual pero que no es derivada a ningún lado, pues se realiza a la intemperie, antes de ingresar a las instalaciones del camal. Posteriormente es pesado y registrado por parte del administrador del camal, que lleva el control de los animales faenados.
- **Lavado y desinfección de los ambientes** (agua residual) Previo al ingreso del animal a sacrificar, los ambientes son lavados y desinfectados con agua, cloro y detergente, esta agua residual generada es conducida a través de las canaletas ubicadas a las zonas de beneficiado hacia la parte exterior del camal. Se estima que la demanda de agua diaria para esta actividad es del 50%, pues por cada animal faenado realizan esta labor.
- **En el aturdimiento:** (estiércol, orines) El animal ingresa a este ambiente, donde se procede dar muerte clavándole con el puñal entre el cuello y la cabeza, en esta fase, se pudo apreciar que algunos animales defecan y se orinan, residuos que son eliminados con agua a presión a través de las canaletas que sirven para drenar los efluentes generados, hacia el exterior del camal.
- **Desangrado y lavado:** (sangre y agua residual) El sacrificio del animal se realizan en el mismo ambiente del aturdimiento, el operario presiona el cuello para que elimine toda la sangre de la res; en este proceso el animal también es lavado, la sangre y el agua residual es expulsada a las canaletas de drenaje y tiene como destino final el exterior del camal.

- **Desuello y degüello:** (sangre, despojos y agua residual) El operario secciona la cabeza, orejas, lengua, cuernos y la piel. En esta operación se generan residuos como la sangre del animal, pelos y despojos (restos de carne, grasa, tejidos etc.) estos residuos son lavados y eliminados por la canaleta. La cabeza, orejas, cuernos, lengua, patas y la piel son retirados por el propietario del animal sacrificado.
- **Eviscerado:** (contenido ruminal y agua residual) Consiste en extraer los órganos digestivos, respiratorios y reproductivos del animal, los mismo que son lavados en el suelo del mismo ambiente y luego son colocados en un balde para ser retirados por el propietario. En esta fase producto del lavado de las vísceras, el contenido ruminal es vertido hacia las canaletas, al igual que los despojos de carne, grasa, pelos, sangre al momento de realizar la limpieza, para lo cual utilizan agua a presión.
- **Corte de carcasa y lavado:** (despojos y agua residual) con un hacha dividen al animal al largo de la columna para su fácil traslado (canal), en esta operación se tiene como residuos el agua residual producto del lavado de la carcasa, junto con los despojos, como astillas de huesos, grasas, etc. mismo que son es removidos al momento del corte y eliminados a través de las canaletas.
- **Oreado y despacho**  
Una vez lavada la carcasa (dos canales) son colgadas para su oreo, previo a su despacho, es esta fase se generan aguas residuales en menor proporción, producto del escurrimiento del agua usado en el lavado de la carcasa. Posteriormente el administrador evalúa post mortem los canales, dando la conformidad (sellado de la carne) al propietario quien procede a retirarlo para su posterior comercialización en el mercado de Santa Cruz.

Como se ha descrito, los residuos producto del faenado son diversos, estos son derivadas junto con el agua a través de las canaletas que están proyectadas para conducir los efluentes hacia un biodigestor que actualmente está inoperativo, por lo que los funcionarios del camal, se ven obligados a derivar estos residuos orgánicos (agua, sangre, contenido ruminal, pelos y despojos de carne y grasas) hacia la intemperie (acantilado detrás del camal)

En la tabla 1, se muestran los tipos de residuos de origen orgánico, que se originan en el proceso de faenado en el camal municipal Santa Cruz y el uso que se les da a algunos de estos; se destaca la producción de algunos residuos que tienen valor comercial y por lo tanto

no son descartados, además según el administrador del camal, actualmente para evitar mayores problemas de salubridad en el camal, se les obliga a los propietarios de las reses sacrificadas a llevarse sus residuos fuera de las instalaciones, como por ejemplo el cuero, la cabeza, las vísceras, las pezuñas. En el caso de los residuos como la sangre, orina, estiércol, despojos de carnes, grasas, pelos, astillas de huesos y cartílagos, contenido ruminal, estos son lavados y derivados a través de las canaletas ubicadas dentro del matadero, el mismo que se vierten directamente a un canal a las afueras del camal.

**Tabla 1 Residuos Orgánicos producidos durante el faenado**

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Residuos</b>	<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Uso</b>
Recepción	Estiércol	Sólido	Descarte
Lavado y desinfección	Agua + desinfectantes	Líquido	Descarte
Aturdimiento	Sangre	Líquido	Descarte
Desangrado y lavado	Sangre	Líquido	Descarte
	Agua + sangre	Líquido	Descarte
Desollado	Agua + sangre	Líquido	Descarte
	Cuernos	Sólido	Retirado por propietario
	Piel	Sólido	Retirado por propietario
Degüello	Agua + sangre	Líquido	Descarte
	cabeza y orejas	Sólido	Retirado por propietario
Eviscerado	Agua + Contenido Ruminal	líquido	Descarte
	Agua + sangre	Líquido	Descarte
	Vísceras	Sólido	Retirado por propietario
Corte y lavado de carcasa	Agua +despojos de carne	Líquido	Descarte
	Agua + grasas	Líquido	Descarte

**Fuente: Camal Municipal de Santa Cruz.**

En cuanto a las cantidades de los residuos orgánicos generados durante el proceso de faenado, se tomó el registro del sacrificio de 10 reses en días distintos, de ello resultó que la sangre, el contenido ruminal y despojos (restos de carne, grasas, pelos) son los residuos orgánicos sin ningún valor comercial que son eliminados durante el faenado. Para ello se registró el peso de cada animal a sacrificar antes del aturdimiento (peso vivo), de igual forma, posterior al sacrificio se registró los pesos de cada parte de la res, especialmente las partes con valor comercial como la carcasa, patas, cuero, pezuñas, cuernos y vísceras. Para el caso de los

residuos orgánicos, se pesó por separado la sangre extraída del animal la misma que se depositó en un balde para registrar su peso; mientras que, para el peso del contenido ruminal, este se calculó como la diferencia entre el peso del intestino grueso, delgado, mondongo, librillo y cuajar del animal antes de ser lavados y el peso posterior a su lavado. El peso de los despojos se estimó por la diferencia entre el peso vivo del animal y los pesos determinados de las partes del animal sacrificado, incluido los residuos ya calculados, resultando valores como se muestra en la tabla 2, y que son semejantes a los determinados por CAR Cundinamarca. [26], sangre (4 a 5 % del peso de res viva), contenido ruminal (19% del peso de res viva).

**Tabla 2. Promedio (%) de partes comerciáveis y residuos generados durante el beneficiado del ganado vacuno en el camal municipal Santa Cruz**

<b>Partes comerciáveis</b>	<b>%</b>
Carcasa	45.49
Patás	5.27
Cabeza	4.63
Pezuñas	0.99
Cuernos	0.94
Cuero	9.29
viseras	7.63
<b>Residuos</b>	
Sangre	6.69
contenido ruminal	17.27
Despojos	1.81
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

Fuente: elaboración propia

**Para el caso del estiércol** generado en los corrales de reposo, la cantidad producida se determinó en función a la referencia mostrada por [24] donde estima que una vaca produce 8 kg de estiércol por día por cada 100 kg de peso vivo. Si se considera que diariamente se mantienen en los corrales de reposo tres reses por un aprox. de 8 horas, se estaría generando un promedio de 22 Kg de estiércol por día, lo que equivale a 7.8 t/año, que son almacenados en los corrales de reposo del camal municipal de Santa Cruz. Según [17] dicha situación provoca un impacto ambiental negativo. En la atmósfera produce la emisión de polvo, olores

y gases producto de la digestión anaeróbica y descomposición aeróbica, generan malestar entre las personas que trabajan con el ganado y para las personas que habitan en zonas colindantes a granjas, zonas de pastoreo o faenado; además lo más resaltante de la contaminación por estiércol, son los gases contaminantes como el amoniaco, óxido nitroso y metano, Si se toma como referencia al CO<sub>2</sub>, el metano tiene un poder nocivo superior en 23 veces y el óxido nitroso en 296 veces. Del mismo modo, el estiércol puede afectar al suelo, por la cantidad de Nitrógeno (36-130 kg/año N) y fosforo (17-6 kg/año P), microorganismos, antibióticos, etc. [17] que lo contienen, que, sin tratamiento previo al ser arrojado a terrenos de cultivo o pastoreo, puede causar intoxicación en los animales, por la presencia de nitritos y nitratos. Por último, el estiércol puede contaminar el agua, por escurrimientos, infiltraciones o percolaciones que pueden afectar las aguas superficiales directamente relacionado con el fosforo mientras que las aguas subterráneas, son contaminadas por la reacción del Nitrógeno, ocasionando el lixiviado de nitrógeno en el suelo.

**Para los demás residuos orgánicos.** El camal municipal de Santa Cruz, faena anualmente a un promedio de 300 t de res viva, promedio de los últimos cinco años (anexo 04). Si consideramos estos valores, en este centro de beneficiado, se estimó que el camal municipal de Santa Cruz genera anualmente un promedio de 21.73 m<sup>3</sup> de sangre, 74.76 m<sup>3</sup> de contenido ruminal y 5.94m<sup>3</sup> de despojos, (anexo 05) residuos que son vertidos junto con el agua utilizado durante el proceso de faenado, directamente a la intemperie para su descomposición, generando así una contaminación en gran escala y la proliferación de plagas de insectos, roedores y otros, que podrían afectar la calidad de la carne según SENASA, y la transmisión de algunas enfermedades a la población colindante.

Las características de las aguas residuales provenientes de centros de faenados, se han determinado en diferentes estudios [27], [28], [29] y [30], entre lo que se destaca valores de DBO, DQO, aceites y grasas, STS, y Coliformes termotolerantes, por encima de los Límites Máximos Permitidos establecidos por el MINAM [31] para ser vertidos en fuentes naturales de agua. Tal como se aprecia en la tabla N° 3. Ello demuestra el alto nivel de contaminación de dichas aguas residuales que sin tratamiento pueden afectar la salud de las personas y animales.

**Tabla 3 Características físico – químicas de las Aguas residuales provenientes de plantas de faenado**

Parametro	Unidad	LMP de efluentes para ser vertidos a fuentes de agua MINAM	Camal Frigorífico Riobamba - Ecuador 2019	Camal municipal de Chimbote - Peru 2019	Camal Antonio Ante - Ecuador 2021	Camal La Colina - Pedregal Arequipa Perú 2020
Aceites y grasas	mg/l	20	70	1 585		49.5
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10 000		92x10 <sup>4</sup>		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	100	250	27 306	565.6	2 560
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	200	500	42 133	1 660	6 230
pH	unidad	6.5 - 8.5	6.0 - 9.9	6.98	6	6.89
Sólidos totales en Suspensión	ml/l	150	1 600	3 817	990	9 640
Temperatura	°C	<35				18.3

Fuente: Elaboración propia en base a [27], [28], [29] y [30]

Considerando los pesos de la res sacrificada anualmente en el camal municipal y la relación en porcentaje de los residuos generados, se determinó el total en m<sup>3</sup>/año de cada residuo generado, siendo el contenido ruminal el de mayor volumen generado. Tal como se observa en la tabla 04

**Tabla 04 Generación de Residuos promedios mensuales en el camal municipal Santa Cruz**

Año	Residuos Orgánicos (m <sup>3</sup> /año)			
	Estiércol	Sangre	C. Ruminal	Despojos
2011	10.77	17.03	58.59	4.65
2012	11.60	18.34	63.08	5.01
2013	11.28	17.85	61.39	4.87
2014	12.44	19.67	67.67	5.37
2015	12.87	20.35	70.01	5.56
2016	12.76	20.18	69.41	5.51
2017	12.44	19.67	67.67	5.37
2018	12.76	20.18	69.41	5.51
2019	12.76	20.18	69.41	5.51
2020	11.61	18.36	63.17	5.02
2021	12.91	20.43	70.25	5.58

Fuente: elaboración propia

La prioridad de la gestión municipal, en relación al tratamiento de los residuos orgánicos producidos en matadero, debe ser prioritario, sin embargo por lo observado, el impacto ambiental que viene generando el faenado de los animales, evidencia que esto no ha sido así, a pesar que durante el periodo 2009 - 2010 la municipalidad gestionó ante una ONG - que ejecutaba en ese entonces, un proyecto social en apoyo a las familias de la provincia - la implementación de un biodigestor para el Camal Municipal, con el objetivo de tratar los residuos orgánicos generados (aguas residuales y estiércol) y generar biogás que serviría para suministrar de este combustible a las cocinas que se encuentran dentro los ambientes de beneficiado (06 ambientes) del camal municipal, para la cocción y lavado de vísceras . Sin embargo, su implementación se realizó según indicaron los responsables del Camal, sin un estudio técnico previo, que tomase en cuenta la proyección de la cantidad de residuos generados o la correcta elección del tipo de tecnología para el tratamiento. Actualmente este único sistema de tratamiento de las aguas residuales que se tiene en el camal se encuentra en estado de inoperatividad, a pesar de que parte de la infraestructura aún permanece dentro del canal tales como canaletas, cámaras de captación y salida de lodos, conexiones internas para la conducción de biogás hacia las cocinas, etc., sin mantenimiento alguno, a excepción de las canaletas, cómo se observa en el anexo 6 (figuras a, b, c y d). donde se puede observar la situación actual con respecto al nulo tratamiento de los residuos orgánicos del camal municipal, situación que genera plagas de insectos, roedores y otros que podrían afectar la calidad e inocuidad de la carne según SENASA.

Por ello, ante esta situación el análisis de alternativas para la elección de tecnologías para el tratamiento de residuos en el camal municipal Santa Cruz, deberán estar direccionadas, además, del tratamiento de los residuos a la posibilidad de producir biogás, a fin de aprovechar parte de la infraestructura instalada en el anterior proyecto de la instalación de un biodigestor. Además, porque a través de la aplicación de la matriz de Leopold se estimó la importancia y magnitud de los impactos generados por los residuos. En el anexo 07 se muestra la matriz del análisis preliminar el cual ayudó a identificar y evaluar los impactos ambientales de cada actividad durante el faenado. Esta matriz indica que la actividad más nociva al medio ambiente, son los residuos evacuados a la acequia del camal con un valor - 75 de magnitud y 86 de importancia en cambio la actividad con menor impacto fue la “Inspección, sellado y Oreo” con un valor de 7 de magnitud y 8 de importancia, para el caso

de las variables ambientales la más afectada negativamente es “Volumen de agua” con un puntaje de -18 de magnitud y 25 de importancia; seguido de “Olores residuales” una magnitud de -16 y 19 de importancia; y “Calidad de agua” con una magnitud de -12 y una importancia de 14.

Dentro del análisis se pueden describir los impactos generados. a) Aire. En la recepción y aturdimiento se ve afectado por el ruido provocado por los animales, en el desangrado y lavado se percibe olores residuales, en el eviscerado y lavado se emiten gases y olores producto del removimiento de los órganos e intestinos, así como el lavado de los mismos, en el exterior del camal a consecuencia de que los residuos son segregados a la intemperie emiten gases y malos olores producto de la descomposición de los residuos. b) Agua. En la parte externa del camal se segrega los residuos a un alcantarillado que lleva los residuos hasta una quebrada que es usada por los agricultores y para dar de beber agua a su ganado, también en el trayecto hay filtración de aguas que de una u otra forma contaminan el agua del sub suelo por la lixiviación de líquidos producidos por la descomposición de la materia orgánica. c) Suelo. El suelo es afectado por los residuos sólidos que forma una especie de lodo alrededor del alcantarillado y partes planas de las alcantarilla y acequia. d) Flora. Las plantas y arbustos se ven afectadas por motivo que están expuestos directamente a los residuos y aguas que son contaminadas. e) Fauna. Presencia de insectos, gallinazos y ratas que son atraídos por los residuos arrojados. f) Paisaje. Impacto paisajístico, provocado por la emisión de residuos orgánicos al medio ambiente. g) Socioeconómico. El camal es considerado como lugar de servicio para beneficio del ganado. Además, mueve intereses económicos en la provincia en cuanto a la comercialización de la carne de vacunos.

### **Análisis de Propuestas Tecnológicas para el tratamiento de Residuos**

Determinado el tipo y la cantidad de residuos generados por el camal municipal de Santa Cruz, corresponde determinar la tecnología apropiada para el tratamiento de estos. Cabe indicar que, en el caso del estiércol, es el único residuo solido generado y que se puede tratar de manera individual, mientras que la sangre, el contenido ruminal y los despojos, componen el agua residual, efluente con mayor cantidad y que ha sido producido en las diferentes fases del faenado y cuyo tratamiento deberá determinarse como un efluente.

Para el caso del tratamiento del estiércol según [32] sostiene que el estiércol es un residuo orgánico al cual se le puede sacar provecho para diversos fines entre ellos el de aportar con nutrientes a los cultivos e incrementar la cantidad de materia orgánica al suelo, además de evitar malos olores y la generación de gases efecto invernadero, pero para obtener estos beneficios, se les debe dar un tratamiento adecuado en los que se proponen tratarlos a través de pastoreo, lagunas anaeróbicas o de fermentación, compostaje, Bocashi (abono orgánico fermentado) o lombricomposta. En el anexo 18, se presentan las principales características de los sistemas de tratamiento del estiércol.

En cuanto al tratamiento de las aguas residuales es necesario conocer las características de estas, [33] en su estudio “Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero para una población menor 2000 habitantes” establece que la composición teórica de las aguas residuales provenientes de un matadero, fueron establecidas mediante estudio de análisis en un matadero de la ciudad de Múnich – Alemania.(ver anexo 08) Las aguas residuales de una planta procesadora de carnes son muy similares a la de un matadero donde los principales parámetros a medir resultan ser la demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO<sub>5</sub>), el pH, sólidos suspendidos totales (SST), los aceites, y las grasas generadas, microorganismos como los coliformes totales, amoníaco, Turbiedad, color, etc. Como se puede ver estas aguas son ricas en materia orgánica, con cantidades de nitrógeno, calcio, fósforo, etc., que pueden ser aprovechadas.

Como se ha descrito, la práctica habitual en este camal como en muchos otros, que no cuentan con plan de gestión de residuos, desechan estos a sistemas de drenaje los mismos que terminan mezclándose con aguas residuales provenientes del sector agrario, doméstico o terminan en una fuente natural de agua, con su consecuente contaminación de la calidad de esta, en campos de cultivo o simplemente a la intemperie, afectando de esta manera a la calidad del suelo, el agua, la atmósfera por la emisión de GEI e indirectamente a la salud humana.

Ante ello se debe plantear sistemas de tratamiento de residuos que estén acordes a las necesidades, pero también a la capacidad técnica y económica de los mataderos municipales. Por ello se propone analizar tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos que permitan reducir los niveles de contaminantes que contienen estas, pero que además puedan beneficiar de alguna manera a los mataderos, como, por ejemplo, con la generación de biogás,

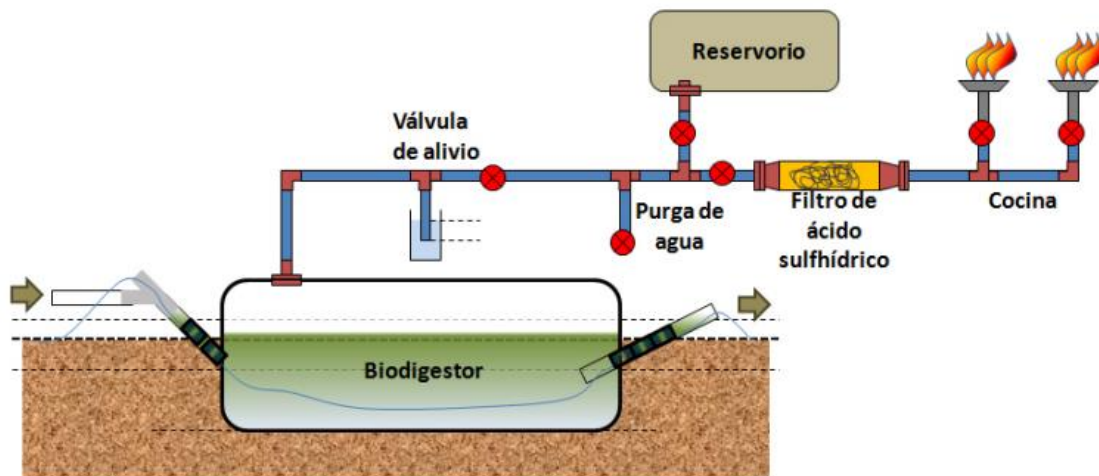
biol y biosol (fertilizante orgánico). Según [34] para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un camal, son adecuadas las tecnologías con procesos anaeróbicos, sin embargo, dentro de esta categoría, existen diversos sistemas de tratamiento tal como se describe en [35]: fosa séptica, tanque Imhoff, contacto anaerobio, filtro anaerobio, reactor de lecho de lodos (USAB), reactor de lecho expandido/fluidificado ver anexo 09. Sin embargo, no todas estas son apropiadas para el tratamiento de aguas residuales provenientes de un camal municipal, por lo que se requiere un análisis sobre sus características, ventajas, limitaciones y eficiencia en el tratamiento de este tipo de aguas residuales.

Los procesos anaeróbicos según [36] son recomendados para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, donde por la acción de microorganismos sin la presencia de oxígeno, producen gases como el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el Metano ( $\text{CH}_4$ ), compuestos principales del Biogás. Estos sistemas anaeróbicos se caracterizan por la eficiencia en la reducción del DQO, menor producción de lodos en comparación a un sistema aeróbico, producción de metano, no requiere de energía para la transferencia de  $\text{O}_2$ , no requiere de agentes químicos y donde la biomasa puede permanecer sin alimentación por largos periodos de tiempo. En anexo 19 se presentan las principales características de algunos de los sistemas de tratamiento anaeróbico que actualmente se viene implementando para el tratamiento de aguas residuales.

En los últimos años las plantas de tratamiento de aguas residuales han evolucionado de tal forma que trabajan en forma conjunta procesos aeróbicos con procesos anaeróbicos. Llegan a utilizar reactores anaeróbicos de grandes dimensiones mayor a los 1 000m<sup>3</sup> a temperaturas mesófilas de entre 20°C a 40°C o termófilas mayores a los 40°C, que permite aprovechar sus bondades como la generación de energía (calor y electricidad) y fertilizante orgánico. En el área rural el biogás generado por los biorreactores o biodigestores, ha permitido a parte de la energía y fertilizantes, contribuir a minimizar los problemas ambientales. [37]. Un biodigestor, en un depósito cerrado que facilita el ingreso de los residuos orgánicos, mezclados con agua, y producto de la digestión anaeróbica de los microorganismos, producen biogás, el mismo que se puede almacenar en la parte superior del mismo biodigestor (domo o campana de gas) que puede ser fija o flotante, sus principales características se muestran en el anexo 20 [38].

Para la elección de la tecnología apropiada para el tratamiento de los residuos orgánicos del camal municipal de Santa Cruz, se definieron siete criterios: requerimiento de materia prima adicional, requerimiento de mano de obra, requerimiento de agua, disponibilidad de área de terreno, facilidad de transporte de materia prima, costo de inversión y mantenimiento, aspectos ambientales y aspectos institucionales.

Con dichos criterios se evaluaron cinco tecnologías para el tratamiento de los residuos orgánicos, mediante la matriz de enfrentamiento y matriz de factores ponderados, anexo 21 resultado elegido el biodigestor tubular por las siguientes características: Es de bajo costo de instalación y mantenimiento, los materiales para su construcción e instalación son fáciles de transportar y adquirir, no requiere de materia prima adicional, por lo que se pueden tratar a la vez los residuos sólidos (estiércol) y las aguas residuales y no requiere de mayor área de terreno para su instalación, además que generará biogás, para el funcionamiento de las cocinas instaladas dentro del área de beneficiado del camal, además de biol y biosol para la fertilización de campos de cultivo; además para la operación y mantenimiento del sistema no requiere mayor mano de obra. En el aspecto ambiental el sistema de mayor puntaje son los biodigestores por ser hermético durante todo el proceso y se puede aprovechar el biogás, el biol y biosol



**Figura 2: Esquema básico de los componentes de un biodigestor tubular**

Fuente: [25]

En relación a otros sistemas como por ejemplo el compostaje, se requiere de materia seca para equilibrar la humedad, además de agua limpia para humedecer la materia durante su proceso de descomposición. En cuanto al sistema séptico para el mantenimiento progresivo de limpieza de lodos al igual que el sistema de compostaje requiere contar con un personal que monitoree constantemente, así como el riego de agua y realice los respectivos volteos de materia prima para su buena descomposición. En cuanto a la facilidad de transporte de materia prima en el caso del biodigestor tubular, solo usaría el alcantarillado del camal y el estiércol de los corrales. Si bien es cierto para la instalación del biodigestor tubular requiere de una inversión para la compra del geo vinil tubular con su accesorio de gas y su instalación, además el mantenimiento programado; este resulta menor en comparación a la construcción de los otros dos tipos de biodigestores analizados. Con respecto al aspecto institucional todos los sistemas si se aplican correctamente cumplirían con los requisitos de la institución pertinente.

Con la tecnología seleccionada se procedió a realizar la ingeniería de la propuesta. El sistema de biodigestión anaeróbico, consiste de un proceso de manejo de residuos orgánicos entre ellos excretas y contenido ruminal del ganado vacuno, los cuales son transportadas hacia un biodigestor, con un sistema de alimentación y uno de salida donde se extrae el bioabono; además, un sistema de recolección, conducción y utilización del biogás para el consumo dentro del ambiente del camal, cocinas para la cocción de agua y de limpieza de las vísceras del ganado, refrigeración y alumbrado.

Para el dimensionamiento del biodigestor se tomaron en cuenta factores, como la cantidad real disponible de estiércol dentro los corrales de reposo, los residuos orgánicos generados en el proceso de faenado, el agua utilizada y aspectos geográficos y climatológicos de la zona.

La biomasa, compuesta por los residuos orgánicos generados en el camal Santa Cruz, (estiércol, sangre, contenido ruminal y despojos) se calculó en función a la toma de muestras de 10 procesos de beneficiados en días distintos ver anexos 10,11, 12 y 13 con dichos registros y haciendo uso de la regresión lineal (anexo 17) se proyectaron la generación de residuos hasta el año 2032, para estimar cuanto más podría incrementarse la generación de los residuos, resultando que estos solo se incrementarían 32 l/día, lo que estaría dentro de los límites de diseño.

**Tabla 05: Volumen de Biomasa proyectada a digerir (l/día)**

Año	Residuos Orgánicos (m3/año)				Residuos Orgánicos (m3/día)				Total l/día	
	Estiércol	Sangre	C. Ruminal	Despojos	Estiércol	Sangre	C. Ruminal	Despojos		
2022	13.04	20.63	70.95	5.63	0.036	0.057	0.194	0.015	0.302	302.047
2023	13.18	20.85	71.71	5.69	0.036	0.057	0.196	0.016	0.305	305.294
2024	13.32	21.07	72.47	5.76	0.036	0.058	0.199	0.016	0.309	308.540
2025	13.46	21.29	73.23	5.82	0.037	0.058	0.201	0.016	0.312	311.787
2026	13.60	21.51	74.00	5.88	0.037	0.059	0.203	0.016	0.315	315.033
2027	13.74	21.73	74.76	5.94	0.038	0.060	0.205	0.016	0.318	318.280
2028	13.88	21.96	75.52	6.00	0.038	0.060	0.207	0.016	0.322	321.527
2029	14.02	22.18	76.28	6.06	0.038	0.061	0.209	0.017	0.325	324.773
2030	14.16	22.40	77.05	6.12	0.039	0.061	0.211	0.017	0.328	328.020
2031	14.30	22.62	77.81	6.18	0.039	0.062	0.213	0.017	0.331	331.267
2032	14.44	22.84	78.57	6.24	0.040	0.063	0.215	0.017	0.335	<b>334.513</b>

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la producción de biogás se determinó la cantidad de biomasa generada, la misma que asciende a 267 kg/día o 334.51 l/día (máxima cantidad proyectada al año 2034). Según [25] sostiene que para condiciones de temperatura para el trabajo del biodigestor en localidades comprendidas entre 23°C y 27°C el ganado vacuno genera 35 l/kg de biogás para un tiempo de retención de 50 días, ver anexo 14. Ello determina que el biodigestor generará 9 362.5 l/día de biogás, que permitirá suministrar con este combustible a dos cocinas domesticas durante 4 horas, una refrigeradora por 24 hr y 10 lámparas equivalente a 60w cada una, todas ellas instalados en los ambientes del matadero municipal, ver anexo 15.

Para el cálculo del tiempo de retención hidráulica (TRH) [39] se determinó mediante la formula:

$$TRH = 206.72 - 51.227 \ln(T^{\circ})$$

Donde

THR: Tiempo de retención hidráulica

Ln : Logaritmo natural

T°: Temperatura promedio del lugar donde se instalará el biodigestor

En el caso de la temperatura promedio de la provincia de Santa Cruz corresponde a 27 °C ver anexo 16. por lo que reemplazando en la formula se tiene el TRH es de 38 días. Con

dicho valor se procedió a calcular el volumen de diseño del biodigestor (VD), el mismo que está dada por la siguiente formula [25]:

$$VD = (Vr + Va) * TRH * Cg$$

Donde:

VD: volumen de diseño del biodigestor

Vr: volumen de residuos

Va: Volumen de agua (proporción 1:2) ..... [38]

THR: Tiempo de retención hidráulica

Cg: Coeficiente para volumen adicional para almacenamiento de gas (1.5)..... [39]

De la aplicación de la formula resultó que el volumen de diseño del biodigestor fue de 57 m<sup>3</sup>

Para la ubicación del biodigestor se consideraron factores como desnivel del terreno, características del suelo, y distancias óptimas para la ubicación del biodigestor y del gasómetro, además de factores de seguridad, entre otros, lo que permitió una adecuada operación del sistema. Se presentan los principales componentes del sistema:

**By-pass:** El camal municipal al tener canaletas separadas como la del área de matanza y lavado de la carcasa; estas van dar en su salida en la caja bypass la que permite redirigir los residuos y aguas usadas en el camal de acuerdo a la conveniencia del camal. En el caso de las aguas residuales el bypass permitirá dirigir el agua residual que contiene residuos orgánicos hacia el biodigestor para su tratamiento, mientras que el agua de lavado y desinfectado se dirigirán hacia otro lado.

**Cámara de carga** se encuentra ubicado a -6m de altura del camal, se utiliza para realizar la mezcla de la materia prima (contenido ruminal, despojos y sangre de ganado vacuno más agua), y le estiércol proveniente de los corrales de reposo. Permite además monitorear y controlar la relación agua-sólidos que ingresarán al biodigestor presenta medidas de 1,4 x 1,4 m; con una capacidad de mezcla de 0,56 m<sup>3</sup> y se conecta con el tanque de digestión de residuos a través de un tubo de PVC de 8 pulgadas.

**Biodigestor (Reactor).** Luego de ingresar la materia prima a la cámara de carga, está luego se dirige a través de una tubería de PVC al biodigestor en donde se llevará a cabo el proceso anaeróbico, aquí los residuos se descompone en un lapso de 38 días, en este proceso los residuos se transforman en fertilizante y biogás, El reactor tiene una medida de L= 20m x D=2.2 m (ver anexo 22) está compuesto por cuatro tubos PVC conectados a la poza de carga,

poza de descarga, salida de sólidos, además de tuberías para la salida del Biogás. Su estructura cilíndrica construida de geo membrana de PVC, tiene capacidad para 57 metros cúbicos entre el volumen liquido (bioabono) y gas (biogás) y soporta una presión de 4,5 a 5 bar. Su tercera parte del volumen es para el biogás y el resto es para la mezcla de agua y contenido ruminal.

**Cámara de descarga.** Luego del proceso anaeróbico que se realiza en el biodigestor o reactor; este generará el bioabono (biol o biosol) que a través de una tubería de PVC es llevada hasta la fosa o cámara de descarga con medidas de 1,4 x 2, 5 m, a la vez se encuentra ubicada a menos altura que la cámara de carga con una diferencia de un metro; en este lugar se acumula el bioabono que serán recogidos y almacenados en cilindros temporalmente hasta ser llevados por la municipalidad ya sea a su vivero o sembríos de Taya.

**Tubería de gas.** En el reactor se encuentra instalada la tubería de gas que está compuesta por una manguera de polietileno, (PET) de 1" de diámetro externo x 4 mm de espesor, por ser un material resistente y de bajo costo a comparación con material de cobre u otro metal, que se encarga de trasladar el biogás desde el reactor hacia el gasómetro, para luego ser distribuido para el funcionamiento de las cocinas, frigidier y lámparas.

**Filtros.** El filtro implementado se usará para absorber el H<sub>2</sub>S (Sulfuro de Hidrógeno); que se encuentra instalado entre el reactor y el reservorio de biogás, tiene presentación en distintos tamaños y el más común en el mercado es el que está compuesta por limadura de óxido de hierro; el cual atrapa el H<sub>2</sub>S impidiendo el paso hacia el reservorio y por ende a los quemadores de las cocinas que son afectados por ese gas.

**Válvula de seguridad.** Esta válvula está conectada a la tubería de conducción de biogás mediante una "T" la válvula se abrirá a 300 kpa de presión que equivalen a 3 bar, contiene una cantidad de agua y su función es dejar escapar una parte del biogás cuando hay mucha presión en el reservorio o reactor, evitando que estos se revienten.

**Gasometro** Es el depósito donde se almacena el biogás mientras no es utilizado en la cocina. Está construido de geo membrana de PVC y sus dimensiones son 2,8 m de largo y 0,8 m de diámetro.

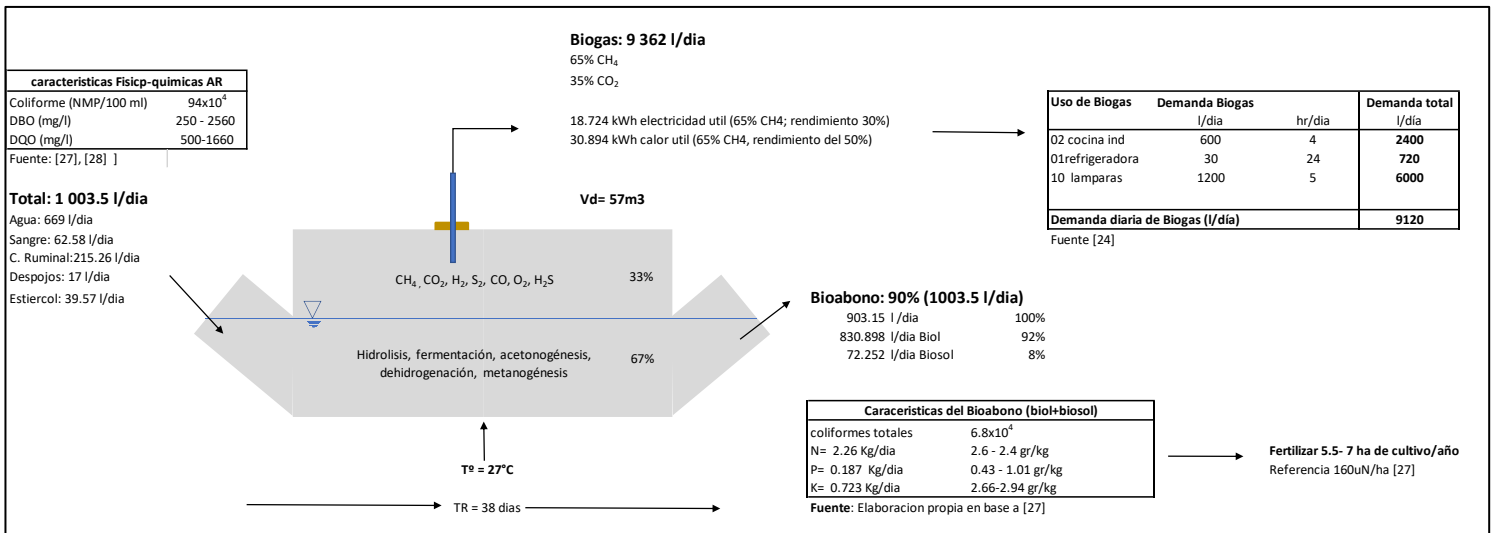
**Llaves de distribución.** Las llaves van instaladas en la salida del reservorio y en la entrada al camal; esto permite que al terminar la faena del día se proceda a cerrar las llaves por seguridad y evitar posibles fugas de gas en las cocinas o quemadores que son abastecidos.

**Quemadores (Cocinas a Gas).** Es la herramienta que permite el quemado del gas y así poder convertirlo en energía calorífica; en este caso el gas será utilizado para la cocción de agua usada en la desinfección del camal antes y después del faenado.

**Almacenamiento de bioabono (biol – biosol)** El almacén del bioabono tiene una dimensión de 4 x 5 m, es el área diseñada para la espera del fertilizante y ser acarreado a su destino designado por el área de Medio Ambiente de la Municipalidad. El fertilizante será almacenado en barriles de 200 l.

La secuencia de la generación y tratamiento de los residuos orgánicos, así como los subproductos obtenidos como el biogás y bioabono se muestran en el flujograma mostrado en el Anexo 23. Las cantidades de residuos orgánicos que se generan en el camal municipal, así como el agua utilizada para el proceso de faenado y que ingresan al biodigestor se muestran en la figura 03, el balance de materiales, donde además se especifica los subproductos que se generan a través del tratamiento de las aguas residuales, tanto el biogás como el bioabono, el mismo que está compuesto por el biol (fertilizante líquido) y el biosol (fertilizante sólido). El Sistema anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales provenientes del matadero municipal, permite a través de un biodigestor, tratar estas aguas, las mismas que como determinan los estudios mostrados en [27], [28] y [29] presentan valores que están por encima de los LMP de acuerdo a las normas peruanas, y que arrojando a la intemperie sin tratamiento alguno ocasionan un impacto ambiental en el suelo, agua y atmosfera [17]. Sin embargo, este sistema permite a través de la digestión de la materia orgánica, donde microorganismos en ausencia de oxígeno, descomponen mediante procesos químicos biológicos como la hidrólisis, fermentación, acetogénesis, deshidrogenación y metanogénesis [40], producir biogás, en una proporción de 65% CH<sub>4</sub> y 35% de CO<sub>2</sub>, cantidad suficiente para ser aprovechados por el camal municipal para el funcionamiento de un frigidifer, dos cocinas industriales para el lavado de vísceras y desinfección del área de sacrificio, además de 10 lámparas para el alumbrado de los ambientes del camal. Como subproducto del tratamiento de las aguas residuales se obtendrá además bioabono que representa entre el 90 a 95% del volumen que ingresa, producto de la digestión de la materia orgánica, las mismas que muestra valores menores por debajo de los LMP, además que permite concentrar el N, P y K para la fertilización de las tierras de cultivo, cantidad que

alcanzaría a brindar los requerimientos nutricionales de entre 5 a 7 ha, dependiendo del cultivo a fertilizar.



**Figura 03 Balance de Materiales del Biodigestor del Camal Municipal Santa Cruz**

En cuanto al impacto ambiental este será reducido, pues los gases como metano, dióxido de carbono, malos olores, proliferación de insectos, contaminación del suelo, agua, entre otros producto de la descomposición de los residuos orgánicos generados por el camal municipal, a través del tratamiento por un sistema anaeróbico serán convertidos en biogás y en bioabono, compuestos de salida cuyo impacto es mucho menor, a los compuestos generados. En tal matriz de Leopold (anexo 28) muestra los impactos generados por los residuos luego de su tratamiento a través del biodigestor. En este se indica que la actividad más nociva ya no es “Los Residuos Arrojadados a la acequia del Camal” con un valor - 75 de magnitud y 86 de importancia sino el “Desangrado y lavado” con un valor - 7 de magnitud y 29 de importancia; en cambio la actividad favorable sería “Biodigestor” con un valor de 69 de magnitud y 87 de importancia, para el caso de las variables ambientales la más afectada negativamente ya no es “Volumen de agua” que tenía un puntaje de -18 de magnitud y 25 de importancia, sino “Compactación de suelo” que tiene un puntaje de -5 de magnitud y 5 de importancia.

### **Análisis de beneficio-costo de la propuesta**

El presente objetivo tiene como finalidad el análisis económico de la propuesta para el tratamiento de los residuos orgánicos del camal municipal de Santa Cruz, procediendo a calcular las inversiones necesarias para la instalación del biodigestor tubular para una capacidad de 57.2 m<sup>3</sup>. Dicha inversión alcanza los S/. 21 256 los mismos que están distribuidos en inversiones para la adquisición de la geomembrana circular y el gasómetro (S/ 1 747), el material para la construcción (S/ 9 159); mano de obra (S/ 4 350) y capacitación del personal del camal municipal para la aplicación de la propuesta, sobre el proceso de faenado y función del biodigestor (S/ 6 000). Anexos 24 y 25

En cuanto a los costos operativos, estos ascienden a un monto de S/ 15 893 anuales, los cuales contempla la adquisición de materiales, herramientas y equipos de protección personal (EPPs) y la contratación de un personal responsable del manejo del biodigestor (S/14 350). Anexo 26.

En cuanto a los ingresos se ha considerado el ahorro que la Municipalidad provincial de Santa Cruz, administradora del camal municipal generaría por la compra de balones de gas, para el funcionamiento de las cocinas necesarias para el lavado de las vísceras, el servicio de electricidad para el alumbrado de las instalaciones internas y externas del camal y para el funcionamiento de la refrigeradora, necesaria en el ambiente del laboratorio, que permita guardar las muestras tomadas durante la inspección de la carne. Este ahorro asciende a un monto de S/ 10 381, el mismo que se determinó a través del biogás producido en el biodigestor (3 411 m<sup>3</sup>/año) a un costo referencial de gas natural de (S 3.043/m<sup>3</sup>). Del mismo modo se ha considerado como ingreso el ahorro en la compra de fertilizante orgánicos (biol + biosol) por parte de la Municipalidad para la fertilización de un promedio de 5 a 7 ha de cultivos, pudiendo ser usada en los campos de producción de tara, viveros y otros usos en parques y jardines de su jurisdicción.

La presente propuesta técnica, contempla una inversión inicial de S/. 21 256 para la adquisición de materiales e insumos requeridos para la instalación del biodigestor, donde se realizará el tratamiento de los residuos orgánicos, con la consecuente producción de biogás y el bioabono. Los resultados de la evaluación económica indica la viabilidad de la propuesta técnica, pues después de realizar las evaluaciones tanto de ingresos, egresos, demanda e

inversiones, el flujo de caja, (anexo 26) resulta un  $VAN = S/ 39\ 579 > 0$ ,  $TIR = 70\% > COK$  (Costo de Oportunidad del Capital) = 10%, y  $B/C = 1.9 > 1$ .

## Discusión

De la toma de muestras y del registro se pudo constatar que el camal sacrifica en promedio 3.5 reses por día, lo que significa en promedio 802 kg de peso de res viva, generándose en este proceso residuos orgánicos como sangre 6.7%, contenido ruminal 17.3%, despojos (trozos de carnes, grasa, astillas de huesos, etc.) 1.8% y agua que en promedio por día, utiliza más de 0.72 m<sup>3</sup> por res sacrificada, valor superior a lo estipulado en [41] Guía de las buenas prácticas del faenado de animales de abasto, que estipula un valor mínimo de 0.5 m<sup>3</sup> por res. Por otro lado, la actividad de evacuar las aguas residuales desde al camal hacia la acequia para su descomposición a la intemperie, es la que mayor impacto ambiental produce según la matriz de Leopold realizada, A diferencia de lo recomendado por [11] este estudio no realizó un diagnóstico ambiental que conlleve a proponer alternativas para solucionar problemas ambientales, sino que permite medir las consecuencias de no realizar un tratamiento adecuado a los residuos y sus efectos en el medio ambiente y la salud de la población, para proponer alternativas técnicas y viables para el tratamiento de estos. Por otro lado, este estudio concuerda con [12] en cuanto a las malas prácticas de faenado y al consumo excesivo de agua.

Es importante analizar las características de las distintas tecnologías para el tratamiento de residuos para en función a las condiciones y necesidades del camal municipal se pueda determinar cuál de ellas es la indicada, estableciendo metodologías para ponderar bajo distintos criterios cuál de estas se adapta a las condiciones identificadas en el diagnóstico, resultando seleccionado en este estudio, el biodigestor tubular, un sistema anaeróbico para el tratamiento de los residuos orgánicos identificados, que para las condiciones del camal permitirá la utilización del biogás y el bioabono (biol y biosol) que se genera, tal como lo mencionan en sus estudios [16] y [19], que analizan la necesidad de minimizar los impactos producidos por la fermentación acelerada de los residuos orgánicos, proponiendo el aprovechamiento del biogás, biol y biosol y al tratamiento de los residuos como una necesidad medio ambiental pero también económica.

Por último, la evaluación económica de la propuesta resulta viable, con una inversión de S/ 21 256, para la instalación del biodigestor tubular y costos operativos de S/ 15 893 anuales, lo que resulta en un  $VAN=S/ 39 579 > 0$ ,  $TIR= 70\% > COK$  (Costo de Oportunidad del Capital) = 10%, y  $B/C=1.9 > 1.$ , valores semejantes a lo demostrado por [20] con siguientes indicadores  $VAN=S/ 11,844 > 0$ ,  $TIR= 45.56\% > COK$  (Costo de Oportunidad del Capital) = 13%, y  $B/C=1,12 > 1$ , para la instalación de un biodigestor tubular de una capacidad de 150m<sup>3</sup>.

### **Conclusiones**

Producto del faenado diario en el camal municipal de la provincia de Santa Cruz, se determinó en el diagnóstico, los distintos residuos orgánicos generados, así como su cantidad aproximada, mediante el muestreo de 10 reses sacrificadas en días distintos y su comparación con valores determinados en estudios de investigación. Resultado que anualmente para un volumen de 329 816 kg de peso vivo de reses, se genera 21.73 m<sup>3</sup> de sangre, 74.76 m<sup>3</sup> de contenido ruminal y 5.94m<sup>3</sup> de despojos, estos residuos junto con el agua utilizada para el proceso de faenado, son derivados a través de canaletas ubicadas al contorno del área de beneficiado hacia el exterior del camal, que sin tratamiento alguno son depositadas a la intemperie.

Del análisis de cinco tecnología usadas en el tratamiento de residuos orgánicos, mediante el método de factores ponderados, se seleccionó el biodigestor tubular, adecuado para las condiciones del camal municipal de Santa Cruz, calculándose en función a la cantidad de residuos orgánicos generados, biomasa que para el año proyectado de 2032 alcanzará los 334.5 l/día, un volumen de diseño de 57 m<sup>3</sup>, generando un volumen de 9.3m<sup>3</sup>/día de biogás que abastecerá con este combustible a 2 cocinas domésticas, 10 lámparas y refrigerador ubicados dentro del camal municipal. Además del biogás se obtendrá 0.9 m<sup>3</sup>/día de bioabonos (biol y biosol) mismos que servirán para abonar los campos de cultivo de tara de la municipalidad de Santa Cruz y para el área de parques y jardines. Ambientalmente este proyecto resulta viable, pues los impactos generados serán reducidos tal como se analizan la matriz de Leopold antes y después del tratamiento de los residuos orgánicos. Anexos 7 y 28. Finalmente, la propuesta requiere de una inversión inicial de S/21 256, la cual deberá ser financiado por la Municipalidad de Santa Cruz, como una contraparte que le favorecerá al

buen funcionamiento del camal municipal, la fertilización de sus plantaciones de tara y sobre todo porque está contribuyendo a minimizar los impactos sobre el medio ambiente, pues los resultados de la evaluación demuestran su viabilidad económica, con un TIR del 70%, un VAN de S/ 39 579 y un B/C de 1.9

### **Recomendaciones**

Se aconseja investigar sobre la calidad de los bioabonos obtenidos y la viabilidad de comercializarlos a nivel de productores ganaderos y agricultores, considerando que en el entorno del camal existen áreas agrícolas y ganaderas.

Realizar estudios sobre la calidad del servicio de faenado, los procesos, los recursos utilizados, los tiempos empleados, todo ello con la finalidad de asegurar la inocuidad y calidad del alimento obtenido.

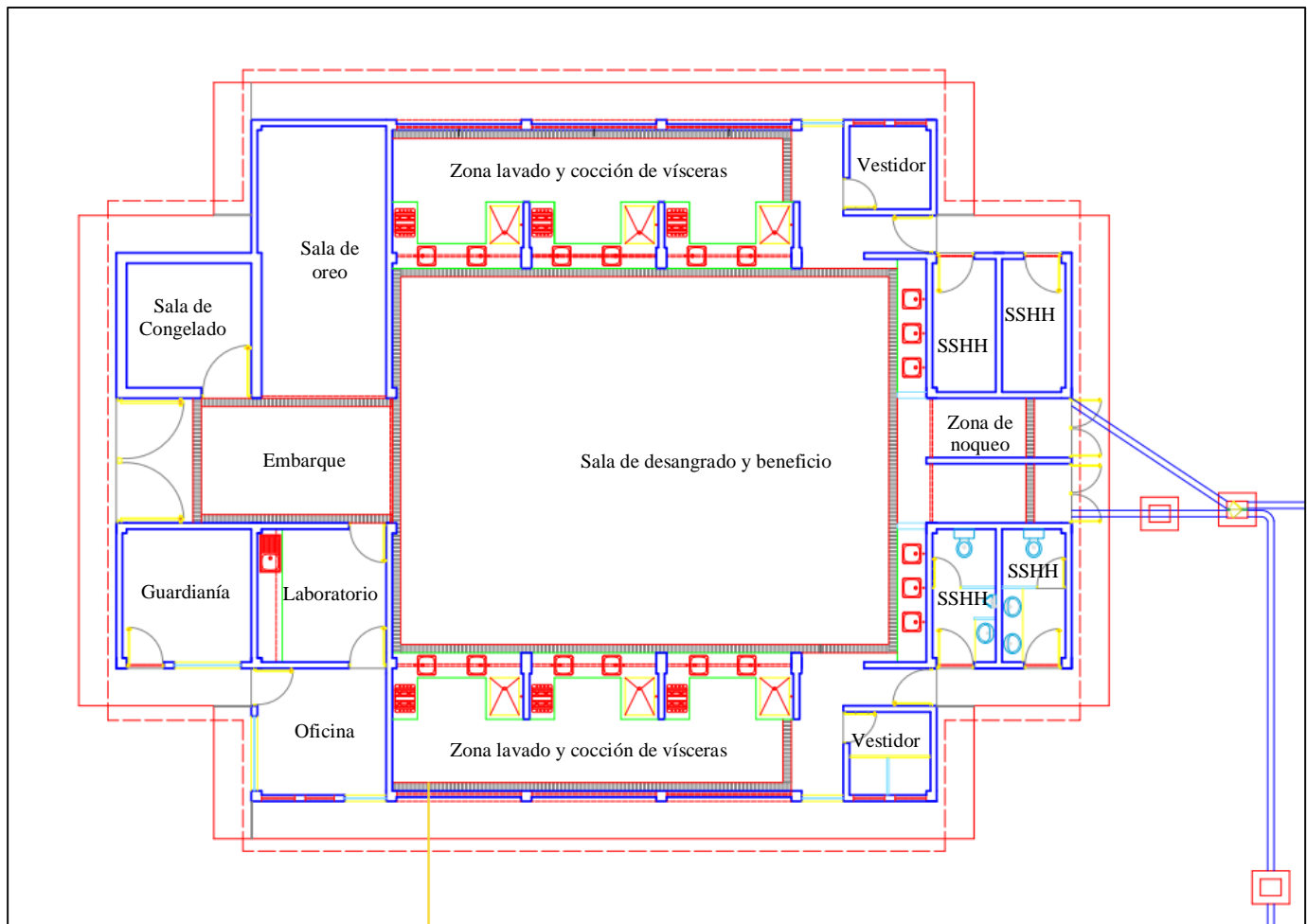
Realizar estudios sobre el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado y desinfectado del área de beneficiado, pues esta no ingresa al sistema de biodigestor.

## Referencias

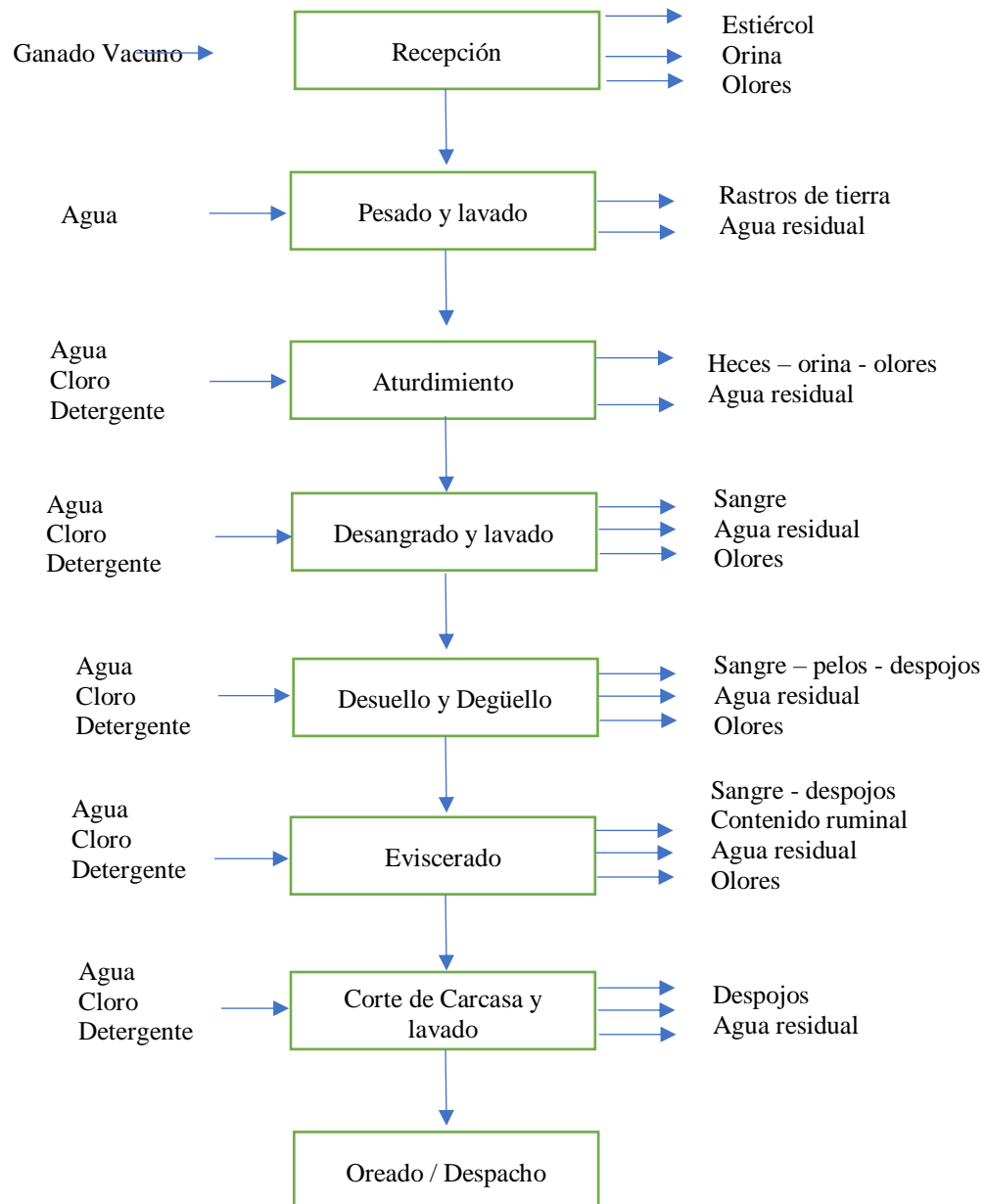
- [1] FAO, «FAO.» [En línea]. Available: <https://www.fao.org/common-pages/search/es/?q=mercado%20mundial%20de%20carne>. [Último acceso: 15 enero 2023].
- [2] N. Baez QUIñones, «Valoración económica del medio ambiente y su aplicación en el sector ganadero cubano,» *Pastos y Forrajes*, vol. 41, n° 3, pp. 161-169, 2018.
- [3] «Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego,» 2015. [En línea]. Available: [https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretossupremos/2012/reglam\\_ds015-2012.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretossupremos/2012/reglam_ds015-2012.pdf).
- [4] P. Ruiz Sanchez, «Repositorio Universidad Nacional de San Martin Tarapoto,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3134/SANITARIA%20-%20Paolo%20Ruiz%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 05 octubre 2022].
- [5] V. Frederick, «fao.org,» 1993. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/t0566s/T0566S00.htm>. [Último acceso: 01 octubre 2022].
- [6] «inei.gob.pe,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1558/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1558/). [Último acceso: 30 setiembre 2022].
- [7] A. Noyola, J. M. Morgan Sagastume y L. P. Güereca, «Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales,» 2013. [En línea]. Available: [http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf). [Último acceso: 12 noviembre 2022].
- [8] R. Vallejos Rodríguez, A. Lopez Lopez y J. Gallardo Valdéz, «Manejo integral de efluentes residuales generados en los rastros municipales,» diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/683/1/1%20Libro%20rastros%20version%20final.pdf>. [Último acceso: 12 noviembre 2022].
- [9] Sistema Nacional de Información Ambiental, «<https://sinia.minam.gob.pe/>,» 2003. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-organica-municipalidades>. [Último acceso: 7 octubre 2022].
- [10] Instituto Nacional de Normalización - INACAL, «<https://www.gob.pe/inacal>,» 2015. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/hp/Downloads/NORMA%20T%C3%89CNICA%20NTP-ISO%20PERUANA%20Sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20ambiental.%20Requisitos%20con%20orientaci%C3%B3n%20para%20su%20uso.pdf>. [Último acceso: 16 octubre 2022].
- [11] M. Dupin Fonseca, B. Guerra Valdés, F. A. Goya Valdivia, E. V. Ibarra Hernández y F. Pérez Perera, «Evaluación del Desempeño Ambiental del Matadero Chichi Padron,» *Revista Cetro Azúcar*, vol. 45, n° ISSN: 2223- 4861, pp. 32-40, 2018.
- [12] W. G. Vergara Abarca, «repositorio.unsaac.edu.pe,» 2021. [En línea]. Available: [https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6062/253T20211058\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6062/253T20211058_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 13 octubre 2022].
- [13] J. C. Sanchez Delgado, «repositorio.unprg.edu.pe,» 27 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8746>. [Último acceso: 13 octubre 2022].
- [14] A. C. Chú Ramírez, «repositorio.ucv.edu.pe,» 26 setiembre 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96488?show=full>. [Último acceso: 14 octubre 2022].
- [15] L. Y. Cadillo Garay y N. R. Ramos Rico, «repositorio.ucv.edu.pe,» 07 junio 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62696?show=full>. [Último acceso: 13 octubre 2022].
- [16] C. A. Leon Torres, C. N. Rodriguez y G. A. Mendoza Avalos, «Diseño e implementación de una planta piloto de producción de biogas, biol y biosol.,» *Arnaldoa*, vol. 26, n° 3, pp. 1017-1032, 2019.
- [17] J. Pinos Rodríguez, J. García López, L. Peña Avelino, J. Rendón Huerta, C. González González y F. Tristán-Patiño, «IMPACTOS Y REGULACIONES AMBIENTALES DEL ESTIÉRCOL

- GENERADO POR LOS SISTEMAS GANADEROS DE ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA,» *Agrociencia*, vol. 46, n° 4, pp. 359-370, 2012.
- [18] O. Vargas Pineda, J. Trujillo González y M. Torres Mora, «El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento,» *Oriniquia*, vol. 23, n° ISSN 2011-2629, pp. 123-129, 2019.
- [19] M. I. Márquez Alcívar, «Evaluación de los bioabonos obtenidos a partir de residuos animales provenientes del Camal Municipal de Guaranda,» *Sapienza*, vol. 3, n° 4, pp. 241-249, 2022.
- [20] A. R. M. Oblitas Cabrera, «Repositorio Uniniversidad Señor de Sipan,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5113/Oblitas%20Cabrera%20Ana%20Rosa%20Margot.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: Enero 2023].
- [21] Codex Alimentarius, «Fao.org,» 2005. [En línea]. Available: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B58-2005%252FCXP\\_058s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B58-2005%252FCXP_058s.pdf). [Último acceso: 11 octubre 2022].
- [22] Sistema Nacional de Información Ambiental, «sinia.minam.gob.pe/,» SINIA, 20 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>. [Último acceso: 2 octubre 2022].
- [23] Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental OEFA, «oefa.gob.pe,» 2013. [En línea]. Available: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13926](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926). [Último acceso: 10 octubre 2022].
- [24] E. Marañón Maison, H. Sastre Andrés, L. Castrillon Pelaez, J. M. Gonzales Prendes, J. Pertierra Menendez y J. J. Barrueta, *Generación de Residuos de Ganadería Vacuna (Purines) en Asturias: Problemática Y Tratamiento*, Oviedo España: Universidad de Oviedo, 1999.
- [25] J. Martí Herrero, «Puerta de la investigación ResearchGate,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Marti-Herrero/publication/337064154\\_Biodigestores\\_Tubulares\\_guia\\_de\\_diseno\\_y\\_manual\\_de\\_instalacion\\_2019\\_J\\_Marti\\_Herrero/links/5dc34f10a6fdcc2d2ff7d067/Biodigestores-Tubulares-guia-de-diseno-y-manual-de-instalacio](https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Marti-Herrero/publication/337064154_Biodigestores_Tubulares_guia_de_diseno_y_manual_de_instalacion_2019_J_Marti_Herrero/links/5dc34f10a6fdcc2d2ff7d067/Biodigestores-Tubulares-guia-de-diseno-y-manual-de-instalacio). [Último acceso: marzo 2023].
- [26] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, «<https://sie.car.gov.co/>,» 2008. [En línea]. Available: <https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33669/05887.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 04 octubre 2022].
- [27] D. Borja, K. Salazar Llarangui y H. Brito Moina, «Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba,» *Ciencia Digital*, vol. 3, n° 2, pp. 783-794, 2019.
- [28] G. W. Bermudez Timoteo, «Repositorio Universidad San Pedro,» 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12476>. [Último acceso: 18 Setiembre 2023].
- [29] E. H. Echevarría Pozo y C. S. Estevez Esparza, «Repositorio Universidad Técnica del Norte - Ecuador,» abril 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11291/2/03%20RNR%20384%20TRABAJO%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 18 setiembre 2023].
- [30] L. A. Berrios Ccarita y E. S. Urquiza Quispe, «Repositorio Universidad Nacional San Agustín - Arequipa,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/4fecb5d3-4c81-425b-ab42-287bc547c93e>. [Último acceso: 18 setiembre 2023].
- [31] Ministerio del Ambiente, «SINIA Sistema Nacional de Información Ambiental,» MINAM, 2010. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>. [Último acceso: setiembre 2023].
- [32] L. Arellano, M. Cruz Rosales y C. Huerta, «Instituto de Ecología INECOL - México,» 2014. [En línea]. Available: [http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV\\_pdf/libros/estiercol\\_material\\_de\\_desecho.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/estiercol_material_de_desecho.pdf). [Último acceso: Marzo 2023].
- [33] D. Muñoz Muñoz, «Tratamiento de aguas residuales para matadero para una población menor a 2000 habitantes,» *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cauca Popayan de Colombia*, vol. III, n° 1, pp. 87-98, 2005.

- [34] M. Gronerth Saavedra , «Universidad Nacional de San Martin,» 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2578/1/FIAI%20-%20Merling%20Gronerth%20Saavedra.pdf>. [Último acceso: Febrero 2023].
- [35] A. Noyola, J. M. Morgan Sagastume y P. L. Güereca, «Pronatura Sur, a.c,» 2013. [En línea]. Available: [http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf). [Último acceso: enero 2023].
- [36] R. Vallejos Ramirez, A. Lopez Lopez y J. Gallardo Váldez, «Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ),» 2019. [En línea]. Available: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/683/1/1%20Libro%20rastrros%20version%20final.pdf>. [Último acceso: Enero 2023].
- [37] Direccion de sustentabilidad medio ambiente y cambio climatico, «Gobierno de la provincia de Buenos Aires Argentina,» [En línea]. Available: [https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual\\_de\\_Biogas01.pdf](https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_de_Biogas01.pdf). [Último acceso: marzo 2023].
- [38] M. T. Varnero Moreno, «Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la agricultura FAO,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>. [Último acceso: marzo 2023].
- [39] Unidad de Planeacion Minero Energetica - Colombia, «silo tips,» 2003. [En línea]. Available: <https://silo.tips/download/formulacion-de-un-programa-basico-de-normalizacion-para-aplicaciones-de-energias-3>. [Último acceso: 2023].
- [40] FAO, Gobierno de Chile, Ministerio de Energia, «FAO,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>. [Último acceso: 2023].
- [41] S. N. d. S. A. SENASA, «<https://cdn.www.gob.pe/>,» [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2002708/Faenado%20animales%20abasto.pdf.pdf>. [Último acceso: marzo 2023].
- [42] S. P. Baggini, «[www.books.google.com.pe](http://www.books.google.com.pe),» 2021. [En línea]. Available: [https://books.google.com.pe/books/about/Las\\_buenas\\_pr%C3%A1cticas\\_en\\_la\\_industria\\_de.html?id=pikvEAAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Las_buenas_pr%C3%A1cticas_en_la_industria_de.html?id=pikvEAAAQBAJ&redir_esc=y). [Último acceso: 06 Octubre 2022].
- [43] D. A. Guevara Freire, «<https://rraae.cedia.edu.ec/>,» 2011. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1779>. [Último acceso: 10 octubre 2022].
- [44] J. . F. Cutiño Oliva, E. A. Tchipela Hungulo, I. . E. Campdesuñer Almaguer y Z. Cutiño Oliva, «Gestión ambiental de los residuos del matadero en Namibe Angola,» *Ciencias Holguin* , vol. 25, n° ISSN: 1027-2127, pp. 44-51, 2019.
- [45] O. A. Chavarría Acuña, «Comparación de los impactos ambientales ocasionados por la técnica de incineración y rellenos sanitarios para la gestión de residuos sólidos,» *Revista de la Universidad Costa Rica*, vol. 32, n° ISSN: 2215-2652, pp. 130-140, 2022.
- [46] R. Salinas, «[bivica.org/](http://bivica.org/),» 2000. [En línea]. Available: <https://www.bivica.org/file/view/id/4469>. [Último acceso: 6 octubre 2022].
- [47] Ministerio del Ambiente, «[siar.minam.gob.pe/](http://siar.minam.gob.pe/),» 2012. [En línea]. Available: <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>. [Último acceso: 6 octubre 2022].
- [48] G. Espinoza, «[ucipfg.com/](http://ucipfg.com/),» 2001. [En línea]. Available: <https://www.ucipfg.com/biblioteca/files/original/0e88d5d92cb6a830696a05a868f1daf9.pdf>. [Último acceso: 11 octubre 2022].
- [49] J. Collazos Cerron, Manual de Evaluacion ambiental de proyectos, Lima: San Marcos E.I.R.L , 2009.
- [50] F. Tepetates Manlio, «Colpos DIgital,» 2011. [En línea]. Available: [http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/696/Cruz\\_Rosales\\_MM\\_DC\\_Agroecosistemas\\_Tropicales\\_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/696/Cruz_Rosales_MM_DC_Agroecosistemas_Tropicales_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: febrero 2023].

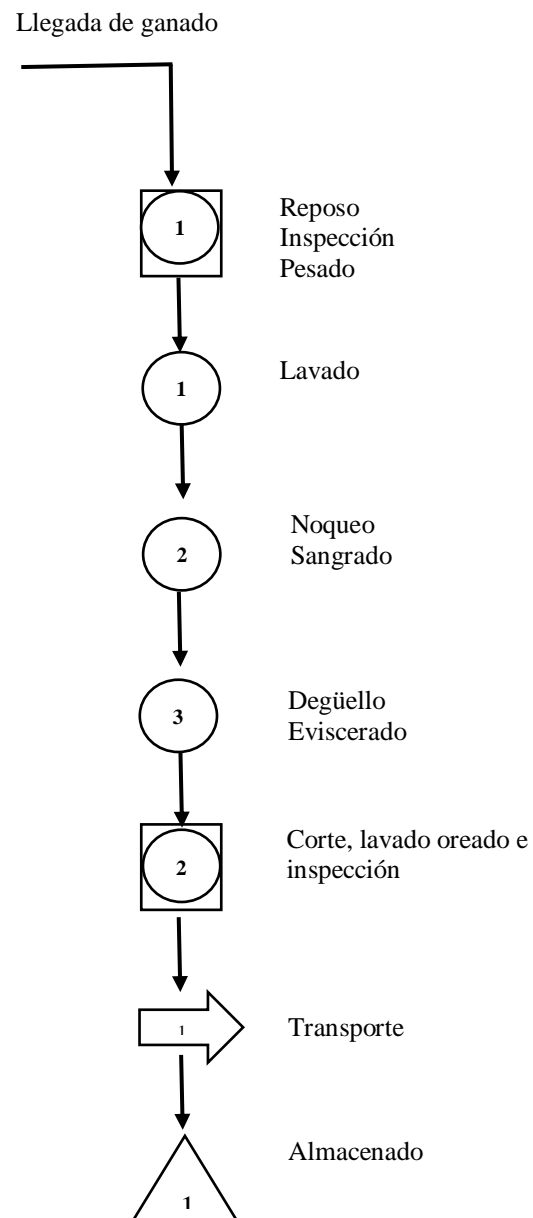
**Anexos:****Anexo 01: Distribución de ambientes del camal municipal de Santa Cruz**





**Anexo 2: Insumos empleados y residuos generados por cada etapa del proceso de faenado**



**Fuente: Elaboración propia**

### Anexo 03 Diagrama de Operaciones de Producción de Carne de Res



RESUMEN	
Actividad	Cantidad
Operacion 	05
Transporte 	01
Almacen 	01
Combinado 	03
<b>Total</b>	<b>10</b>

**Anexo 4: Reporte mensual del proceso de faenado (kg de peso vivo)**

MES	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ENERO	23,324.1	25,182.3	28,559.3	30,559.2	28,211.6	26,701.8	30,559.2	26,701.8	26,701.8	26,701.8	26,701.8
FEBRERO	21,768.6	22,933.8	22,255.8	26,157.3	24,545.6	25,461.6	26,157.3	25,461.6	25,461.6	25,461.6	25,461.6
MARZO	20,999.5	23,823.3	20,836.3	25,359.9	25,467.1	25,467.1	25,359.9	25,467.1	25,467.1	12,933.9	25,467.1
ABRIL	18,333.3	21,080.6	23,058.5	21,794.1	22,172.5	21,823.3	21,794.1	21,823.3	21,823.3	8,211.1	21,823.3
MAYO	23,594.6	23,434.2	20,386.6	24,872.7	27,247.7	27,247.7	24,872.7	27,247.7	27,247.7	26,888.1	27,247.7
JUNIO	20,988.4	21,624.5	20,977.6	23,044.0	24,047.2	24,047.2	23,044.0	24,047.2	24,047.2	24,047.2	24,047.2
JULIO	20,847.8	21,624.5	20,516.4	23,142.2	25,109.1	25,109.1	23,142.2	25,109.1	25,109.1	24,047.2	25,109.1
AGOSTO	22,407.4	25,250.2	23,159.7	24,522.4	24,652.2	24,652.2	24,522.4	24,652.2	24,652.2	24,652.2	24,652.2
SETIEMBRE	25,419.0	26,622.0	28,030.5	27,437.9	30,272.4	30,272.4	27,437.9	30,272.4	30,272.4	30,272.4	30,272.4
OCTUBRE	21,368.3	22,853.9	21,181.5	23,842.7	25,740.3	25,740.3	23,842.7	25,740.3	25,740.3	25,740.3	26,777.5
NOVIEMBRE	19,775.0	22,022.1	20,347.2	23,428.7	24,131.6	24,131.6	23,428.7	24,131.6	24,131.6	24,131.6	26,427.1
DICIEMBRE	19,648.6	21,863.3	21,516.8	24,386.0	27,260.5	25,584.0	24,386.0	25,584.0	25,584.0	25,584.0	25,955.3
<b>Total:</b>	<b>258,474.4</b>	<b>278,314.7</b>	<b>270,826.0</b>	<b>298,547.1</b>	<b>308,857.7</b>	<b>306,238.2</b>	<b>298,547.1</b>	<b>306,238.2</b>	<b>306,238.2</b>	<b>278,671.3</b>	<b>309,942.3</b>
<b>Promedio/día</b>	<b>708.1</b>	<b>762.5</b>	<b>742.0</b>	<b>817.9</b>	<b>846.2</b>	<b>839.0</b>	<b>817.9</b>	<b>839.0</b>	<b>839.0</b>	<b>763.5</b>	<b>849.2</b>

Fuente: Camal Municipal de Santa Cruz

**Anexo 05: Registro de los pesos (Kg) de los residuos orgánicos generados en el faenado**

Muestras	M.01	M.02	M.03	M.04	M.05	M.06	M.07	M.08	M.09	M.10	Total Kg	% x Kg de Peso vivo
<b>Peso Res Viva</b>	<b>250</b>	<b>255.5</b>	<b>248</b>	<b>251</b>	<b>251.4</b>	<b>289.58</b>	<b>250.47</b>	<b>264.33</b>	<b>249.5</b>	<b>265.78</b>	<b>2575.56</b>	
<b>Partes comerciales (kg)</b>												
carcasa	113.0	120.0	114.0	114.0	115.0	130.0	113.0	120.0	113.0	120.0	<b>1172</b>	<b>45.50</b>
patas	13.0	12.0	13.0	14.0	13.0	16.0	13.2	14.5	13.0	14.2	<b>135.9</b>	<b>5.28</b>
cabeza	11.0	12.0	13.0	10.0	11.9	14.0	12.0	12.0	11.5	12.0	<b>119.4</b>	<b>4.64</b>
pezuñas	2.5	2.2	2.4	2.6	2.5	2.7	2.8	2.7	2.5	2.5	<b>25.35</b>	<b>0.98</b>
cuernos	2.5	2.3	2.5	2.7	2.5	2.5	2.3	2.5	2.0	2.5	<b>24.3</b>	<b>0.94</b>
cuero	23.0	23.0	24.0	22.4	23.0	28.0	24.0	24.0	23.0	25.0	<b>239.4</b>	<b>9.30</b>
vísceras	18.0	19.0	17.0	19.0	20.0	23.0	19.0	20.7	20.0	21.0	<b>196.68</b>	<b>7.64</b>
<b>Residuos (kg)</b>												
sangre	17.0	17.0	16.5	16.8	16.0	19.0	17.0	18.0	17.0	18.0	<b>172.3</b>	<b>6.69</b>
contenido ruminal	45.0	43.8	42.0	45.0	43.0	49.0	43.0	45.0	43.0	46.0	<b>444.8</b>	<b>17.27</b>
despojos	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	5.4	4.2	5.0	4.5	4.5	<b>46.6</b>	<b>1.81</b>

Fuente: Camal Municipal Santa Cruz

**Anexo 06: Fotografías de disposición final de los residuos orgánicos****A. Biodigestor instalado en el canal de la Municipalidad de Santa Cruz****B. Estiércol y bolsas con residuos****C. Viseras y contenido ruminal****D. Lodo residual.**

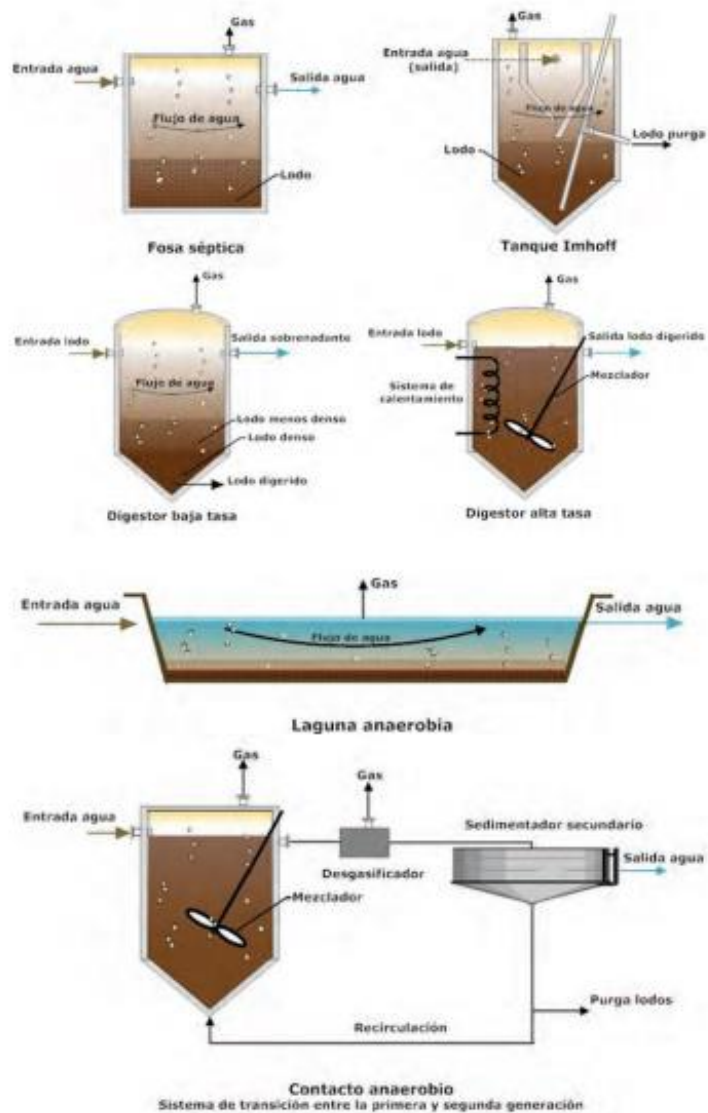
## Anexo 07 Matriz de Leopold Sin tratamiento Camal Municipal Santa Cruz - Cajamarca

ACCIONES		PROCESO DEL FAENADO EN EL CAMAL MUNICIPAL DE SANTA CRUZ											Residuos arrojados a la asequia del Camal	TOTAL
		Recepcion e inspección	Aturdimiento	Desangrado y lavado	Desollado	Desguello	Eviscerado	Corte y lavado de carcasa	Inspección y sellado	Oreo	Despacho			
Medio Físico	Aire	Gases	/	/	/	/	/	-3	-3	/	/	/	-3	-9
		Ruido	-1	-1	/	/	/	2	2	/	/	/	5	9
		Olores residuales	2	1	/	/	/	3	3	/	/	/	5	6
	Agua	Aguas subterráneas	-4	/	-1	/	/	-3	-4	/	/	/	-4	-16
		calidad de agua	5	1	/	/	/	3	5	/	/	/	5	19
		Volumen de agua	/	/	-7	/	/	/	/	/	/	/	-3	-3
	Suelo	Compactación suelo	/	/	10	/	/	/	/	/	/	/	2	2
		calidad de suelo	-4	-6	/	/	/	/	/	/	/	/	-5	-12
		5	10	/	/	/	/	/	/	/	/	4	14	
Medio Biológico	Flora	Arboles	-2	/	/	/	/	/	/	/	/	-3	-5	
		Arbustos	3	/	/	/	/	/	/	/	/	2	5	
		Hierbas	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-7	-7
	Fauna	Aves	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	6
		Mamíferos	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-5	-5
		reptiles y/o roedores	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	6
	Paisaje	Cambios en forma del relieve	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-3	-3
		Cambios en la estructura del paisaje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	6
Socioeconómico	Empleo	-10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-10	-10	
	Actividad Comercial	8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	10	
	Desarrollo Local	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-8	-8	
	TOTAL	10	2	-1	-1	-1	-1	2	2	2	2	2	2	
		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	
		-4	6	-7	7	7	1	-2	7	7	4	-75	-49	
		23	9	29	8	8	13	18	8	8	10	86	220	

### Anexo 08 Composición del agua residual de un matadero según STECHER y RUPRECHT

Sustancias sedimentables, ml/l	10	Grasa, mg/l	108
PH	7	Nitrogeno (N) , mg/l	145
Sustancias no disueltas , mg/l	580	Pentóxido de fósforo, mg/l	19
Sólidos fijos, mg/l	81	Oxido de potasio, mg/l	29
Sólidos Volátiles mg/l	498	Oxido de calcio, mg/l	131
Sustancias disueltas , mg/l	1206	Consumo de KMnO <sub>4</sub> , mg/l	154
Sólidos fijos, mg/l	272	DBO <sub>5</sub> , mg/l	838
Sólidos Volátiles mg/l	934		
Alcalinidad ,ml ácido/l	7		

### Anexo 09 Proceso anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales de primera generación



Fuente: [7]

### Anexo 10: Producción de estiércol Camal municipal Santa Cruz Kg/año

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Peso Res Viva (Kg/día)	708.1	762.5	742.0	817.9	846.2	839.0	817.9	839.0	839.0	763.5	849.2
8 kg estiércol / 100 kg PRV	56.7	61.0	59.4	65.4	67.7	67.1	65.4	67.1	67.1	61.1	67.9
Estiércol Kg/hora	2.4	2.5	2.5	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.5	2.8
8 hr. Promedio en corral/día	18.9	20.3	19.8	21.8	22.6	22.4	21.8	22.4	22.4	20.4	22.6
Estiércol Kg/año	6892.6	7421.7	7222.0	7961.3	8236.2	8166.4	7961.3	8166.4	8166.4	7431.2	8265.1
Estiércol m3/año (*)	10.8	11.6	11.3	12.4	12.9	12.8	12.4	12.8	12.8	11.6	12.9

Nota: (\*) densidad del estiércol 0.64 kg/l

Fuente [24]

### Anexo 11: Producción de sangre camal municipal Santa Cruz

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Peso Res Viva (Kg/año)	258,474.4	278,314.7	270,826.0	298,547.1	308,857.7	306,238.2	298,547.1	306,238.2	306,238.2	278,671.3	309,942.3
Sangre (m3/año) *	17.0	18.3	17.8	19.7	20.4	20.2	19.7	20.2	20.2	18.4	20.4

Nota (\*) densidad de la sangre 0.0659 l x kg de pesos vivo

Fuente: elaboración propia

### Anexo 12: Producción de contenido ruminal camal municipal Santa Cruz

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Peso Res Viva (Kg/año)	258,474.4	278,314.7	270,826.0	298,547.1	308,857.7	306,238.2	298,547.1	306,238.2	306,238.2	278,671.3	309,942.3
contenido ruminal Kg/año *	43940.6	47313.5	46040.4	50753.0	52505.8	52060.5	50753.0	52060.5	52060.5	47374.1	52690.2
Contenido ruminal m3/año **	58.6	63.1	61.4	67.7	70.0	69.4	67.7	69.4	69.4	63.2	70.3

Nota (\*) Porcentaje de peso vivo 17% x kg PRV

(\*\*) Densidad de contenido ruminal 0.75 Kg/l

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 13: Producción de despojos camal municipal Santa Cruz

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Peso Res Viva (Kg/año)	258,474.4	278,314.7	270,826.0	298,547.1	308,857.7	306,238.2	298,547.1	306,238.2	306,238.2	278,671.3	309,942.3
Despojos Kg/año	4652.5	5009.7	4874.9	5373.8	5559.4	5512.3	5373.8	5512.3	5512.3	5016.1	5579.0
Despojos m3/año	4.7	5.0	4.9	5.4	5.6	5.5	5.4	5.5	5.5	5.0	5.6

## Anexo 14

**Tabla 8:** Producción de biogás según la temperatura y tiempo de retención

Temperatura de trabajo del biodigestor (°C)	Estiércol de vaca fresco		Estiércol de cerdo fresco	
	Tiempo de Retención (d)	Biogás* (l/kg)	Tiempo de Retención (d)	Biogás* (l/kg)
33-37	30	39	25	71
28-32	40	38	30	67
23-27	50	35	35	61
18-22	65	33	50	59
13-17	90	31	65	54
8-12	125	29	90	50

\*El biogás está expresado para 25 °C y 1 atmósfera de presión, suponiendo 65% de contenido de metano (CH<sub>4</sub>). Se ha considerado en el estiércol de vaca 16% ST, 80% SV/ST y 0,2 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg<sub>SV</sub>; y para el estiércol de cerdo 20% ST, 75 %SV/ST y 0,3 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg<sub>SV</sub>.

Fuente: [24]

## Anexo 15

**Tabla 10:** Consumos típicos de biogás para diferentes elementos

Uso biogás	Consumo de biogás por hora (l/h)
Cocina doméstica	300
Cocina industrial	450
Calefactor lechones	300
Lámpara (equivalente a 60W)	120
Olla arrocera (2l)	140
Calefón de agua (14 kW)	2500
Calefón de agua (26 kW)	5000
Refrigeradora (100L)	30 (en zona fría)
	75 (en zona caliente)
Motor < 5hp (por cada 1hp)	400
Motor > 5hp (por cada 1hp)	250
Ordeñadora (15hp)	2500
Generador (1.2 kW)	600
Generador (3 kW)	2100
1kWh eléctrico (5 - 20 kW)	1600

Fuente: [24]

## Anexo 16: Temperatura (°C) Máxima, media y mínima Provincia de Santa Cruz

Promedio	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	promedio
Máxima	31	30	30	29	29	30	31	33	34	33	31	31	31
Media	27	26	26	26	26	25	26	27	28	28	27	27	27
Mínima	23	23	23	23	22	22	21	22	23	23	23	23	23

Fuente: Municipalidad de Santa Cruz

### Anexo 17: Cálculo del pronóstico por Regresión Lineal.

Ecuación:  $y = a + bx$

$$a = \frac{(\sum x)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x) - (\sum x)}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x) - (\sum x)}$$

Siendo:

y = variable dependiente (cantidad final hallada)

x = variable independiente (el número de año objeto de proyección)

a = intersección con el eje y.

b = pendiente de la línea de regresión.

### Anexo 18: Principales características de Sistemas para el tratamiento del Estiércol

Pastoreo	Lagunas anaerobicas	Compostaje	Bocashi	Lombricomposta
Sencillo y de bajo costo	El estiércol en su fase líquida (modo de recolección de estiércol y orinas)	Mecanismo que utiliza los microorganismos para degradar la materia organica	Es la composta mejor elaborada	Permite transformar desechos orgánicos en fertilizantes o bioabonos
Se deja el estiércol sin ningún tratamiento en al área de pastoreo	La descomposición de la materia orgánica se realiza por acción bacteriana resultando en elementos minerales	Dependen del oxígeno para su degradación (aeróbicas)	Se requiere de infraestructura, piso anivelado de cemento y protegido de la lluvia	se utiliza la lombriz de tierra llamada "Coqueta o roja californiana" o "lombriz roja" (Eisenia foetida).
Los microorganismos y el medio ambiente se encargan de su degradación	Una vez tratada puede ser descargada en fuentes de agua o utilizadas en campos de cultivo	Se requiere de un área al aire libre para que la composta se mantenga caliente de forma natural	Se requiere añadirle al estiércol, melaza agua, hongos de hojarasca, tierra desinfectada, etc.	Se requiere añadir materia seca, como hojas, aserrín, cascara etc.) para su funcionamiento.
Dependiendo de la cantidad de microorganismos, la degradación puede tardar días a semanas	Requiere de volúmenes de agua para su activación	Requiere de otros insumos (materia seca, residuos de cocina, hojarasca, tierra, etc.) para su mejor eficacia.	Favorece al restablecimiento y reproducción de microorganismos, no genera olores ni gases.	Requiere de elementos o infraestructura para contener a los gusanos y evitar que se salgan
Produce malos olores y atrae vectores infecciosos (moscas)		Require de agua adicional	Se requiere de mayor cuidado que para la composta	

Fuente: [30]

### Anexo 19: Principales características de los sistemas anaeróbicos de primera generación

Fosa séptica	Tanque Imhoff	Digestor baja tasa	Digestor alta tasa	Laguna anaerobica	Contacto anaerobico
La sedimentación y eliminación de flotantes se da por medios de tanques generalmente	Reactor que cumple doble función recepción y tratamiento, además separa sólidos y es de rápida sedimentación	Tanque hermético que permite estratificar el desecho, no requiere incrementar temperatura ni agitación	Usado generalmente para el tratamiento de lodos, que proceden de plantas de tratamiento de aguas residuales con $Q > 500 \text{ l/s}$	Son tanques de hasta los 10m de profundidad sin cubierta que permita capturar el biogas generado	Reactor que requiere de mezclado e incremento de temperatura y un decantador para separar los residuos orgánicos
trata aguas de desecho de casas habitación, escuelas, etc.	Es utilizada para el tratamiento de gran número de usuarios, casas, edificios, etc.	Se usa para estabilizar aguas residuales con altas concentraciones de solidos de (ej. efluentes de industria pesquera o pecuaria)	El mezclado que favorece interacción de residuos y bacterias y el incremento de temperatura (34 a 37°C) mejora la eficiencia de la digestión	Se emplea para el tratamiento de aguas residuales industriales con temperaturas mayores a las del ambiente y con solidos suspendidos sedimentables	Utilizado para el tratamiento de AR concentradas. Viene siendo reemplazado por sistemas más eficientes y compactos
Tratamiento parcial de las Aguas Residuales	Permite una buena sedimentación pues la zona de digestión no produce burbujas	Trabaja con tiempos de retención hidráulica mayor a los 60 días y la acción de las bacterias necesita el 30% del volumen total del tanque	Requiere de calentamiento y control de temperatura a fin de reducir el tiempo de retención hidráulica de entre 15 a 20 días	Requiere de mayor superficie de terreno, pues son un sistema de lagunas 01 facultativa y otra de pulimiento, con profundidades variables de 3 a 5m	
Digestión anaeróbica deficiente (falta de mezclado y temperatura ambiente. Requiere de post tratamiento Efluente con características físico químicas no aptas para ser descargados en un cuerpo receptor.	No es un sistema completo, solo de tratamiento primario, pues el efluente requerirá de un postratamiento antes de ser descargado	Se viene sustituyendo por un biodigestor de alta tasa por las deficiencias mostradas	No es recomendable en plantas pequeñas, pues demanda energía eléctrica, lo que incrementa sus costos.	Uno de sus principales inconvenientes en la generacion de malos olores por la generacion de gases entre ellos, el metano	Permite la separación de lodos a través del decantador, pues tienden a flotar a causa de las burbujas de biogas producido, por lo que se requiere de un desgasificador

Fuente: [7]

## Anexo 20: Características de los principales biorreactores o biodigestores anaeróbicos

<b>De campana Flotante (Tipo Hindú)</b>	<b>De campana fija (Tipo Chino)</b>	<b>Digestor Batch (discontinuo).</b>	<b>Biodigestor tubular (De flujo piston)</b>
Digestor que requiere materiales de construcción de mampostería o concreto, y un depósito para el gas en forma de campana	Digestor construido en mampostería, consta de un cuerpo y una campana fija para almacenar el biogás	Requiere de mayor superficie para la instalación de una batería de reactores, y un gasómetro para almacenar el biogás	Es fabricado de plástico (PE, PVE, entre otros o en combinación)
Requiere de energía para generar movimiento en forma vertical. Su altura dependerá el gas que se almacenará	Requiere de un tanque de compensación, luego de la fermentación de la biomasa, donde se produce el biogás	Se requiere de más de un reactor que permita la carga o descarga, mientras que el otro siga produciendo gas	Funciona de manera hermética la entrada y salida están inmovilizadas por las paredes del sistema
Se emplea para cuando se requiere de un suministro constante de biogás y bioabonos	Una vez extraída el gas, la masa líquida retorna al biodigestor	El reactor se alimenta con materia prima seca sólida.	Permite trabajar con un 75% de líquidos (agua más residuos) y un 25% para la producción de gas, cuya presión es baja.
Se puede almacenar el biogás en su interior, cuya presión es constante y de fácil manejo	Requiere de energía para generar oscilaciones que impida la formación de capa flotante	Se emplea para la industria agropecuarias, a nivel doméstico es poco eficiente	Son recomendados para zonas con temperaturas medias a altas y constantes.
Puede ser costoso por la infraestructura requerida, y el mantenimiento de la campana	Es instalada en lugares donde se requiera biogás de manera constante para reducir la presión interna o de lo contrario un almacén para su almacenamiento.	Uso eficiente del agua, requiere menor cantidad que los reactores continuos o semicontinuos	Su instalación es de menor costo, por los materiales usados y su fácil instalación.
	Puede durar hasta 20 años, no posee elementos móviles o metálicos que se deterioren fácilmente	No requiere de una alimentación diaria, por lo que su costo de operación es menor.	Su vida útil es corta pues la membrana de plástico puede deteriorarse. (3 a 4 años)

## Anexo 21 Matriz de enfrentamiento de factores ponderados

Factores	A	B	C	D	E	F	G	H	Conteo	Ponderación %
A	x	1	0	0	1	0	1	1	4	14.3
B	0	x	0	0	1	0	1	1	3	10.7
C	1	1	x	0	1	0	1	0	4	14.3
D	1	1	1	x	1	0	0	1	5	17.9
E	0	0	0	0	x	0	1	1	2	7.1
F	1	1	1	1	1	x	0	1	6	21.4
G	0	0	0	1	0	1	x	0	2	7.1
H	0	0	1	0	0	0	1	x	2	7.1
<b>Total</b>									<b>28</b>	<b>100</b>

### Criterios:

- A. Materia prima adicional
- B. Requerimiento de mano de obra
- C. Requerimiento de agua
- D. Disponibilidad de área de terreno
- E. Facilidad de transporte de materia prima
- F. Costo de inversión y mantenimiento
- G. Aspectos ambientales
- H. Aspectos institucionales

### Calificación de criterios

<b>materia prima adicional/mano de obra/agua/terreno</b>	
alto	1
medio	2
poco	3
nulo	4
<b>Facilidad de transporte</b>	
facil	3
medianamente difícil	2
difícil	1
<b>Costo de la tecnología</b>	
alto	1
medio	2
bajo	4
<b>Aspectos ambientales / institucionales</b>	
relevante	4
medianamente relevante	2
minimamente relevante	1

Criterio	Ponderación %	Compostaje		Lagunas anaeróbicas		Biodigestor Tipo Hindú		Biodigestor Tipo Chino		Biodigestor tubular	
		calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación
A	14.3	1	14.29	1	14.3	4	57.1	4	57.1	4	57.1
B	10.7	2	21.43	2	21.4	2	21.4	1	10.7	3	32.1
C	14.3	1	14.29	1	14.3	4	57.1	4	57.1	4	57.1
D	17.9	1	17.86	1	17.9	3	53.6	3	53.6	3	53.6
E	7.1	2	14.29	3	21.4	3	21.4	3	21.4	3	21.4
F	21.4	4	85.71	1	21.4	1	21.4	1	21.4	2	42.9
G	7.1	3	21.43	2	14.3	4	28.6	4	28.6	4	28.6
H	7.1	4	28.57	4	28.6	4	28.6	4	28.6	4	28.6
<b>100.0</b>		<b>18</b>	<b>217.86</b>	<b>15.00</b>	<b>153.57</b>	<b>25.00</b>	<b>289.29</b>	<b>24.00</b>	<b>278.57</b>	<b>27.00</b>	<b>321.4</b>

## Anexo 22 Dimensionamiento de la zanja para instalación de biodigestor

angulo talud	C(m)	r(m)	a(m)	b(m)	p(m)	Azanja (m2)	L(m)	D(m)	L/D
			<b>1.23</b>	<b>1.63</b>	<b>1.54</b>	<b>2.2</b>			
7.5	2	0.320	0.394	0.522	0.493	0.225	169.26	0.64	264.46
7.5	3	0.480	0.590	0.782	0.739	0.507	75.22	0.96	78.36
7.5	4	0.640	0.787	1.043	0.986	0.901	42.31	1.28	33.06
7.5	5	0.800	0.984	1.304	1.232	1.408	27.08	1.60	16.93
7.5	6	0.950	1.169	1.549	1.463	1.986	19.20	1.90	10.11
7.5	7	1.110	1.3653	1.8093	1.7094	2.71062	<b>14.07</b>	<b>2.22</b>	6.34

angulo talud	C(m)	r(m)	a(m)	b(m)	p(m)	Azanja (m2)	L(m)	D(m)	L/D
			<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>1.57</b>	<b>2.1</b>			
0	2	0.320	0.429	0.429	0.502	0.215	177.316	0.640	277.056
0	3	0.480	0.643	0.643	0.754	0.484	78.807	0.960	82.091
0	4	0.640	0.858	0.858	1.005	0.860	44.329	1.280	34.632
0	5	0.800	1.072	1.072	1.256	1.344	28.371	1.600	17.732
0	6	0.950	1.273	1.273	1.492	1.895	20.119	1.900	10.589
0	7	1.110	1.4874	1.4874	1.7427	2.58741	<b>14.737</b>	<b>2.220</b>	6.638

angulo talud	C(m)	r(m)	a(m)	b(m)	p(m)	Azanja (m2)	L(m)	D(m)	L/D
			<b>1.02</b>	<b>1.82</b>	<b>1.49</b>	<b>2.12</b>			
15	2	0.320	0.326	0.582	0.477	0.217	175.643	0.640	274.442
15	3	0.480	0.490	0.874	0.715	0.488	78.064	0.960	81.316
15	4	0.640	0.653	1.165	0.954	0.868	43.911	1.280	34.305
15	5	0.800	0.816	1.456	1.192	1.357	28.103	1.600	17.564
15	6	0.950	0.969	1.729	1.416	1.913	19.929	1.900	10.489
15	7	1.110	1.1322	2.0202	1.6539	2.612	<b>14.598</b>	<b>2.220</b>	6.576

angulo talud	C(m)	r(m)	a(m)	b(m)	p(m)	Azanja (m2)	L(m)	D(m)	L/D
			<b>0.43</b>	<b>2.57</b>	<b>1.07</b>	<b>1.61</b>			
45	2	0.320	0.138	0.822	0.342	0.165	231.282	0.640	361.377
45	3	0.480	0.206	1.234	0.514	0.371	102.792	0.960	107.075
45	4	0.640	0.275	1.645	0.685	0.659	57.820	1.280	45.172
45	5	0.800	0.344	2.056	0.856	1.030	37.005	1.600	23.128
45	6	0.950	0.409	2.442	1.017	1.453	26.242	1.900	13.811
45	7	1.110	0.4773	2.8527	1.1877	1.983681	<b>19.222</b>	<b>2.220</b>	8.658

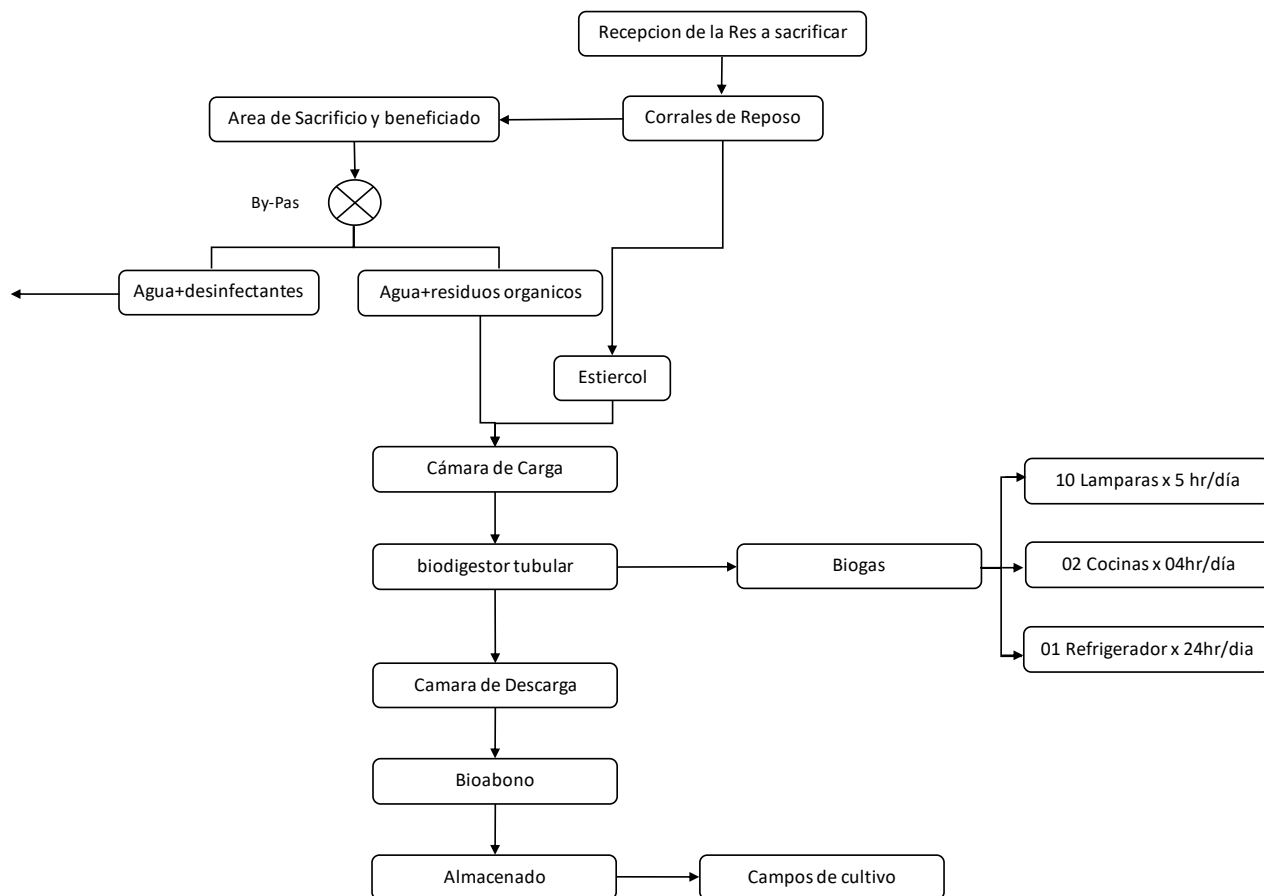
Tabla 11: Longitudes mínima, máxima y óptima de biodigestores tubulares según circunferencias

Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				mínima (m)	máxima (m)	óptima (m)
2	1	0.32	0.64	3.2	6.4	4.8
3	1.5	0.48	0.95	4.8	9.5	7.2
4	2	0.64	1.27	6.4	12.7	9.5
5	2.5	0.80	1.59	8.0	15.9	11.9
6	3	0.95	1.91	9.5	19.1	14.3
7	3.5	1.11	2.23	11.1	22.3	16.7
8	4	1.27	2.55	12.7	25.5	19.1
9	4.5	1.43	2.86	14.3	28.6	21.5
10	5	1.59	3.18	15.9	31.8	23.9
14	7	2.23	4.46	22.3	44.6	33.4

Tabla 12: Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo  $\alpha$  y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular

$\alpha$ (°) desde vertical	% VL	% VB	a (m)	b (m)	p (m)	A <sub>zanja</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>biodig</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>total</sub> (m <sup>2</sup> )
0	88	12	1.49 x r	1.49 x r	1.57 x r	2.34 x r <sup>2</sup>	0.32 x r <sup>2</sup>	2.65 x r <sup>2</sup>
0	83	17	1.41 x r	1.41 x r	1.57 x r	2.22 x r <sup>2</sup>	0.45 x r <sup>2</sup>	2.67 x r <sup>2</sup>
0	80	20	1.34 x r	1.34 x r	1.57 x r	2.10 x r <sup>2</sup>	0.53 x r <sup>2</sup>	2.63 x r <sup>2</sup>
7.5	80	20	1.23 x r	1.63 x r	1.54 x r	2.20 x r <sup>2</sup>	0.55 x r <sup>2</sup>	2.75 x r <sup>2</sup>
15	76	24	1.02 x r	1.82 x r	1.49 x r	2.12 x r <sup>2</sup>	0.69 x r <sup>2</sup>	2.80 x r <sup>2</sup>
30	75	25	0.72 x r	2.26 x r	1.33 x r	1.98 x r <sup>2</sup>	0.66 x r <sup>2</sup>	2.64 x r <sup>2</sup>
45	65	35	0.43 x r	2.57 x r	1.07 x r	1.61 x r <sup>2</sup>	0.86 x r <sup>2</sup>	2.47 x r <sup>2</sup>

Fuente [24]

**Anexo 23 Diagrama de flujo de la producción de Biogás y Bioabono**

## Anexo 24. Costo de Biodigestor, gasómetro y material de construcción e instalación

Material	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/	Costo Total S/
<b>Digestor y gasometro</b>				
Geomembrana tubular PVC Diamatro 2.2 m x 20 m	Unidad	1	1110	1110
Gasometro en membrana de 0.8 diam x 2.8m largo	Unidad	2	224	448
Reduccion de 4" a 2" PVC	Unidad	1	4	4
Llave de paso PVC 2"	Unidad	1	30	30
Tubo PVC 4" para desagüe	Unidad	1	15	15
Plastico polietileno 2m de ancho x 20 m	m	20	4	80
Tuberia PVC 1/2" sin rosca x 5m para conduccion de gas	Unidad	5	10	50
Pegamento para PVC	unidad	1	10	10
<b>Material de construccion Pozas y zanja almacen de biol</b>				
Hormigón	m3	5	105	525
Arena	m3	5	105	525
Cemento	bolsas	40	33	1320
Ladrillo pandereta	millar	3	700	2100
Barra de acero corrugado 1/8"	unidad	25	18	450
Barra de acero corrugado 1/2"	unidad	10	45	450
Soldadura	kg	7	16	112
Alambre de amarre	kg	7	11	77
Calamina 3m x 0.8m	unidad	30	45	1350
Calamina 1.8m x 0.8m	unidad	10	25	250
Puerta metálica 1,2m x 2m	unidad	1	800	800
Barriles plásticos de 200L	unidad	10	120	1200
<b>Costo total S/.</b>				<b>10906</b>

## Anexo 25: costo de inversión en personal para instalación y programa de capacitación

Personal	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/	Costo Total S/
Maestro de obra	jornal	15	120	1800
Operario	jornal	15	70	1050
Peon	jornal	30	50	1500
Costo de capacitacion a personal de camal				<b>6000</b>
<b>Costo total S/.</b>				<b>10350</b>

### Anexo: 26 Costo Operativo anual para el manejo y mantenimiento del biodigestor

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/	Costo Total S/
<b>Costo operativo anual herramientas y equipos de proteccion personal EPPs</b>				
Herramientas				
Recogedores de residuos	Unidad	2	10	20
Escobillones	Unidad	4	12	48
Palas Planas	Unidad	2	25	50
Carreta plegable	Unidad	1	500	500
Oberol gris	unidad	4	100	400
Botas con punteras	par	2	80	160
Guantes de vinil	par	12	20	240
Casco rojo	unidad	1	20	20
Mascarilla de carbon	unidad	3	35	105
<b>Costo Operativo para manejo biodigestor</b>				
Operario de biodigestor	mes	14	1025	<b>14350</b>
<b>COSTO OPERATIVO ANUAL</b>				<b>15893</b>

### Anexo 27: Flujo de caja económicos e indicadores de evaluación

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>		<b>31,941</b>	<b>31,941</b>	<b>31,941</b>	<b>31,941</b>	<b>31,941</b>
Biogas		10,381	10,381	10,381	10,381	10,381
Bioabono		21,560	21,560	21,560	21,560	21,560
<b>EGRESOS</b>	<b>21,256</b>	<b>15,893</b>	<b>15,893</b>	<b>15,893</b>	<b>15,893</b>	<b>15,893</b>
Inversion	21,256					
Gastos operativos impuesto a la renta		15,893	15,893	15,893	15,893	15,893
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	<b>-21,256</b>	<b>16,048</b>	<b>16,048</b>	<b>16,048</b>	<b>16,048</b>	<b>16,048</b>

Tasa

10%

VAN	39,579
TIR	70%
B/C	1.9

Anexo 28: Matriz de Leopold Con tratamiento Camal Municipal Santa Cruz –  
Cajamarca

ACCIONES		PROCESO DEL FAENADO EN EL CAMAL MUNICIPAL DE SANTA CRUZ										Biodigestor	TOTAL		
		Recepción e inspección	Atardecimiento	Desangrado y lavado	Desollado	Desguello	Echecrado	Carta y lavado de carcasas	Inspección y sellado	Oven	Despacho				
Medio Físico	Aire	Gases	/	/	/	/	/	-3	-3	/	/	/	5	-1	
		Ruido	-1	-1	/	/	/	-2	-2	/	/	/	10	-4	
		Olores residuales	2	1	/	/	/	3	3	/	/	/	10	6	
	Agua	Aguas subterráneas	-4	/	-1	/	/	-3	-4	/	/	/	10	-2	
		calidad de agua	5	/	1	/	/	3	5	/	/	/	10	24	
		Volumen de agua	/	/	-7	/	/	/	/	/	/	/	10	0	
	Suelo	Compactación suelo	/	/	10	/	/	/	/	/	/	/	10	3	
		calidad de suelo	-4	/	-6	/	/	/	/	/	/	/	8	-2	
			5	/	10	/	/	/	/	/	/	/	10	25	
	Medio Biológico	Flora	Arboles	-2	/	/	/	/	/	/	/	/	-3	2	-5
Arbustos			3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	6	
Hierbas			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8	8	
Fauna		Aves	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	10	
		Mamíferos	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	
		reptiles y/o roedores	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	
Paisaje		Cambios en forma del relieve	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	
		Cambios en la estructura del paisaje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9	9	
Socioeconómico		Empleo		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Actividad Comercial		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
Desarrollo Local		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	
<b>TOTAL</b>		-4	6	-7	7	7	1	-2	7	7	4	69	95		
		23	9	29	8	8	13	18	8	8	10	87	221		