UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL CAMAL MUNICIPAL FRIGORÍFICO LA JOYA DE LOS SACHAS, ORELLANA, ECUADOR

AUTORES:

MARITZA TATIANA TORRES IMBACUAN

CRISTY TATIANA RAMIREZ ACOSTA

DIRECTOR DEL PROYECTO/TRABAJO:

MSc. KAREL DIÉGUEZ SANTANA

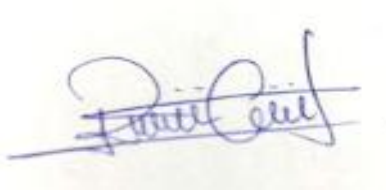
Pastaza – Ecuador

2021

DECLARATORIA Y AUTORÍA DE CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben; Ramirez Acosta Cristy Tatiana con C.I: 2200421622 y Torres Imbacuán Maritza Tatiana con C.I: 2200508261, hacen constar que son autores del Proyecto de Investigación de Integración Curricular titulado: "Propuesta de Producción Más Limpia en el Camal Frigorífico Municipal La Joya de los Sachas", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Karel Diéguez Santana. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 07 días del mes de julio de 2021.





CRISTY TATIANA RAMIREZ ACOSTA
No. Cédula: 2200421622

MARITZA TATIANA TORRES IMBACUÁN
No. Cédula: 2200508261

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado:

"Propuesta de producción más limpia en el camal municipal frigorífico la Joya de los Sachas, Orellana, Ecuador"



Dr.C. Edison Oswaldo Samaniego Guzmán

Presidente del Tribunal



MSc. Miguel Ángel Enríquez Estrella

Miembro del Tribunal



MSc. Santiago Nicolás Aguiar Novillo

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente MSc Karel Diéguez Santana con CI: 1756444129, certifica que el Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "Propuesta de producción más limpia en el camal municipal frigorífico la Joya de los Sachas, Orellana, Ecuador", ha sido examinado a través del sistema Anti plagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud de 5 %.

En el cantón Pastaza, a los 15 días del mes de julio del 2021.



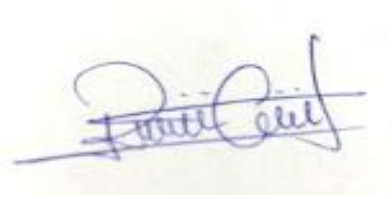
MSc: Karel Diéguez Santana

Director del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Ramirez Acosta Cristy Tatiana con C.I: 2200421622 y Torres Imbacuán Maritza Tatiana con C.I: 2200508261, certifico que los criterios y opiniones es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciales.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



CRISTY TATIANA RAMIREZ ACOSTA
No. Cédula: 2200421622



MARITZA TATIANA TORRES IMBACUÁN
No. Cédula: 2200508261

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por la vida, por ser guía a lo largo de nuestra existencia y sobre todo fortaleza en los momentos de dificultades y adversidades.

Expreso mi profunda gratitud a mi familia quienes ha sido el pilar fundamental para hacer esto posible, en especial a mis padres: Roque y Carmita, los seres que me han permitido avanzar por muchas etapas de las cuales me brindaron su amor y dedicación.

Agradezco a mi compañera de tesis quien desde el inicio de esta travesía se nos ha permitido demostrar apoyo y amistad.

Manifiesto mis agradecimientos a todos los docentes quienes han sido parte de nuestra formación, de manera especial, al tutor de proyecto quien por sus admirables conocimientos y paciencia nos ha sido posible continuar con esta fase.

Cristy Ramirez

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Roque y Carmita, quienes sin duda fueron y serán mi apoyo incondicional en la vida.

A mis hermanos Edwin y Víctor por ser mis amigos y confidentes.

A mi prima Kathy por ser la amiga y hermana que hubiese idealizado.

A todos quienes hicieron posible el poder redactar este proyecto.

Cristy Ramirez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme por el camino correcto y haberme dado la fortaleza necesaria para afrontar situaciones difíciles a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Universidad Estatal Amazónica por todos conocimientos y lecciones de vida, a todos los ingenieros que aportaron con parte de sus conocimientos para mi formación universitaria. A MSc. Karel Diéguez tutor del presente proyecto que impartió sus conocimientos para lograr con éxito la culminación del mismo.

A mis padres por su paciencia y entrega.

A mi compañera de tesis, una gran amiga incondicional desde el inicio de mis estudios universitarios.

A todos mis amigos por las vivencia y buenos consejos.

Maritza Torres

DEDICATORIA

Este Proyecto de grado está dedicado a mis queridos padres; Hilda y Nelson por ser mi pilar fundamental en cada paso de mi vida, su amor, consejos y paciencia es lo que me han permitido cumplir con éxito una etapa importante.

A mis hermanos Jeison, Macgiver y Guissela por darme la motivación necesaria para no desistir.

A Víctor quien me ha brindado su apoyo incondicional.

Este triunfo es nuestro.

Maritza Torres

RESUMEN

Los camales son instalaciones de donde provienen altos niveles de contaminación. El objetivo principal de esta investigación es proponer estrategias de producción más limpia (PML) para reducir los materiales y materias primas del proceso de faenamiento del Camal Frigorífico Municipal de la Joya de los Sachas. La metodología se basó en cuatro etapas: planificación, diagnóstico, evaluación y formulación de alternativas de PML, a través de visitas de campo, entrevistas, diálogos, revisión inicial, ecomapas, análisis de flujo y costes. Como resultado se observa que las generaciones residuales orgánicas (contenido ruminal, estiércol y sangre) y las aguas residuales son la base de la problemática ambiental. Como respuesta se propusieron dos estrategias de PML que permitan valorizar los residuos y minimizar los impactos ambientales mediante la producción de biogás y elaboración de harina de sangre en conjunto con la implementación de buenas prácticas operativas para generar beneficios económicos e incrementar la relación de beneficio/costo desde 0,82 hasta 1,46. La investigación permite concluir que la implementación de actividades enmarcadas en los sistemas de PML contribuye con grandes beneficios ambientales como la reducción de contaminantes líquidos, y sólidos que son descargados a los cuerpos hídricos aledaños a la instalación.

Palabras claves: residuos orgánicos, aguas residuales, contaminación, ambiente, producción más limpia.

ABSTRACT

The slaughterhouses are facilities that produce high levels of contamination. The main objective of this research is to propose cleaner production (CP) strategies to reduce the materials and raw materials used in the slaughtering process of the Municipal slaughterhouse of Joya de los Sachas. The methodology was based on four stages: planning, diagnosis, evaluation, and formulation of CP alternatives, through field visits, interviews, dialogues, initial review, ecomaps, flow, and cost analysis. As a result, it was observed that organic waste generation (rumen content, manure, and blood) and wastewater are the basis of the environmental problems. In response, two CP strategies were proposed to valorize waste and minimize environmental impacts through the production of biogas and blood meal in conjunction with the implementation of good operating practices to generate economic benefits and increase the benefit/cost ratio from 0.82 to 1.46. The research allows concluding that the implementation of activities framed in the CP systems contributes with great environmental benefits such as the reduction of liquid and solid pollutants that are discharged into the water bodies surrounding the facility.

Keywords: organic waste, wastewater, pollution, environment, cleaner production.

CONTENIDO

DECLARATORIA Y AUTORÍA DE CESIÓN DE DERECHOS II

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN III

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO IV

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD V

AGRADECIMIENTO VI

DEDICATORIA VII

RESUMEN X

Palabras claves: X

ABSTRACT XI

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.2. Formulación del problema 3

1.3. Objetivo general y específicos. 3

1.3.1. Objetivo general: 3

1.3.2. Objetivos específicos: 3

1.4. Hipótesis 3

1.4.1. Variable dependiente 3

1.4.2. Variable independiente 4

1.5. Justificación. 4

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. 5

2.1. Matadero 5

2.1.1. Residuos generados en los mataderos 5

2.2. Diagnóstico ambiental 6

2.3. Producción más Limpia 6
2.3.1. Buenas prácticas operativas de PML 7
2.3.2. Mejoras tecnológicas como opciones de PML 8
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 10
3.1. Localización: 10
3.2. Tipo de investigación. 10
3.2.1. Investigación descriptiva 10
3.3. Métodos de investigación. 11
3.3.1. Métodos deductivos/analítico 11
3.3.2 Métodos o procedimientos para el diseño de la propuesta de PML 11
CAPÍTULO 4: RESULTADOS 18
4.1. Etapa I. Planificación 18
4.1.2. Descripción del proceso de faenamiento 18
4.2. Etapa II. Diagnóstico de producción más limpia 20
4.2.1. Ecomapas 21
4.3. Etapa III. Evaluación técnica, económica y ambiental del proceso 22
4.3.1. Análisis de los procesos 22
4.4. Etapa IV. Formulación de alternativas de PML 24
4.3.1. Opción 1: Valorización de estiércoles, contenido ruminal, y aguas residuales mediante digestión anaeróbica. 25
4.3.2 Opción 2: Valoración de la sangre para elaboración de harina para alimentación animal 31
4.3.3 Buenas prácticas operativas (BPO) 34
4.3.4 Análisis económico de las alternativas de PML 35
4.3.5 Análisis ambiental de alternativas de PML 36
CONCLUSIONES 38

RECOMENDACIONES.....39

REFERENCIAS.....40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3. Factores de emisión de carbono por proceso 15

Tabla 2-4. Balance de materias primas, insumos y consumo energético mensual por la actividad productiva 22

Tabla 3-4. Consumo de agua, gas licuado de petróleo y otros energéticos por la actividad productiva mensual. 23

Tabla 4-4. Resumen de las estimaciones de CO_2 del proceso mensual 24

Tabla 5-4. Resumen de resultados de sólidos volátiles a incorporar en el proceso de DA... 27

Tabla 6-4. Resumen del Balance de ingresos anuales por venta de digestato y electricidad 31

Tabla 7-4. Resultados de análisis bromatológico de harina de sangre 33

Tabla 8-4. Resumen del balance de ingresos anuales por venta de la harina de sangre 34

Tabla 9-4. Reducción del consumo energético por motivos de iluminación 35

Tabla 10-4. Resumen de las opciones de PML, con los consiguientes ahorros. 35

Tabla 11-4. Comparación de indicadores de egresos e ingresos anuales del proceso productivo. 36

Tabla 12-4. Indicadores anuales ambientales y productivos (situación actual e implementación de estrategias de PML) 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3. Localización de la planta de faenamiento 10

Figura 2-4. Estructura del Camal Frigorífico la Joya de los Sachas 18

Figura 3-4. Diagrama de procesos del faenamiento 20

Figura 4-4. Ecomapa de la planta de faenamiento del Camal Frigorífico Municipal La Joya de los Sachas 21

Figura 5-4. Diagrama de flujo/bloques de la propuesta de planta de producción de biogás en dos etapas para el Camal Frigorífico Municipal La Joya de los Sachas 27

Figura 6-4: Diagrama de flujo de los procesos de producción de harina de sangre 32

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3: Fórmula para cuantificar las emisiones gaseosas. 14

Ecuación 2-3: Fórmula para determinar el valor actual neto (VAN). 15

Ecuación 3-3: Fórmula para determinar el tiempo de recuperación de la inversión (TIR). 16

Ecuación 4-3: Fórmula para determinar el período de recuperación de inversión. 16

Ecuación 5-3: Fórmula para determinar la Relación Beneficio/Costo. 16

Ecuación 1-4: Fórmula para determinar la electricidad anual generada (kWh) 28

Ecuación 2-4: Fórmula para determinar el costo total de la planta de DA 28

Ecuación 3-4: Fórmula para determinar el costo directo total de la planta de DA 29

Ecuación 4-4: Fórmula para determinar el costo indirecto total de la planta de DA 29

Ecuación 5-4: Fórmula para determinar el costo del Capital total inversión de la planta de DA 29

ÍNDICE DE APÉNDICE

APÉNDICE A. Tabla de Composición química y microbiológica de los residuos y aguas residuales. 47

APÉNDICE B. Resumen de la estimación detallada de costos para la implementación del digestor anaeróbico. 48

APÉNDICE C. Resultados detallados del cálculo del Costo Capital total inversión. 49

APÉNDICE D. Resultados detallados de los indicadores y valores de la estimación del costo de producción anual de la opción 1. 50

APÉNDICE E. Costes de equipos y materiales requeridos para la fabricación de harina de sangre. 51

APÉNDICE F. Resumen detallado de los costos de inversión inicial. 52

APÉNDICE G. Resumen de caracterización de las aguas residuales. 53

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En los países en vías de desarrollo, como el Ecuador, las descargas orgánicas provenientes de la actividad de los mataderos generan efluentes, emisión de olores y residuos sólidos cuya disposición inadecuada influye negativamente en el ambiente y en la salud de la población aledaña. Esta situación se agrava aún más en los pequeños municipios donde ni siquiera se cuenta con un camal dotado de infraestructura y equipos adecuados para la obtención de productos cárnicos sanos y de calidad, peor aún con un Plan de Manejo Ambiental (PMA) que permita evitar y disminuir riesgos al ambiente (Briceño y Castillo, 2009).

Toda empresa debe desarrollar un programa de producción más limpia (PML) con el fin de ser más competitiva y eficiente en el uso de recursos, tratando siempre de generar la menor cantidad de residuos, reciclando o reutilizando los desechos o desarrollando proyectos para el aprovechamiento o reproceso de los mismos (Becerra, 2010). Por lo tanto, la implementación de producción más limpia del Camal Frigorífico Municipal del Cantón La Joya de los Sachas, está organizado para disminuir tiempos improductivos y costos por mantenibilidad; así como proponer una estructura orgánico funcional desde el nivel superior hasta el operativo, para brindar servicio de calidad y beneficiar a la colectividad. PML es una estrategia ambiental continua, integrada y preventiva para productos, servicios y procesos que tiene como objetivo aumentar la eficiencia general y reducir el riesgo tanto para los seres humanos como para el medio ambiente (Filho, Nunhes, y Oliveira, 2019).

El presente trabajo se trata de una propuesta de producción más limpia para el Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, ya que actualmente funciona con procesos que contribuyen a la generación de problemas ambientales. Por ello, se pretende realizar un análisis in situ para identificar los diversos problemas que el camal ocasiona al entorno natural, esto debido al despojo de las aguas residuales en el curso de agua perteneciente al río 15 mismo que desemboca al río Chita. Por lo tanto, la propuesta de PML abordará estrategias las cuales serán útiles para contribuir a una mejora ambiental de la situación actual.

1.1. Planteamiento del problema

Los camales en Ecuador no son tema de investigación constante, el interés por mejorarlos es bajo, esto es debido a que la mayor parte pertenece a los gobiernos locales los cuales proporcionan menor presupuestos, que apenas alcanzan para el mantenimiento de los mismos. El desconocimiento en el manejo de los procesos productivos trae graves consecuencias al medio ambiente, debido a la generación de fuentes contaminantes producto de los residuos llegando a ocasionar enfermedades en los seres vivos (Vélez, 2015). Así también, el uso inadecuado de recursos utilizados en esta actividad como principal el agua; generan inevitablemente una escasez la cual se verían afectadas las futuras generaciones.

Según la información otorgada por el personal administrativo, el nuevo Camal Frigorífico de la Joya de los Sachas se encuentra en funcionamiento prestando servicios de faenamiento de porcinos y bovinos desde el año 2012. Sin embargo, en el 2019 el centro de faenamiento atravesó una clausura de un día por incumplimiento con la calidad del producto cárnico. Se evidenció cierto número de reses dentro del proceso sin haber realizado la inspección ante-mortem de manera que no detectaron el padecimiento de la fiebre aftosa que se registraron en la localidad.

Actualmente en el Camal Frigorífico Municipal del Cantón La Joya de los Sachas existe una problemática ambiental, las condiciones de calidad del medio ambiente son deficientes debido al inadecuado manejo de los residuos líquidos y sólidos generados en los procesos de productos cárnicos para el abastecimiento de la localidad. El camal no cuenta con una planta de tratamiento lo que provoca que gran parte del agua residual sea desechada al rio 15. Por lo tanto, se pretende dar soluciones a determinados problemas con propuestas de producción más limpia con el fin de contribuir con el medio ambiente y la población aledaña.

Los altos valores de DBO que se generan, es otro elemento importante en los efluentes de un matadero ya que tienden a elevar la presencia de nitrógeno, el cual afecta el desempeño de los sistemas de tratamiento incrementando sus costos. Uno de los efectos de altas cargas de nitrógeno en el agua es la eutrofización siendo esta la proliferación de algas, las cuales al morir generan gran cantidad de microorganismos consumidores de oxígeno para su descomposición, creando una desoxigenación del agua que afecta la vida acuática (Briceño

y Castillo, 2009). Con este proyecto se pretende disminuir la contaminación de la fuente hídrica cercana llamada río 15, evitar los malos olores, disminuyendo la presencia de plagas, aves carroñeras y disminuyendo los costos por tratamientos y adquisición de insumos. Es por ello que se ha visto en la necesidad de plantear estrategias ambientales de PML. Este sistema permite minimizar desde su origen los residuos y emisiones que se generen dentro de los procesos productivos y manufactura, de tal manera que se establezcan dentro de los lineamientos legislativos para no incurrir en contravenciones y faltas.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la PML en la reducción de impactos ambientales en el Camal Frigorífico Municipal del Cantón La Joya de los Sachas?

1.3. Objetivo general y específicos.

1.3.1. Objetivo general:

- Optimizar el uso de materiales y materias primas mediante una estrategia de producción más limpia en el Camal Frigorífico Municipal de La Joya de los Sachas, para minimizar el impacto ambiental.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico ambiental del centro de faenamiento.
- Definir propuestas de PML aplicables a las condiciones del Camal Municipal.
- Evaluar técnico económico y ambientalmente las opciones de PML.

1.4. Hipótesis

La implementación de estrategias de PML en los procesos del Camal Frigorífico Municipal del Cantón La Joya de los Sachas permitirán reducir los impactos ambientales.

1.4.1. Variable dependiente

Reducción del impacto ambiental

1.4.2. Variable independiente

Estrategias de producción más limpia

1.5. Justificación.

Con la presente investigación se pretende demostrar los múltiples beneficios de la implementación de PML de tal manera que permitan reducir los impactos que afectan a los habitantes del Cantón La Joya de los Sachas a causa del despojo de residuos o producto de las actividades dentro del establecimiento ubicado a 2.1 km de la Av. Los Fundadores – Vía Mariscal Sucre, en donde prestan servicios a las personas naturales o jurídicas del cantón para procesos de faenamiento de especies como ganado porcino y ganado bovino. Por ende, se pretende asegurar la calidad del curso de agua de la localidad además de contribuir al ahorro de los recursos. Teniendo como enfoque la optimización y mejoramiento de procesos existentes, con el fin de crear nuevas estrategias que servirá para determinar oportunidades de mejora en las condiciones de calidad en el proceso productivo y medio ambiente.

La generación cárnica y sus procesos conllevan a grandes impactos ambientales durante su ciclo de actividad, en donde se atribuye a la etapa de sacrificio como la de mayor impacto durante la cadena de producción (Gil Unday, Pérez Fariña, López Bastida, y Bravo Amarante, 2018). El modelo de PML, ofrece numerosas e interesantes ventajas, desde el punto de vista económico y ambiental, optimizando procesos, haciendo uso eficiente de insumos y residuos, involucrando modificaciones en los procesos de producción, tecnología, prácticas operacionales, mantenimiento, buenas prácticas de manufactura y tecnologías más limpias. Todo esto se verá reflejado en el aumento de la calidad y la producción, además, una visible disminución en la relación ambiente-costo beneficio (Palomino, 2012).

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. Matadero

Los mataderos o camales son denominados a los establecimientos que receptan animales con el fin de sacrificarlos para ser comercializados, estos son de tipo solípedos, rumiantes, cerdos, conejos y aves de corral. Los establecimientos en mención pueden estar especializados en el manejo de definidos animales según la localidad. Los procedimientos que se llevan a cabo para el sacrificio se relacionan de acuerdo al tipo de animal, dentro de las etapas se clasifican en: operaciones previas, parte desde la recepción, mantenimiento y preparación de los animales; post tratamiento, se basa en la disposición de las aguas residuales y gestión de los residuos y subproductos, y; operaciones auxiliares, tienen el propósito de garantizar las higiene del establecimiento (Bello-Bugallo, Cristóbal-Andrade, Agrelo de la Torre, y Torres-López, 2013).

Según (Ecuador, 1964) en la Ley de Mataderos define como aquellos establecimientos con instalaciones completas y equipos mecánicos óptimos para la realización de sacrificio, manipulación, elaboración, preparación y conservación de las carnes con aprovechamiento adecuado de los subproductos no comestibles. El funcionamiento de los mismos se basa desde la inspección de la carne hasta su pronta comercialización. Por consiguiente, en el estudio de Guerrero (2010) señalaron que los mataderos son los responsables de descargas orgánicas provenientes de sus actividades, las cuales dan lugar a la generación de altos niveles de contaminación principalmente en las fuentes de agua.

2.1.1. Residuos generados en los mataderos

Ruiz-Sanchez (2018) y Vélez (2015) señalaron que en los mataderos se generan residuos por efecto del sacrificio de los animales los cuales evidencian graves problemas tanto al ambiente directamente como a la salud de la población, estos son:

- Contenido ruminal, considerado como contaminante por el efecto de descomposición natural que sufre provocando gases y malos olores proyectados al ambiente.

- Sangre, fragmentos tisulares, vísceras y restos de las extremidades provenientes de las patas de los animales sacrificados.

- Estiércol y orines proveniente durante el periodo en el que se encuentran los animales.

- Residuos líquidos conformados por corrientes generadas en el proceso de desangrado y evisceración; así también los flujos utilizados por actividades de limpieza. Estos efluentes aportan elevadas cargas orgánicas por su composición.

2.2. Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental es considerado como una herramienta que permite analizar una determinada problemática y a su vez las posibles soluciones enfocadas en la mejora ambiental de una empresa (González-Días, Gomez-Real, y Matos-LLorente, 2018). Según lo establece el Reglamente al Código Orgánico del Ambiente (2019), es necesario ejecutar un "diagnóstico ambiental para subsanar los incumplimientos normativos identificados".

2.3. Producción más Limpia

Es una herramienta orientada en el mejoramiento del desempeño ambiental de las empresas, teniendo por objetivo la reducción de los impactos durante los procesos de producción, además de aumentar la eficiencia en el consumo de insumos en donde por medio de la tecnología aplicada se plantea facilitar la reutilización, reciclaje de los recursos y gestión de los residuos. El enfoque de la PML se sustenta en la corrección desde el origen de un proceso y no tan solo al final del mismo (Carvalho-Filho, Vieira-Nunhes, y Oliveira, 2019). Ramos-Ramos, Guevara-Llerena, Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana (2020) definió a la PML basado en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como la aplicación continua de estrategias ambientales en los procesos, productos y servicios, vista como una estrategia para prevenir los impactos ambientales potenciando el control operativo de tal manera que generen ganancias financieras.

La aplicación de PML en mataderos, tiene un rol importante en la sustentación de las exigencias impuestas en relación a la calidad de los productos sin poner en riesgo la eficiencia

de desempeño ambiental e incrementa los estatus competitivos de la empresa (CPLN-PROARCA, 2019).

2.3.1. Buenas prácticas operativas de PML

CPLN-PROARCA (2019) define a las Buenas Prácticas Operativas (BPO) como actividades que comprenden de procedimientos basados en la mejora y optimización de los procesos productivos además del involucramiento del personal. El conjunto de las actividades tiene por objetivo reducir el impacto ambiental por efecto de la reducción del uso excesivo de insumos y tiempo de tal forma que proporcionalmente se reduzcan los residuos, emisiones y consumos energéticos, entre ellas mencionan como:

2.3.1.2. Consumo de agua y generación de efluentes

Una BPO relaciona el consumo de agua con la cantidad de carga contaminante de los efluentes, es por ello que se debe priorizar la reducción del consumo de agua dentro de las actividades que lo requieran con el objetivo de optimizar el gasto por el recurso y por el tratamiento del agua residuos que se genere. Los beneficios por costes de los insumos se reflejan en cuanto al ahorro por el pre-tratamiento del agua y su posterior bombeo hasta las áreas de procesamiento. Desde la perspectiva de efluentes hace relación la disminución del volumen de agua a tratar al igual que la concentración de contaminan.

2.3.1.2. Consumo de energía y generación de emisiones

El consumo de energía dentro de los procesos productivos es un parámetro importante por la cantidad de implementación que se requiere y por ende los costes por combustibles para la generación de energía calorífica o eléctrica. El uso de estas energías son las responsables de la generación de impactos ambientales significativos, estos contaminantes son liberados en emisiones directas e indirectas. La reducción energética contribuye a proyectar un ambiente de calidad al producto.

2.3.2. Mejoras tecnológicas como opciones de PML

En el matadero se pueden mejorar el desempeño productivo y ambiental incorporando tecnología más limpia. Estas se deben implementar de acuerdo con las capacidades que maneja o posee un establecimiento de producción que van acorde a las condiciones de funcionamiento y alcance tecnológico para establecer una BPO. Esta alternativa tiene por constituyente la sustitución de maquinarias y equipos de tecnología que representan un declive en la eficiencia ambiental.

2.3.2.1. Modificaciones del sistema de escaldado

La modificación que se implementa dentro del sistema se realiza en la tecnología instalada, de manera que sean favorables los costes en base al ahorro de agua y energía por animal el objetivo de la modificación se centra en controlar el uso excesivo de agua o derrames. El escaldado es un sistema térmico que efectúa en términos cortos dependiendo de las características de los animales. Este proceso y tiene por objetivo ablandar la piel para agilitar el depilado de los mismos, independientemente de la herramienta.

2.3.2.2. Uso de estiércol y agua residual para la generación de biogás

El biogás puede ser captado y procesado como electricidad y combustible a través de la digestión anaeróbica haciendo uso de residuos permitiendo reducir la cantidad de materia orgánica contaminante hasta establecerla y se obtenga energía gaseosa (Varnero, 2011). Según afirma CPLN-PROARCA (2019), "el biogás con un contenido de metano del 65% tiene un valor de calentamiento del 22.4 MJ/m^3". Se considera viable económicamente el uso y generación de biogás cuando la infraestructura para utilizar el biogás es usada en el lugar, cuando se requieren de elevados gastos para el calentamiento de combustible y cuando la compañía puede beneficiarse por la reducción de costes y desechos finales.

2.3.2.4. Uso de gases de la chimenea para el precalentamiento del agua de la caldera

La finalidad del uso de los gases de la chimenea consiste en mejorar la eficiencia reduciendo los gastos por precalentamiento captando la energía que es liberada, obteniendo una eficiencia de la caldera se logra disminuir el consumo de combustibles para tales operaciones

que dispongan. Según afirma CPLN-PROARCA (2019), “el uso del combustible se reduce un 5% en dependencia de la eficiencia del intercambio de calor que se diseñe en el sistema”.

2.3.2.4. Uso de energía solar para procesos de calentamiento

La fuente de energía solar es una de las más económicas para la producción de calor que se puede aplicar en sistemas de generación de vapor, aguas de lavado, tanque de escaldado y otras con el propósito de reducir el uso de combustibles. Las temperaturas que se alcanzan son idóneas para los sistemas dentro de un matadero (40 °C – 130 °C), cuando el establecimiento cuenta con un sistema propio de calentamiento y se requiera mejorar la eficiencia y reducir el consumo de combustibles se requiere que el agua de entrada del sistema se encuentre a una temperatura de 80 °C, no obstante, es imprescindible analizar los costes y beneficios de esta implementación operacional dentro del sistema.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización:

El área de estudio se encuentra localizada en la Región Amazónica, Provincia Francisco de Orellana, Cantón La Joya de los Sachas, Parroquia La Joya de Los Sachas.

Ubicación: Vía Mariscal Sucre a 2.1 km de la Av. Fundadores



Figura 1-3. Localización de la planta de faenamiento
Fuente: Realizado por: Ramirez C., Torres M

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación descriptiva

La presente investigación conllevó una metodología de tipo descriptiva que fue realizada mediante un diseño específico simple, puesto que consistió en la caracterización y diagnóstico de las actividades que desarrolla el Camal Municipal de La Joya de los Sachas. A través de este proceso se permitió conocer las situaciones y actitudes de los procedimientos y servicios del establecimiento que dio lugar a un panorama actual. Es así como se recopiló, analizó e interpretó la información referente a los problemas ambientales suscitados durante

las actividades productivas por lo cual se propuso la implementación de PML para el mejoramiento del comportamiento ambiental en las instalaciones.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Métodos deductivos/analítico

En la investigación se utilizó la combinación de estos dos métodos. En un primer lugar el deductivo puesto que permitió en primera instancia realizar una observación del fenómeno de estudio, en este caso, situación ambiental del Camal Municipal de La Joya de Los Sachas. Mientras que el analítico se consideró pues a partir de la recopilación de datos estadísticos y experimentales, caracterizando los distintos parámetros físicos-químicos y emisiones que generan las instalaciones del Camal Municipal. Esto permitió conocer y comprender mejor el comportamiento del fenómeno de estudio.

3.3.2 Métodos o procedimientos para el diseño de la propuesta de PML

Este estudio se llevó a cabo la implementación de las directrices del Programa de PML diseñadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO / UNEP, 1991). La guía nacional de PML de Ecuador (CEER, 2019) y otros estudios de caso en Ecuador (Caiza, Chimbo, Sarduy-Pereira, Pisco, y Diéguez-Santana, 2018; Cárdenas, Maldonado, Valdez, Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana, 2019) se dividieron en cuatro etapas principales:

3.3.2.1. Etapa I: Planificación

En esta etapa inicial se analizaron los objetivos y metas en función del marco de la política ambiental de la empresa. Se realizó un acercamiento con el sector empresarial en donde se expusieron los beneficios económicos y ambientales que se pueden lograr con la aplicación de PML. Se organizó el equipo, sus funciones, y se identificaron los principales obstáculos y barreras. Además, se definieron los conceptos sobre la producción más limpia, buenas prácticas en los sistemas productivos bajo el análisis y la legislación ambiental aplicable para ese tipo de actividad económica.

También se dio lugar a indagar en la historia de la empresa, la gestión y la estructura de producción. El procedimiento fue realizado hacia los grupos involucrados correspondiente a los departamentos de la empresa (dirección, producción, trabajadores) y el personal externo, el grupo de investigación de PML y la universidad. Finalmente, se investigó y observó los diferentes procesos de faenado y sus instalaciones.

3.3.2.2. Etapa II: Diagnóstico preliminar de la empresa

En esta etapa se llevaron a cabo varias inspecciones al proceso, desde la recepción de las materias primas hasta el producto final, listo para su comercialización. También se gestionó el acceso a la información sobre las actividades, consumo de las materias primas y los costos de insumos e información ambiental para el diagnóstico inicial. Estos datos primarios se obtuvieron por medio de entrevistas, cuestionarios a responsables de producción y operadores, se identificaron los puntos críticos de las actividades y los problemas relacionados para evaluarlos a fondo en la etapa siguiente.

Por consiguiente, se elaboró el ecomapa considerado como una herramienta de fácil aplicación y sencilla el cual permitió un rápido inventario de prácticas y problemas de múltiples variables a través de figuras. Esta herramienta aportó información cualitativa sobre los principales problemas ambientales del proceso en donde una de las ventajas asociadas a su uso es que cualquier persona de la empresa puede utilizarlo para apoyar su trabajo de forma sencilla. La elaboración del ecomapa permitió la observación de los puntos de generación de residuos y los puntos de consumo de recursos más significativos (Diéguez-Santana, Sarduy-Pereira, Casas-Ledón, y Arteaga-Pérez, 2021; Gracia Rojas, Acevedo Pabon, Cepeda, y López, 2018).

3.3.2.3. Etapa III: Evaluación técnica, económica y ambiental de la empresa

En este punto se elaboraron los balances de materia de las operaciones de la unidad crítica, cuantificando las entradas y salidas del proceso, materias primas, insumos, energía, residuos, efluentes, emisiones, productos y subproductos generados. Se identificaron las ineficiencias y se seleccionaron las oportunidades para ser evaluadas en aspectos técnicos y económicos

(CEER, 2019). Se generaron opciones preliminares de PML a partir de la cuantificación detallada de recursos y desperdicios.

3.3.2.4. Etapa IV. Formulación y evaluación de alternativas de producción más limpia en base a las deficiencias identificadas

En este proceso se generaron las opciones potenciales de PML con visión de implementación, basado en el análisis para la mejora de la eficiencia de las operaciones de la unidad al optimizar el uso de materias primas, agua, energía y otros insumos. Esta etapa se incluyeron estrategias de reciclaje, reutilización o recuperación de flujos de residuos para reducir las pérdidas de insumos / productos que a su vez lleguen a influir en la reducción de los costos unitarios de producción / costos de operación asociados con el tratamiento final de los residuos. En este caso, se priorizaron las estrategias más sencillas y de menor costo, que dan lugar a cambios de comportamiento o medidas de ahorro, ya que son más fáciles de implementar y los tiempos de recuperación de la inversión resultan ser más cortos. La evaluación técnica incluyó los requisitos de materias primas, agua y energía, variaciones de productos, modificación de los métodos e instalaciones de producción y cambios en las necesidades de recursos humanos (Quishpe-López, Lliguicota-Guarquila, Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana, 2020).

Mientras tanto, el apartado económico evaluó la rentabilidad de cada estrategia de mejora analizando las variaciones de los indicadores del proceso (productivos, técnicos y ambientales), tales como requerimientos de energía y agua, cantidad de materia prima y materiales auxiliares requeridos y cantidad de residuos o emisiones. Las oportunidades de PML propuestas dentro del establecimiento fueron económicamente razonables y rentables (Schollenberger, Treitz, y Geldermann (2008). Sin embargo, las instalaciones e instituciones de pequeñas y medianos municipios, generalmente tienen recursos y capacidades financieras muy limitados.

3.3.2.5. Recolección de datos

El consumo de agua y electricidad se tomó de los registros de medidores (agua en m^3 y electricidad en kWh). En el caso de las emisiones líquidas, y los residuos fueron recolectados

y analizados en el laboratorio AqLab. Los métodos utilizados para el análisis de agua se basaron en los métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales, Edición No 21 (APHA y AWWA, 2005).

La determinación de la cantidad de residuos y la composición física fueron tomados según los registros del número animales y los registros de residuos sólidos que se generan en la instalación. Estos registros fueron clasificados en componentes individuales. La cuantificación de las emisiones gaseosas fue tomada como referencia las emisiones de CO_2 a partir de cada consumo y tomando valores de referencia de la literatura, cuantificando las emisiones de CO_2 generadas por los procesos. En este caso, desde la entrada de los animales hasta la salida de los productos. Los criterios considerados fueron las tasas de consumo de agua, electricidad, gas licuado de petróleo (GLP), aguas residuales y generación de residuos sólidos. La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (CO_2, CH_4 y N_2O), expresadas en kg de CO_2, se basaron en las directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006) y se describen en la Ecuación 1. El factor de emisión de CO_2 para el GLP se extrajo de las directrices del IPCC (IPCC, 2006).

Ecuación 1-3: *Fórmula para cuantificar las emisiones gaseosas.*

$$Total\ de\ emisiones\ de\ CO_2\ (kg\ CO_2) = \sum Datos\ de\ la\ entidad\ x\ Fator\ de\ Emisión\ de\ la\ entidad\ (Ec.1)$$

Mientras tanto, la emisión de carbono por electricidad se basó en la generación de factores de emisión nacionales (Narváez, 2015). En el caso del agua (Cornejo, Santana, Hokanson, Mihelcic, y Zhang, 2014), los residuos sólidos (Murphy y McKeogh, 2004), y los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Keller y Hartley, 2003) , el factor de emisión se basó en la literatura. Los factores de emisión de carbono para diferentes productos y servicios se muestran en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Factores de emisión de carbono por proceso

Proceso	Factores de emisión	Unidad	Referencia
Agua de proceso	0.8	kg CO_2/m^3	(Cornejo, Santana, Hokanson, Mihelcic, y Zhang, 2014)
Electricidad	0.34	kg CO_2/kWh	(Narváez, 2015)
Gas licuado de petróleo (GLP)	1.64	kg CO_2/L	(IPCC, 2006)
Tratamiento de residuos sólidos	3.7	kg CO_2/kg	(Murphy y McKeogh, 2004)
Tratamiento de aguas residuales	1	kg CO_2/kg DQO removida	(Keller y Hartley, 2003)

Fuente: (Diéguez-Santana, Sarduy-Pereira, Casas-Ledón, y Arteaga-Pérez, 2021).
Realizado por: Cristy Ramírez, Maritza Torres

3.3.2.6. Criterios considerados para el análisis económico

La viabilidad económica se realizó mediante los indicadores dinámicos (Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Período de Recuperación de la inversión) y la relación costo beneficio. La ecuación 2 muestra el período de recuperación esperado, mientras que la ecuación 3 muestra la relación costo-beneficio. El valor actual neto (VAN), es considerado el valor actualizado del flujo de los ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica de un proyecto, el cual se determinó a partir de los años y de las entradas y salidas de dinero en efectivo desde el primer gasto de inversión hasta que concluya los años de operación o funcionamiento del proyecto. La Ec. 2 muestra como calcular el VAN:

Ecuación 2-3: *Fórmula para determinar el valor actual neto (VAN).*

$$VAN = \left[\frac{FNE_0}{(1+i)^0} + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + .. \frac{FNE_n}{(1+i)^n}\right] - I \; Ec\; (2)$$

Donde:

I: Capital Inicial de la Inversión.

FNE: Flujo Neto Efectivo.

N: Número de periodos a ser evaluados.

I: Tasa de inversión expresada en tanto por uno.

Tiempo de recuperación de la inversión (TIR): Este indicador expresa el crecimiento del capital en términos relativos y determina la tasa de crecimiento del capital por período. Mide la rentabilidad, mayores de esta tasa de crecimiento del capital mejor inversión. La Ec. 3 muestra la fórmula para determinarla.

Ecuación 3-3: *Fórmula para determinar el tiempo de recuperación de la inversión (TIR).*

$$0 = \sum_{n=0}^{t} \frac{C_n}{(1+TIR)^n} \quad (Ec\ 3)$$

Donde:

t: Vida útil.

n: Año de Operación.

TIR: Tasa interna de retorno.

Período de recuperación de la inversión (P): Es el tiempo expresado en año, meses, días, donde se recupera la inversión realizada. Puede calcularse según la Ec. 4

Ecuación 4-3: *Fórmula para determinar el período de recuperación de inversión.*

$$P = \frac{Costo\ de\ inversión}{ahorro\ anual} = \frac{Inversión}{Flujo\ entrante - Flujo\ saliente} \quad (Ec\ 4)$$

Razón Beneficio/Costo (B/C): Esta relación expresa cuanto se gana por encima de la inversión efectuada, el análisis de beneficio –costo se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar. La misma se diferencia del VAN en el resultado, que es expresado de forma relativa. Se representa de la siguiente forma:

Ecuación 5-3: *Fórmula para determinar la Relación Beneficio/Costo.*

$$Relación\ \frac{B}{C} = \frac{Ingresos\ Totales\ Netos}{Costos\ totales} \quad (Ec\ 5)$$

En cuanto a las opciones de ahorro de energía eléctrica, las alternativas fueron enfocadas en: (i) minimizar la frecuencia de apertura de áreas climatizadas, especialmente en áreas que requieren enfriamiento, (ii) optimizar el tiempo de operación de las etapas de empaque y etiquetado y (iii) mejor uso de la iluminación (use luz natural para evitar iluminación innecesaria y limpiezas periódicas). La implementación de las alternativas propuestas se basó en las mejores prácticas, que resultan traer grandes beneficios ambientales sin costo adicional (Diéguez-Santana, Casas-Ledón, Loureiro Salabarria, Pérez-Martínez, y Arteaga-Pérez, 2020). En este contexto, Rahim y Raman (2015) destaca que la implementación de buenas prácticas energéticas en equipos puede lograr hasta un 40% de ahorro de electricidad sin ningún costo de inversión.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Etapa I. Planificación

Para dar inicio a la implementación de PML es necesario la autorización por parte de la administración. La Figura 2-4 indica la estructura organizacional del Camal Frigorífico Municipal la Joya de los Sachas. A partir de ello se realizó la exposición de la propuesta encaminada a la reducción de recursos, aprovechamiento de los residuos, reducción de costos en la disposición final de desechos y disminución de los efectos negativos ambientales, esto dirigido al funcionario (Médico Veterinario) a cargo de la planta de faenamiento en donde se obtuvo una respuesta favorable. De esta manera se facilitó el acceso a la información requerida además de la aprobación de ingreso a las instalaciones de producción bajo las medidas de seguridad pertinentes.

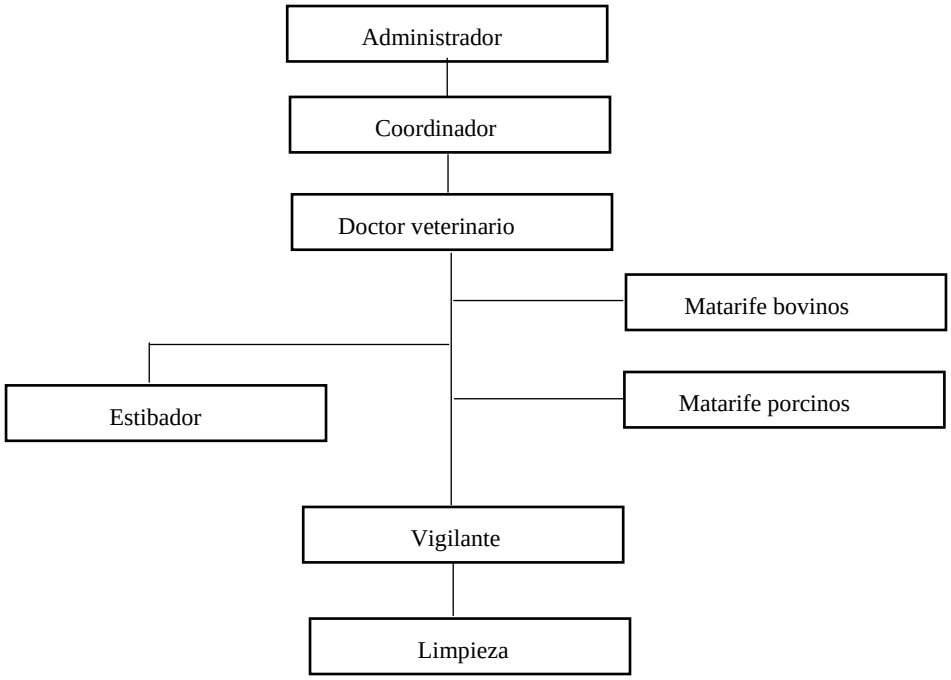


Figura 1-4. Estructura del Camal Frigorífico la Joya de los Sachas
Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

4.1.2. Descripción del proceso de faenamiento

En el Camal Frigorífico Municipal de la Joya de los Sachas se realiza el faenamiento diario de 26 animales divididos en 13 bovinos con pesos promedios en carne de 200 kg y 13 porcinos

de 55 kg. El trabajo se realiza de lunes a viernes durante ocho horas exceptuando los días feriados de las cuales cuatros horas involucran netamente la actividad de faenamiento. Los animales ingresados en el caso de los bovinos deben contar con una guía de movilización emitida por la entidad "Agrocalidad" mientras que en el caso de los porcinos adicionalmente deben poseer aretes que verifique el número marcado en la guía propia de movilización.

La Figura 3-4 indica el proceso de faenamiento, el cual inicia en la recepción de los animales que son descargados mediante una rampa de desembarco dividiendo a los dos tipos; en el caso de los bovinos se realiza la separación de machos y hembras para evitar contusiones. En esta etapa, los bovinos deben permanecer en reposo por 12 horas y los porcinos por un periodo entre dos y cuatro horas permitiendo regular el sistema digestivo y corporal de los mismos. Seguidamente, el médico veterinario debe realizar una inspección ante-morten declarando la calidad de los animales.

Una vez seleccionado los animales aptos para el consumo son movilizados a la planta de sacrificio. Para las operaciones de faenamiento utilizan maquinarias y herramientas adecuadas y modificadas desde el año 2012 según lo menciona el médico veterinario a cargo para cumplir con los estándares de calidad en el producto. La línea de procesos inicia con el noqueo de los animales e izado, seguido el degollado. Los bovinos siguen la línea de separación de las partes, descuerado, eviscerado, corte del canal, pesaje y refrigeración. A diferencia de los porcinos después del degollado proceden al escaldado y pelaje, flameado, eviscerado, corte del canal, pesaje y refrigeración permaneciendo por un lapso de 12 horas a una temperatura de 0° a 4°C para ser transportados a los distintos puntos de entrega. Durante las diferentes operaciones se generan grandes cantidades de residuos entre ellos agua, sangre, grasas y pelos principalmente, estos vertidos y dirigidos hacia la captación de residuos y desechos en donde parte de ello se direccionan al curso de agua cercano debido a la falta de capacidad para su tratamiento previo.

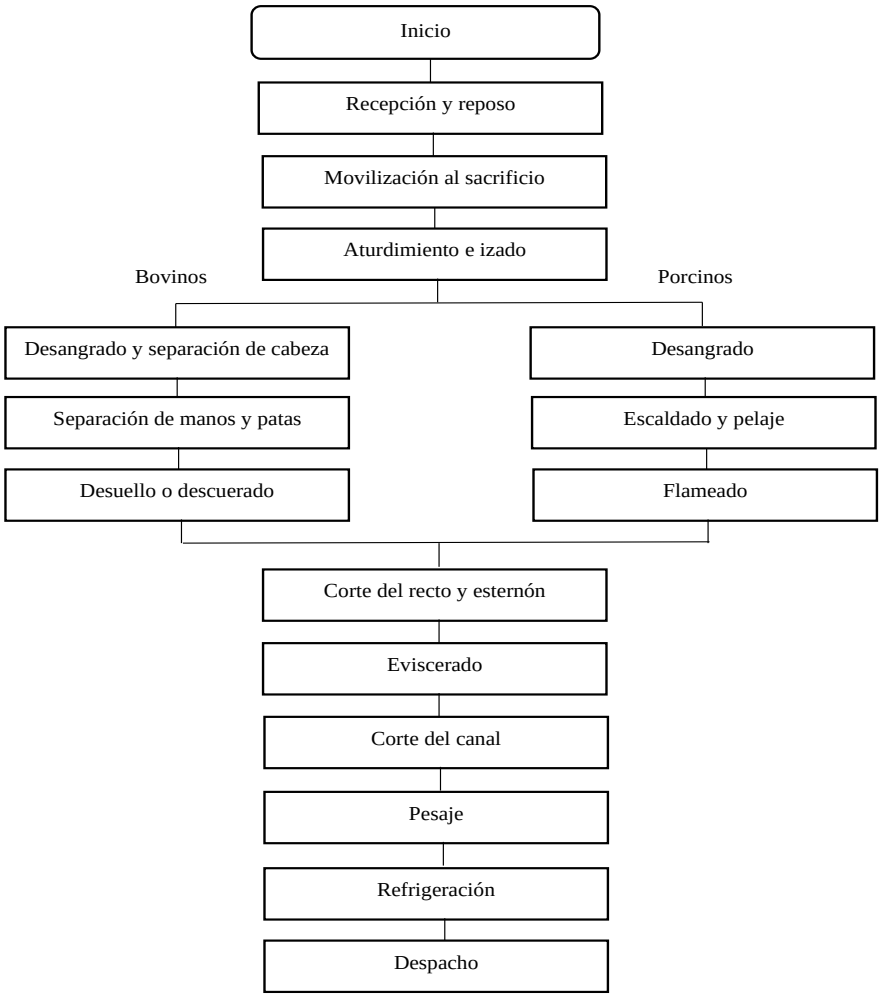


Figura 2-4. Diagrama de procesos del faenamiento
Fuente: Realizado por: Ramirez C., Torres M

4.2. Etapa II. Diagnóstico de producción más limpia

La entrevista realizada al médico veterinario y operarios de la planta durante la inspección de los procesos de faenamiento, permitió identificar los principales problemas ambientales, referentes a la disposición de residuos sólidos, la generación de agua residual producto de la higienización de animales, de los equipos y maquinarias, vertidos de sangre y un moderado consumo energético en todo el sistema de producción e iluminación. Estos problemas son frecuentes de la actividad de faenamiento de los animales según Ruiz-Sanchez (2018). Mediante la presente investigación se permitió conocer el tipo de maquinaria que utilizan para dicho proceso y por ende la detección de los puntos críticos en el establecimiento. Así también en esta etapa por medio de la entrevista con el funcionario a cargo de la planta de

faenamiento (Doctor Veterinario) se obtuvieron registros de la calidad actual del río 15 en donde suelen despojarse cierta cantidad de aguas residuales generadas en la planta sin previo tratamiento, indicando la alteración natural de dicho recurso.

4.2.1. Ecomapas

En base al reconocimiento de las instalaciones**,** se diseñó la distribución en planta de los procesos de producción enfocadas desde la recepción de la materia prima, faenado y entrega del producto. En la figura 4-4 se muestra el ecomapa que corresponde a la identificación de las zonas más críticas en cuanto a generación de aguas residuales, residuos sólidos. Igualmente, se enmarcaron los consumos de energía eléctrica, agua, gas y la utilización de equipos. Es así como se obtuvo una proyección de los riesgos posibles a presentarse en las diferentes áreas de la instalación y las acciones de mejoramiento ambiental.

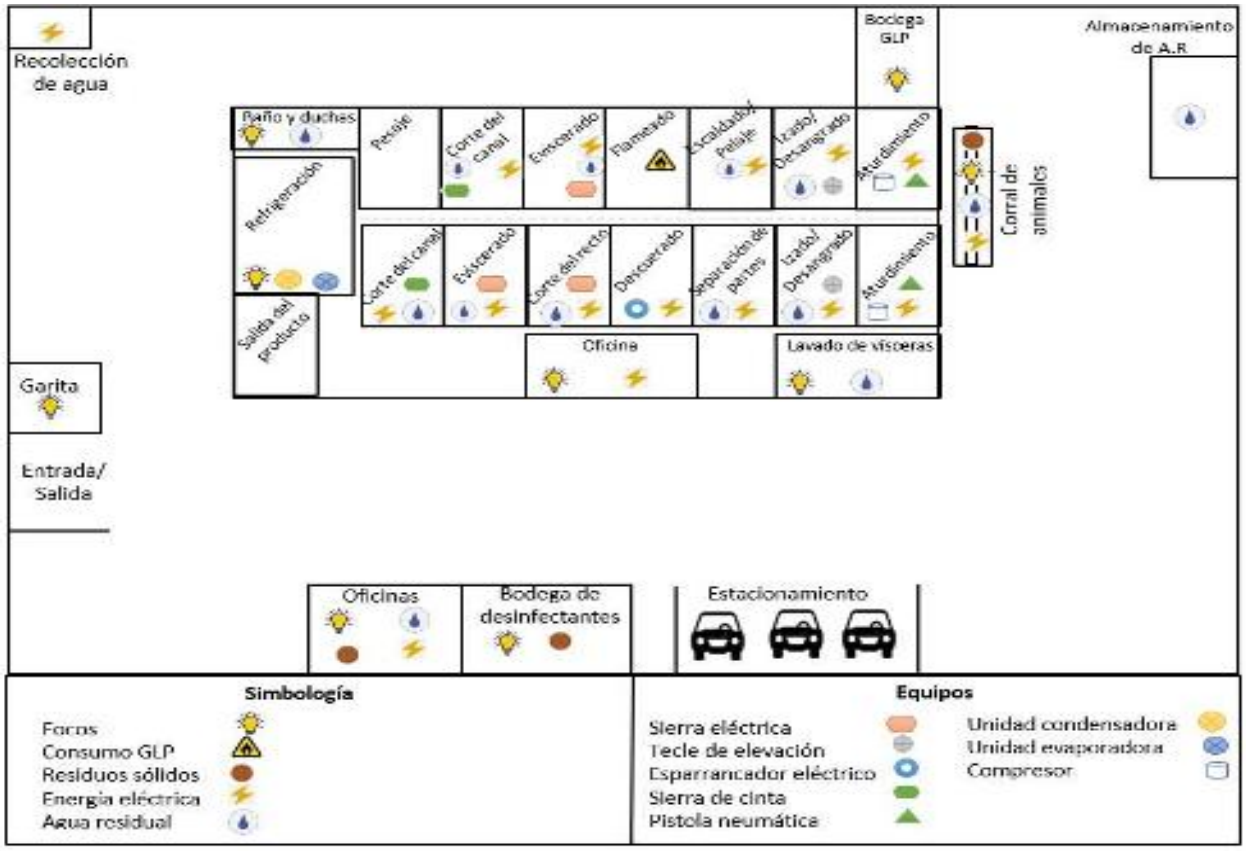


Figura 4-4. Ecomapa de la planta de faenamiento del Camal Frigorífico Municipal La Joya de los Sachas
Fuente: Realizado por: Ramirez C., Torres M

4.3. Etapa III. Evaluación técnica, económica y ambiental del proceso

4.3.1. Análisis de los procesos

En esta sección se realizó la caracterización cuantitativa y cualitativa del proceso, que permitió identificar todos los flujos de entrada y salida de materia y energía. La Tabla 2-4, muestra las entradas y salidas mensuales, de los 520 animales (bovinos y porcinos), que mensualmente se faenan en el Camal Municipal.

Tabla 2-4. Balance de materias primas, insumos y consumo energético mensual por la actividad productiva

Entradas		
Tipos de materia prima	UM	Cantidad
Bovinos	U	260
Porcinos	U	260
Electricidad	kWh	4611,74
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	kg	420
Agua	m^3	300
Detergentes	m^3	0,015
Desinfectantes	m^3	001
Salidas		
Carne	kg	66300
Sangre	m^3	2.92
Aguas residuales	m^3	300
Rumen	kg	4290
Estiércol	kg	2951

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

Entre los aspectos destacados del análisis de las entradas y salidas del proceso (Tabla 2-4), sobresale la cantidad elevada de residuos sólidos, principalmente de origen orgánico, conformado por fracciones de las diferentes etapas del proceso, como: estiércoles y contenido ruminal. También, algunas cantidades de residuos, que en otros procesos se consideran subproductos y que en la instalación lo desechan. Estas acciones dan lugar a los elevados consumos de agua y electricidad señalados.

En este caso, de los energéticos, mensualmente se consumen 4 611,74 kWh de electricidad. Mientras, la operación de flameado para línea de faenamiento de porcinos emplea GLP, y consume una cantidad de aproximadamente 420 kg/mes. En cuanto al agua, el consumo promedio es de 300 m^3/mes del cual la mayor parte se consume a razón de limpieza y servicios sanitarios. Las aguas residuales terminan almacenadas en un área de descarga de

residuos de la planta de faenamiento y otra fracción de ello es dirigida hacia el curso de agua cercano perteneciente al río 15 sin previo tratamiento, esto es debido a la falta de capacidad de almacenamiento de residuos de manera en que requieren la intervención de agentes externos que se hagan cargo de estos residuos. Los residuos sólidos orgánicos cuantificados fueron de 7241 kg/mes equivalente a 86,89 toneladas/año.

Tabla 3-4. Consumo de agua, gas licuado de petróleo y otros energéticos por la actividad productiva mensual.

Consumo de agua			
Actividad /etapa	UM	Cantidad	Monto USD
Procesos operacionales	m^3	190	38,00
Limpieza y desinfección	m^3	100	20,00
Servicios higiénicos	m^3	10	2,00
SUBTOTAL	m^3	300	60
Consumo de GLP			
Procesos (Equipo)	kg	420	44,80
Consumo energético			
Almacenamiento productivo	kWh	2610,24	208,82
Proceso de faenamiento (maquinarias)	kWh	679,36	54,35
Iluminación interna (día)	kWh	420,64	33,65
Iluminación externa (noche)	kWh	864	69,12
Abastecimiento de agua (bomba centrifuga)	kWh	37,5	3,00
SUBTOTAL	kWh	4611,74	368,94

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

Los valores de la Tabla 3-4 muestran los consumos por concepto de agua, GLP y energéticos que conforman al área de producción, maquinaria y equipos pertinentes. El mayor consumo se evidencia en la etapa de producción efectuada durante cuatro horas seguidas (2610,24 kWh, el 57% de toda la instalación). Sin embargo, existen consumos generales en el alumbrado en donde pueden incorporarse mejores prácticas de ahorro energético. Por tanto, basado en las zonas críticas de consumo, y en otras investigaciones, las mejoras para disminuir el consumo de electricidad podrían incorporarse en los puntos estratégicos.

Tabla 4-4. Resumen de las estimaciones de CO_2 del proceso mensual

Rubro	Unidad	Cantidad	Emisiones de CO_2 (kg/mes)
Agua	m^3	300	240
Electricidad	kWh	4611,74	1568
GLP	kg	420*	1312
Residuos sólidos	kg	7241	37604,6
Agua residual	m^3	300	12
Total			42007,17

*Equivalente a 28.57 L (ρ_{GLP}=0.525 kg/L)

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

Las emisiones de CO_2 fueron cuantificadas con el empleo de la Ecuación 1 y los valores referenciales de emisiones por concepto de consumo y generación de residuos identificados en la Tabla 2-4. La Tabla 4-4, muestra el resumen de los resultados obtenidos. Como se puede apreciar, la generación de residuos es causante de la mayor contribución de CO_2 (37604,6 kg CO_2/mes equivalente al 89,52% de las emisiones totales). Mediante la implementación de PML contribuirá a la disminución de los residuos además de contribuir a la disminución de las emisiones gaseosas. Basado en la cuantificación de CO_2, la emisión total de la planta fue de aproximadamente 42 toneladas mensuales, lo que equivale a 504 toneladas por año.

4.4. Etapa IV. Formulación de alternativas de PML

A partir de los resultados del análisis del proceso de faenado del Camal Municipal la Joya de los Sachas se identificaron problemas y se propusieron opciones de PML con el fin de revalorizar subproductos, disminuir la generación de residuos (principalmente orgánicos). Por ello es importante resaltar, que las opciones propuestas están enfocadas a mejores prácticas e implementación de programas de ahorro de agua y electricidad, que son prácticas ambientales que pueden aportar grandes beneficios (Diéguez-Santana, Casas-Ledón, Loureiro Salabarria, Pérez-Martínez, y Arteaga-Pérez, 2020; Soto-Cabrera, Panimboza-Ojeda, Ilibay-Granda, Valverde-Lara, y Diéguez-Santana, 2020). Mientras que, las que necesitan inversión, están relacionadas con la gestión de los residuos y aparece descritas a continuación:

4.3.1. Opción 1: Valorización de estiércoles, contenido ruminal, y aguas residuales mediante digestión anaeróbica.

Los mataderos son industrias en las que se utilizan grandes volúmenes de agua para lavar la carne y eliminar excrementos, desechos y sangre del sacrificio de animales, por lo que las aguas residuales de los mataderos suelen estar cargadas de materia orgánica (Adou *et al.*, 2020). Estas aguas residuales se convierten en una fuente importante de contaminación para el medio receptor, como lagos, estanques, arroyos, ríos, estuarios y océanos (Bustillo-Lecompte y Mehrvar, 2016). Esta contaminación tiene muchas consecuencias para la biodiversidad y la salud humana por lo que es necesaria la reducción del contenido de contaminantes orgánicos. En ese sentido, el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales de los mataderos es un método de tratamiento cada vez más utilizado (Vidal, Carvajal, Huiliñir, y Salazar, 2019; Wang, Jena, y Das, 2018).

El tratamiento anaeróbico de aguas residuales o digestión anaeróbica (DA) es un proceso de degradación biológica controlada en el que la eliminación de materia orgánica se logra mediante la acción combinada de un consorcio microbiano en ausencia de oxígeno (Kavitha *et al.*, 2016). Además, la digestión anaeróbica contribuye a la destrucción de patógenos. Los principales productos son el biogás (una mezcla de CH_4, CO_2 y trazas de otros gases) y los lodos digeridos son utilizados como fertilizantes en la agricultura (Solé-Bundó *et al.*, 2017). El proceso consta de cuatro etapas: La hidrólisis es el primer paso, implica la degradación de compuestos orgánicos complejos en compuestos orgánicos simples como ácidos grasos, alcoholes y azúcares. El segundo paso (acidogénesis), los ácidos grasos y los alcoholes volátiles se convierten en ácido acético e hidrógeno. Luego, el ácido acético se convierte en acetato durante la acetogénesis (tercer paso). En la etapa final (metanogénesis), se producen metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) a partir de acetato e hidrógeno (Meegoda, Li, Patel, y Wang, 2018).

En general, el tratamiento anaeróbico de aguas residuales mediante codigestión con estiércol y desechos agrícolas mejora la eficiencia (Bouallagui, Rachdi, Gannoun, y Hamdi, 2008; Pagés-Díaz *et al.*, 2018) Sin embargo, sigue siendo un problema ambiental debido a la eliminación del digerido, ya que el digestato se entierra con mayor frecuencia después del

tratamiento. Para evitar este problema, se sugiere utilizar un tratamiento de aguas residuales anaeróbico de mono-digestión (Bustillo-Lecompte y Mehrvar, 2016)

4.3.1.1.Descripción del proceso

El proceso propuesto consiste en un sistema de digestión anaeróbico alimentado por el estiércol, el contenido ruminal y las aguas residuales que se generan en la instalación para producir bioenergía y digestato en dos etapas. Esta tecnología se ha desarrollado frecuentemente durante las últimas décadas (Massanet-Nicolau, Dinsdale, Guwy, y Shipley, 2015; Schievano, Tenca, Lonati, Manzini, y Adani, 2014). La digestión en dos etapas logra una mayor producción de CH_4 que la de una sola fase. Además, la digestión en dos fases presenta un funcionamiento más estable y una mayor capacidad de tratamiento y de tasa de carga orgánica (TCO) (Sinsuw, Wuisang, y Chu, 2021).

Las aguas residuales contienen fracción de desechos sólidos y líquidos como heces, orina, grasa, sangre, rumen y el agua que se usa para limpiar el matadero que es de aproximadamente 15 m^3por día. Las aguas residuales de lavado han pasado por el canal de aguas residuales hasta el estanque de recogida de residuos, que se encuentra a unos 50 m del matadero. Para el proceso según CITA se requiere un sistema de bombeo/tornillo sin fin para suministrar la materia prima solidas (estiércol +contenido ruminal) al tanque de mezclado con las aguas residuales. El diagrama de flujo de bloques de la propuesta de planta de biogás se muestra en Figura 5-4. Como se puede apreciar se considera un tanque de mezcla (T-1), un tanque de pre-digestor (acidógenico) (T-2) y un digestor (metanogénico) principal (T-3) que se alimentará con estiércol, rumen y aguas residuales del matadero. Los volúmenes de los equipos se calcularon a partir de las cantidades que se generan diariamente. Las mezclas de estiércol de vaca y rumen recolectada del camal y aguas residuales (15 m^3/ día) se bombeó al tanque de mezcla T-1 para mezclar y homogeneizar el sustrato. Se considerará un tiempo de retención hidráulica (TRH) de un día en la primera etapa y de 19 días en la segunda etapa. El biogás es bombeado a una torre de desulfuración de biogás y luego almacenado para ser combustionado, y en el sistema generador de biogás producir energía eléctrica.

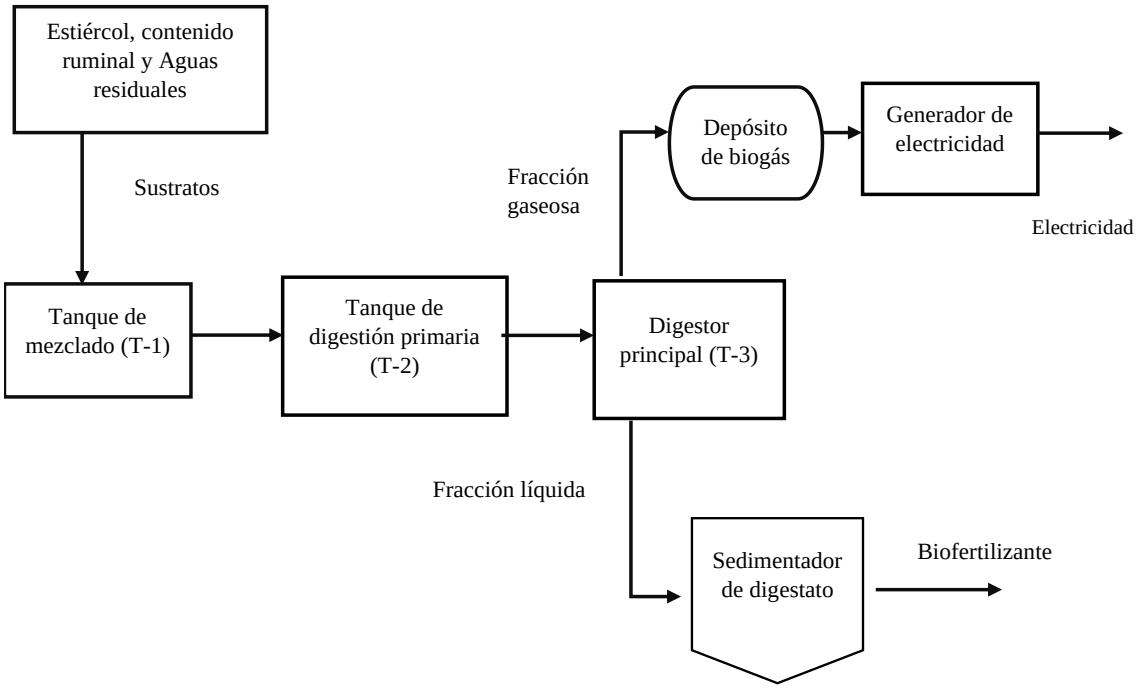


Figura 5-4. Diagrama de flujo/bloques de la propuesta de planta de producción de biogás en dos etapas para el Camal Frigorífico Municipal La Joya de los Sachas
Fuente: Realizado por: Ramirez C., Torres M

La tabla 5-4 muestra el cálculo de los kg de sólidos volátiles presentes en los residuos para estimar el potencial de generación de metano.

Tabla 5-4. Resumen de resultados de sólidos volátiles a incorporar en el proceso de DA

Tipo de residuos	UM	Cantidades, día	ST, g/kg*	SV, g/kg*	kg ST	kg SV
Estiércol bovino	kg	87.1	262	242	22.8202	21.08
Contenido Ruminal	kg	214.5	140	100.8	30.03	21.62
Estiércol porcino	kg	60.45	238	234	14.3871	14.15
Agua residual	L	15000	4.157	2.87	62.355	43.05
Total						99.9

Fuente: Los valores experimentales de estos parámetros corresponden a Diéguez Santana, Pérez-Martínez, y Chicaiza (2021)
Realizado por: Ramirez, C., Torres, M

Según Diéguez Santana, Pérez-Martínez, y Chicaiza (2021) el potencial de biometano de la mezcla de residuos es de 0.355 m^3/ kg SV, por lo que las cantidades de sólidos volátiles del camal municipal Joya de los Sachas puede generar 35.46 m^3 de CH_4 diarios. Este valor se empleó para estimar la generación anual de metano y calcular el potencial de generación de

+electricidad. Para ello se usó el potencial de generación de metano obtenido y se calculó con la ecuación 6 empleada anteriormente por varios autores para calcular el potencial de generación de electricidad de la tecnología de digestión anaerobia (Ayodele, Ogunjuyigbe, y Alao, 2018; Cudjoe, Han, y Nandiwardhana, 2020).

Ecuación 1-4: *Fórmula para determinar la electricidad anual generada (kWh)*

$$\boldsymbol{EAG} = \frac{\boldsymbol{QCH4} * \boldsymbol{37.2} * \boldsymbol{EGe} * \boldsymbol{C}}{\emptyset} \ (\boldsymbol{Ec.\ 1-4})$$

Dónde:

EAG: es la electricidad anual generada (kWh),

- QCH_4: el metano generado (m^3/año)
- 37.2 (MJ/m^3) es el valor de calentamiento más bajo de metano (Ayodele, Ogunjuyigbe, y Alao, 2017; Cudjoe, Han, y Nandiwardhana, 2020)
- *EGe:* es la eficiencia de generación de electricidad del dispositivo de conversión, según (Perez Garcia, 2014; Siddiki *et al.*, 2021) se puede considerar de 30% para sistema de generadores pequeños.
- C es el factor de capacidad, y se considera como 85% (Cudjoe, Han, y Nandiwardhana, 2020; IRENA, 2012), y
- ∅ es el factor de conversión de MJ a kWh (1 MJ = 0.2778 kWh)

Por lo que, considerando 240 días de trabajo al año, se generarían 8511.06 m^3 de metano, lo que permitiría generar 290626.13 kW h año de electricidad a partir del biogás.

4.3.1.2 Costo de implementación del sistema DA

Para la estimación del costo de la instalación se siguieron los criterios de (Li, Han, Zhang, Luo, y Li, 2020) y (Turton, Bailie, Whiting, y Shaeiwitz, 2009) donde el costo total de la planta se calculó según la ecuación 2-4.

Ecuación 2-4: *Fórmula para determinar el costo total de la planta de DA*

$$CTP = CDT + CIT \quad Ec\ (2\text{-}4)$$

Donde:

- CTP: Costo total de la planta
- CDT: Costo total directo

- CIT: Costo indirecto total

En el caso del Costo Directo Total y Costo Indirecto Total se calcularon mediante la ecuación 3-4 y 4-4.

Ecuación 3-4: *Fórmula para determinar el costo directo total de la planta de DA*

$$CDT = CE + T\ (5\%\ CE) + I\ (5\%\ CE) + E\ (5\%\ CE) + MT\ (5\%\ CE) + SA\ (5\%\ CE) \quad \text{Ec } (3-4)$$

Donde:

- CDT: Costo directo total
- CE: Costo de adquisición del equipamiento
- T: Tuberías
- I: Instrumentación
- E: Eléctricos
- MT: Movimiento de tierras
- SA: Servicios auxiliares

Ecuación 4-4: *Fórmula para determinar el costo indirecto total de la planta de DA*

$$TIC = Ingeniería\ (20\%\ CDT) + Construcción\ (20\%\ CDT) \quad Ec\ (4-4)$$

Donde:

- TIC: Costo indirecto total

Mientras que para el cálculo del Costo del Capital total inversión se empleó la ecuación 5-4.

Ecuación 5-4: *Fórmula para determinar el costo del Capital total inversión de la planta de DA*

$$CCTI = CTP + TC\ (5\%\ del\ CTP) + C\ (10\%\ CTP) + CT\ (1\tfrac{1}{2} mes\ del\ costo\ de\ operación) + GA\ (8\%CTP) \quad Ec\ (5\text{-}4)$$

Donde:

- CCTI: Costo del capital total inversión
- CTP: Costo total de la planta
- TC: Tasa del contratista
- C: Contingencia

- CT: Capital de trabajo
- GA: Gastos de arranque

El apéndice B muestran el desglose del Costo adquisición del equipamiento (CE) que fue adquirido vía internet a partir de una proforma de una empresa que se dedica a la comercialización de tecnologías de biogás. El monto de los equipos asciende hasta $55900. Mientras que el resumen de indicadores y valores de la estimación del Costo del Capital total inversión de la opción de digestión anaeróbica se muestra en el Apéndice C, que llega hasta un capital de $116630,25 que sería el valor de inversión inicial para el cálculo de los indicadores económicos.

4.3.1.3 Costo de operación y evaluación económica del sistema DA

En el cPaso del costo de operación el valor total anual estimado fue de 53180.190 USD. En el apéndice D aparecen detallados los principales indicadores considerados para su estimación. Se consideró que la materia prima y el tratamiento de desechos no tendría costo, en el caso de la materia prima (estiércol, contenido ruminal y aguas residuales) se disponen en la instalación, y el tratamiento de desechos puesto que las corrientes de salida del proceso serán el biogás que se valorizará energéticamente y el digestato que se comercializará para la agricultura. En los costos de los servicios también se desprecia la electricidad, en este caso porque la metodología para la estimación de generación de electricidad de la tecnología de biogás incluye una disminución del 15% para las prestaciones del sistema.

Mientras que como muestra la tabla 6-4, los precios para la comercialización son de 6,16 USD/t de digestato será de 6.16 como proponen Li, Han, Zhang, Luo, y Li (2020) y ha sido empleado en diversos digestatos anaeróbicos, basado en la composición de nutrientes que pueden proporcionar a los cultivos. En cuanto a la electricidad se consideró un valor de 0,17 USD/kWh, que puede ser destinado para el sector industrial consumidor de más de 1000 kWh mensuales, pues considerar generar para el sector residencial puede contemplar mayores variaciones en el precio y el estudio no consideró la incertidumbre del costo de venta de la electricidad. En resumen, los ingresos serán de $77126,44, por lo que flujo de caja anual será de $23946,25. Con estos valores durante el tiempo de vida útil de proyecto (10 años),

considerando la tasa de capital del 9%, según estadísticas del Banco Central de Ecuador en junio de 2021.

Tabla 6-4. Resumen del Balance de ingresos anuales por venta de digestato y electricidad

	UM	Cantidad	Precio, USD	Ingresos, USD
Digestato	t	4500	6,16	27720
Electricidad	kWh	290626,13	0,17	49406,44
Total				77126,44

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

Los indicadores dinámicos económicos muestran que el VAN será de $37051, la TIR del 16 % y el periodo de recuperación de 6,03 años. Estos son resultados positivos, lo que unido a la relación costo beneficio (1,32) muestra que la estrategia de digestión anaeróbica es viable desde el punto de vista económico y puede generar ingresos para rentabilizar la actividad del camal municipal.

4.3.2 Opción 2: Valoración de la sangre para elaboración de harina para alimentación animal

Los efluentes constituyen una de las más serias causas de contaminación ambiental, malos olores y daños a la salud en la mayoría de los países en desarrollo. La sangre es el desecho líquido de mayor impacto por su alto valor contaminante. Las concentraciones que aporta cada litro de sangre en términos de DBO son de 150.000 – 200.000 mg/L (Alvarez, 2010). Sin embargo, el aprovechamiento de la sangre se logra al no considerarla como un desecho, sino como materia prima para la producción de harina de sangre, por lo que se vio necesario adquirir un equipo de elaboración de harina de sangre, el mismo que cuente con los requerimientos adecuados para la capacidad de producción del camal (Chuya, 2018).

4.3.2.2 Descripción del proceso

El proceso propuesto se basa en la alimentación de sangre animal (porcinos y bovinos) al sistema con tecnología artesanal considerado en cinco etapas para la obtención de harina. Este producto resulta contener un alto valor nutricional (Hernández y Fabián, 2011). La materia prima (sangre) generada en la etapa del desangrado está conformada de aproximadamente de 2,92 m^3 por mes, siendo recogida diariamente por medio de cuchillos

tipo vampiro para evitar el desperdicio y almacenarla en cubetas de material galvanizado para su posterior transportación al lugar de procesamiento.

La Figura 6-4 muestra el diagrama de bloque para la obtención de harina. La propuesta de aprovechamiento de sangre tiene la capacidad para dar inicio con 146,12 L/día (0,15 m^3) fracción que se va a dividir en la etapa de filtración en hemoglobina y plasma, esto debido a que el plasma hace mención a la parte líquida que favorece al proceso de descomposición del producto y a su vez aumenta el tiempo de secado para lo cual se considerará un lapso de siete días en dependencia de las consideraciones climáticas. El proceso de la molienda consiente en transformar el material seco en harina pulverizada a la cual se añade ácido fórmico con el fin de evitar la proliferación de microorganismos. Con el tamizado se logra un producto uniforme para posteriormente concluir con el pesaje y empacado en sacos con capacidad de 45 kg unitarios. Este producto será otra alternativa de alimento balanceado para animales debido a su contenido nutricional y alto contenido de digestibilidad.

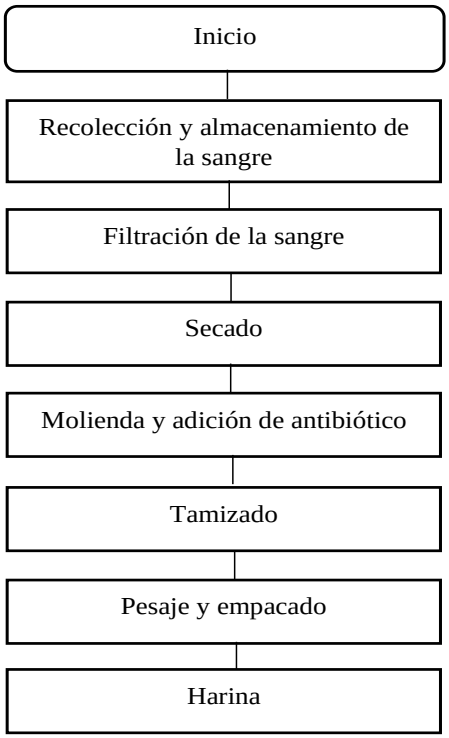


Figura 6-4: Diagrama de bloque de los procesos de producción de harina de sangre
Fuente: (Hernández y Fabian, 2011)

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

La Tabla 7-4 muestra el análisis bromatológico de la harina de sangre como producto final.

Tabla 7-4. Resultados de análisis bromatológico de harina de sangre

Análisis	Base húmeda	Base seca
Humedad total	12,17	-
Proteína cruda	73.76	83,89
Grasa	0,61	0,70
Fibra cruda	0,36	0,41
Cenizas	2,53	-
Carbohidratos	0,32	0,36
Calcio	0,57	0,65
Fósforo	0,09	0,10

Fuente: (Hernández y Fabián, 2011)
Realizado por: Ramirez, C., Torres, M

La harina de sangre de ganado bovino es una fuente excelente de proteína animal, ya que contiene altos niveles de proteína cruda de 73.76 % en base húmeda y 83.89 % en base seca, superando así las fuentes de proteína de origen vegetal como animal. La sangre de ganado bovino es una fuente rica de proteína animal de alta calidad nutricional, que puede ser utilizada como un buen complemento proteico en la ración para alimentación de animales (Hernández y Fabián, 2011). Según (Cifuentes Patiño, 2007) los kg de harina que se obtienen por promedio de diez litros de sangre es de 2,8. Esto llevadas a las cantidades de sangre animal en el Camal Municipal la Joya de los Sachas se puede generar 633 kg de harina mensual equivalentes a 15 sacos de 40 kg. Considerando los 240 días de trabajo al año, se generarían 180 sacos de harina de sangre/año.

4.3.2.3 Costo de implementación del sistema de producción de harina de sangre

Para la estimación de los costes de la implementación se basaron en referencia a los equipamientos y recursos utilizados por (Hernández y Fabián, 2011). El apéndice E muestra el desglose de los costes de equipos y materiales cotizados vía internet por empresas pertinentes, evaluado en 1610 USD. Mientras que en el apéndice F se resume los valores estimados para la inversión inicial del sistema, el valor requerido es de 4825 USD.

4.3.2.4 Costos de operación y evaluación económica del sistema de producción de harina de sangre

Los costes de operación anual estimados fueron de 906,50 USD, en el apéndice G se muestran detallados los principales indicadores de estimación. Se consideró que la materia prima (sangre) no tendría ningún coste, debido a que se genera en la planta de faenamiento. La Tabla 8-4 muestra los precios para su comercialización del producto, estimado en el mercado 20 USD por saco de 40 kg equivalentes (El Heraldo, 2019) en consideración al aporte nutricional que rinde a los animales monogástricos de preferencia. Sintetizando, los ingresos anuales serán de 4100 USD y el flujo de caja anual promedio será de 3194 USD.

Tabla 8-4. Resumen del balance de ingresos anuales por venta de la harina de sangre

	UM	Cantidad	Precio, USD	Ingresos, USD
Harina de sangre	kg	180	20,00	3600,00
Total				3600,00

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M
Realizado por: Ramirez, C., Torres, M

Los indicadores económicos muestran que el VAN será de 7670,25 USD, la TIR del 44% y el periodo de recuperación de 1,8 años. Los resultados de la implementación propuesta fueron positivos, debido a que la relación del costo beneficio (1,59) muestra que la elaboración de harina de sangre es viable desde el punto de vista económico de tal modo que puede generar ingresos que sustenten la rentabilidad de la actividad dentro del camal municipal aplicando dicha tecnología.

4.3.3 Buenas prácticas operativas (BPO)

La reducción de energía dentro de las instalaciones es un parámetro importante que generan impactos ambientales y económicos (CPLN-PROARCA, 2019). La energía eléctrica es el principal recurso para el uso de las maquinarias en los procesos productivos y es parte fundamental para la iluminación de las instalaciones. El consumo promedio de energía mensual por concepto de iluminación se establece de 1284,64 kWh que equivalen a 102,77 USD libre de impuestos.

Como BPO se propone la reducción de los sistemas de iluminación estableciendo puntos estratégicos especialmente en horarios nocturnos y parte del día. Estos cambios se centran en

los sistemas de alumbrado en horarios de 19:00 a 07:00 horas durante el día reduciendo el número de elementos al margen del establecimiento. Así también, se propone reducir los sistemas de iluminación en puntos como los corrales de animales y los pasillos conformante a las oficinas debido a la poca frecuencia en ellos. La reducción de los gastos energéticos a causa de los sistemas de iluminación se establece en la Tabla 9-4, en donde el gasto por mes será de 547,2 kWh aproximadamente lo que equivalen a 43,77 USD/mes estableciendo que la tarifa por kWh es de 0.08 USD ahorrando el 51,06% que equivale a 52,48 USD.

Tabla 9-4. Reducción del consumo energético por motivos de iluminación

	Iluminación	Área	Potencia (W)	Potencia total (W)	Gasto (kW/día)	Gasto (kW/mes)
20	Lámparas fluorescentes T8	Área de faenamiento	32	640	2,56	51,2
4	Foco reflector led	Corral de animales y área de faenamiento	200	800	3,2	64
6	Reflector led de alto rendimiento	Perímetro del establecimiento	300	1800	21,6	432
	Total					547,2

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

4.3.4 Análisis económico de las alternativas de PML

La Tabla 10-4 muestra un resumen de las opciones de mejora en relación de los residuos sólidos generados y la disminución de recursos. Estas opciones de PML evidencia los ahorros anuales a partir de su implementación o a su vez el tiempo de recuperación.

Tabla 10-4. Resumen de las opciones de PML, con los consiguientes ahorros.

Indicador de mejora	Opción PML	Costos estimados de inversión (USD)	Unidad de medida	Cantidad	Ahorro anual/Ganancia Valor (USD)	Período de recuperación (año)
Electricidad	Minimizar el número de iluminarias (día y noche) en los procesos de faenamiento y establecimiento	0	kWh	7543,68	603,49	Inmediato
Gestión de residuos	Digestión anaeróbica	116630,25	kg	86892	37051,00	6,03
Gestión de residuos	Harina de sangre	4825,00	kg	27144	3194,00	1,8

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

El análisis económico de las alternativas de PML se consideró con los residuos del faenamiento promedio de 6240 animales al año, con esta información se realizó el análisis de la viabilidad económica de las estrategias planteadas. La Tabla 11-4 muestra la comparación de los ingresos actual del establecimiento y a razón de la aplicación de PML.

Tabla 11-4. Comparación de indicadores de egresos e ingresos anuales del proceso productivo.

Indicador	Sin PML Monto, USD	Con PML Monto, USD
Consumo de agua	2592	2419.2
Consumo energía eléctrica	4427	4470
GLP	576	576
Total Egresos	7595	58226.19
Total Ingresos	6240	84731.44
Ganancias	-1355	26505.25
Relación B/C	0,82	1.46

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

En cuanto a los egresos, sobresale el gasto de energía eléctrica con producción más limpia, sin embargo, son gastos que se cubrirá con los ingresos de la producción de harina de sangre. En el caso del GLP, se mantienen iguales en ambas comparaciones. Las principales diferencias son en los ingresos, producto de la valorización de los residuos mediante digestión anaeróbica y de la producción de harina de sangre. En resumen, las ganancias serán de 26505,25 USD, para el escenario con PML, lo que permite resarcir las pérdidas actuales (1355 USD). Esto también se ve reflejado en el análisis de la relación costo/beneficio, donde la incorporación de las PML, incrementa a 1,46, mientras que en el proceso actual el valor es inferior a la unidad (0,82 sin PML).

4.3.5 Análisis ambiental de alternativas de PML

En cuanto a la viabilidad ambiental del proceso y las opciones de PML, la tabla 12-4, muestra la comparación de algunos indicadores ambiental y productivos en base anual. Como se puede apreciar las opciones PML permitirán reducir significativamente los residuos sólidos (86.6%), las emisiones de CO_2 (92.6%) y las aguas residuales (100%). Esto está asociado a que las estrategias planteadas se enfocan principalmente a reducir o valorizar las fracciones orgánicas (sólidas y líquidas) que son de los principales problemáticas ambientales de estas instalaciones (Quishpe-López, Lliguicota-Guarquila,

Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana, 2020). A la vez las emisiones de CO_2 también disminuirán puesto que están relacionadas en una gran medida con los residuos generados en el camal municipal. Esto coincide con los criterios expuestos por el Banco Mundial, sobre la implementación de opciones de PML de bajo costo, que pueden reducir la generación de emisiones de CO_2 hasta un 70% (Bank, 1999).

Tabla 12-4. Indicadores anuales ambientales y productivos (situación actual e implementación de estrategias de PML)

Indicador	Unidad	SIN PML	CON PML	% de reducción
Agua	m^3	3600	3360	6,66
GLP	kg	5040	5040	0.00
Electricidad	kWh	55340,88	54684,9	1,18
Residuos sólidos	kg	121960,8	17534.4	86,63
Emisiones de CO_2	kg	504086,04	37430,76	92,6
Aguas residuales	m^3	3600	-	100
Digestato/fertilizante orgánico	kg	-	4500	-

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

En otros casos de estudio Carvajal-Padilla, Ambuludi-Paredes, Chele-Yumbo, Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana (2021) y Molina-Cedeño *et al.* (2020) se ha demostrado que la reducción de las cantidades de residuos que se vierten o llevan a rellenos sanitarios tienen una huella ambiental en los productos finales, por lo que la significativa reducción por las opciones de PML en ese sentido contribuirán a disminuir las emisiones.

CONCLUSIONES

- Los principales problemas identificados en el diagnóstico realizado en el Camal Frigorífico Municipal la Joya de los Sachas, es la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos (sangre, estiércol, contenido ruminal) y la descarga de aguas residuales. Para determinar este análisis fue sustentado por entrevistas y visitas de campo en el sector de producción, además de verificar que no existe una valorización de dichos residuos de manera que permita disminuir la contaminación ambiental y económica.

- La implementación de dos alternativas de producción más limpia y programas de buenas prácticas operativas en la planta de faenamiento (sistema de digestión anaerobia para la producción de digestato y electricidad y un sistema de elaboración de harina de sangre) con el fin de mejorar la productividad y que sus ingresos sean amigables con el ambiente.

- El estudio económico del proyecto señala que la implementación de la producción de harina de sangre y la digestión anaeróbica son factibles, pues reporta un VAN positivo de 2845 USD y 37073 respectivamente lo cual garantiza que las inversiones sean recuperadas. Además, la relación beneficio/costo con producción más limpia presenta un valor de 1,46, mientras que sin producción más limpia es de 0,82. Por lo tanto, se concluye que la implementación de PML es favorable.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que el Municipio de la Joya de los Sachas implemente las acciones de mejora expuestas en el presente estudio con el fin de reducir y aprovechar las cantidades orgánicas y efluentes diarios generados dentro de la planta para precautelar la sanidad del curso de agua cercano “Río 15” y salud de los pobladores aledaños.

- Se recomienda realizar programas de capacitaciones a los operarios de la planta de faenamiento para optimizar el uso de energía y agua principalmente en horarios de producción y después de ello con el fin de optimizar y ahorrar los recursos.

- La implementación de PML en el centro de faenamiento permite realzar los estándares de calidad llevados hasta la actualidad. Además de prevenir, eliminar y mitigar los impactos ambientales negativos para la obtención de una producción que contribuya con la conservación ambiental.

REFERENCIAS

Adou, K. E., Alle, O. A., Kouakou, A. R., Adouby, K., Drogui, P., & Tyagi, R. D. (2020). Anaerobic mono-digestion of wastewater from the main slaughterhouse in Yamoussoukro (Côte d'Ivoire): Evaluation of biogas potential and removal of organic pollution. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 8*(3), 103770. doi:https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103770

Alvarez, F. (2010). *Las aguas residuales provenientes del faenamiento en el camal municipal Salcedo y su incidencia en la contaminacion del rio Cutuchi.* (Tesis de grado previo a la obtencion del titulo de magister en produccion más limpia, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1774/1/MSc.%206.pdf.

APHA, & AWWA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21 th ed.). Washington D.C: American Public Health Association.

Ayodele, T. R., Ogunjuyigbe, A. S. O., & Alao, M. A. (2017). Life cycle assessment of waste-to-energy (WtE) technologies for electricity generation using municipal solid waste in Nigeria. *Applied Energy, 201*, 200-218. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.097

Ayodele, T. R., Ogunjuyigbe, A. S. O., & Alao, M. A. (2018). Economic and environmental assessment of electricity generation using biogas from organic fraction of municipal solid waste for the city of Ibadan, Nigeria. *Journal of Cleaner Production, 203*, 718-735. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.282

Bank, W. (1999). *Pollution prevention and abatement handbook 1998: Toward Cleaner Production*. Washington, D.C., U.S.A: The World Bank Group.

Becerra, P. (2010). *Mejora en el programa de producción más limpia en el Camal de Cuenca.* (Opción al grado de Ingeniero Industrial, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador). Recuperado de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/802/1/tn192.pdf.

Bello-Bugallo, P., Cristóbal-Andrade, L., Agrelo de la Torre, M., & Torres-López, R. (2013). Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW Spain). *Science of The Total Environment, 481*, 656-661. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.11.079

Bouallagui, H., Rachdi, B., Gannoun, H., & Hamdi, M. (2008). Mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion of abattoir wastewater and fruit and vegetable waste in anaerobic sequencing batch reactors. *Biodegradation, 20*(3), 401. doi:10.1007/s10532-008-9231-1

Briceño, K., & Castillo, X. (2009). *Diagnóstico ambiental y plan de manejo para el camal municipal de Zapotillo.* (Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador). Recuperado de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5047/1/DIAGN%C3%93STICO%20AMBIENTAL%20Y%20PLAN%20DE%20MANEJO.pdf.

Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2016). Treatment of an actual slaughterhouse wastewater by integration of biological and advanced oxidation processes: Modeling, optimization, and cost-effectiveness analysis. *Journal of Environmental Management, 182*, 651-666. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.044

Caiza, D., Chimbo, A., Sarduy-Pereira, L., Pisco, W., & Diéguez-Santana, K. (2018). Propuesta de producción más limpia en el proceso de elaboración de abonos orgánicos con desechos del camal, realizado en el relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*.

Cárdenas, E. V., Maldonado, J. M., Valdez, R. A., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2019). La producción más limpia en el sector porcino. Una experiencia desde la Amazonia Ecuatoriana. *Anales Científicos, 80*(1), 76-91. doi:http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i1.1288

Carvajal-Padilla, V. P., Ambuludi-Paredes, R. R., Chele-Yumbo, E. A., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2021). Alternativas de producción más limpias para la destilería “Puro Puyo”, Pastaza, Ecuador. *Revista I+D Tecnológico, 17*(1), 1-9.

Carvalho-Filho, J., Vieira-Nunhes, T., & Oliveira, O. (2019). Guidelines for cleaner production implementation and managementin the plastic footwear industry. *Journal of Cleaner Production, 232*, 822-838,. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.343

CEER. (2019). *Guía de producción más limpia*: Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos y Producción Más limpia CEER

Chuya, C. (2018). *Optimización del proceso de faenamiento para mejorar el tratamiento del agua residual del camal municipal del cantón Sígsig.* (Trabajo de titulación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Químico, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador). Recuperado de http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30403.

Cornejo, P. K., Santana, M. V. E., Hokanson, D. R., Mihelcic, J. R., & Zhang, Q. (2014). Carbon footprint of water reuse and desalination: a review of greenhouse gas emissions and estimation tools. *Journal of Water Reuse and Desalination, 4*(4), 238-252. doi:10.2166/wrd.2014.058

CPLN-PROARCA. (2019). *Manual de buenas prácticas operativa de producción más limpia para la industria de mataderos*. El Salvador.Recuperado de http://cidoc.marn.gob.sv/documentos/manual-de-buenas-practicas-operativa-de-produccion-mas-limpia-para-la-industria-de-mataderos/

Cudjoe, D., Han, M. S., & Nandiwardhana, A. P. (2020). Electricity generation using biogas from organic fraction of municipal solid waste generated in provinces of China: Techno-economic and environmental impact analysis. *Fuel Processing Technology, 203*, 106381. doi:https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2020.106381

Diéguez-Santana, K., Casas-Ledón, Y., Loureiro Salabarria, J. A., Pérez-Martínez, A., & Arteaga-Pérez, L. E. (2020). A life cycle assessment of bread production: A Cuban case study. *Journal of Environmental Accounting and Management, 8*(2), 125-137. doi:10.5890/JEAM.2020.06.002

Diéguez-Santana, K., Sarduy-Pereira, L. B., Casas-Ledón, Y., & Arteaga-Pérez, L. E. (2021). Cleaner production implementation in a cacao paste production plant. *Journal of Environmental Accounting and Management, 9*(2). doi:10.5890/JEAM.2021.06.006

Diéguez Santana, K., Pérez-Martínez, A., & Chicaiza, C. (2021). *Evaluación tecno-económica y ambiental de la producción de bioenergía y fertilizantes mediante digestión anaeróbica de los residuos de matadero. Caso de estudio, Puyo, Ecuador*.

Ley de Mataderos Nº 502 - C, Registro Oficial Nº 221. § Registro Oficial Nº 221 (1964). Recuperado de http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/leyes/lm.pdf

Filho, J. C., Nunhes, T. V., & Oliveira, O. J. (2019). Guidelines for cleaner production implementation and management in the plastic footwear industry. *Journal of Cleaner Production, 232*, 822-838. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.343

Gil Unday, C. Z., Pérez Fariña, H. M., López Bastida, C. E., & Bravo Amarante, E. (2018). Procedimiento de producción más limpia en el matadero Obdulio Morales en la provincia Sancti Spiritus, Cuba. *Universidad y Sociedad, 10*(5), 190-199.

González-Días, Y., Gomez-Real, P., & Matos-LLorente, A. (2018). Diagnóstico ambiental preliminar y oportunidades de prevención de la contaminación en la Empresa de Productos Cárnicos de Holguín. Cuba. *Tecnología Química, 38*(1), 182-194.

Gracia Rojas, J. P., Acevedo Pabon, P. A., Cepeda, J. L., & López, L. (2018). Application of Cleaner Production for Environmental Management in Mezcauchos SAS. *Chemical Engineering Transactions, 67*, 427-432. doi:https://doi.org/10.3303/CET1867072

Guerrero, G. (2010). *Diseño de ingeniería básica de una planta para la elaboración de sangre deshidratada para alimentos balanceados.* (Tesis Agroindustrial (IAGRO), Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador). Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1665/6/CD-2724.pdf.

Hernández, J., & Fabián, H. (2011). *Uso de diferentes porcentajes de harina de sangre bovina, como complemento en la ración alimenticia de la codorniz japonesa (Coturnix coturnix Japónica) durante la fase de engorde.* (Requisito para optar al título de Ingeniero agrónomo, Universidad de El Salvador, San Vicente, El Salvador). Recuperado de file:///C:/Users/PC/Downloads/70100875.pdf.

IPCC. (2006). Stationary Combustion. In D. Gómez, J. Watterson, B. Americanohia, C. Ha, G. Marland, E. Matsika, L. N. Namayanga, B. Osman-Elasha, J. K. Saka, & K. Treanton (Eds.), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.

IRENA. (2012). *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series of Biomass for Power Generation,* . Bonn. Germany.Recuperado de https://www.irena.org/publications/2012/Jun/Renewable-Energy-Cost-Analysis---Biomass-for-Power-Generation

Kavitha, S., Saji Pray, S., Yogalakshmi, K. N., Adish Kumar, S., Yeom, I.-T., & Rajesh banu, J. (2016). Effect of chemo-mechanical disintegration on sludge anaerobic digestion for enhanced biogas production. *Environmental Science and Pollution Research, 23*(3), 2402-2414. doi:10.1007/s11356-015-5461-z

Keller, J., & Hartley, K. (2003). Greenhouse gas production in wastewater treatment: process selection is the major factor. *Water Science and Technology, 47*(12), 43-48. doi:10.2166/wst.2003.0626

Li, Y., Han, Y., Zhang, Y., Luo, W., & Li, G. (2020). Anaerobic digestion of different agricultural wastes: A techno-economic assessment. *Bioresource Technology, 315*, 123836. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123836

Massanet-Nicolau, J., Dinsdale, R., Guwy, A., & Shipley, G. (2015). Utilising biohydrogen to increase methane production, energy yields and process efficiency via two stage anaerobic digestion of grass. *Bioresource Technology, 189*, 379-383. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.116

Meegoda, J. N., Li, B., Patel, K., & Wang, L. B. (2018). A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion. *International journal of environmental research and public health, 15*(10), 2224. doi:10.3390/ijerph15102224

Molina-Cedeño, C., Pillco-Herrera, B., Salazar-Muñoz, E., Coronel-Espinoza, B., Sarduy-Pereira, L., & Diéguez-Santana, K. (2020). Producción más limpia como estrategia ambiental preventiva en el proceso de elaboración de pasta de cacao. Un caso en la Amazonia Ecuatoriana. *Industrial Data, 23*(2), 59-72. doi:https://doi.org/10.15381/idata.v23i2.17640

Murphy, J. D., & McKeogh, E. (2004). Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste. *Renewable Energy, 29*(7), 1043-1057. doi:10.1016/j.renene.2003.12.002

Narváez, R. P. (2015). Factor de emisión de CO_2 debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001-2014. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 7*(2), C80-C85.

Pagés-Díaz, J., Pereda-Reyes, I., Sanz, J. L., Lundin, M., Taherzadeh, M. J., & Horváth, I. S. (2018). A comparison of process performance during the anaerobic mono- and co-digestion of slaughterhouse waste through different operational modes. *Journal of Environmental Sciences, 64*, 149-156. doi:https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.06.004

Palomino, P. (2012). *Implementacion de un modelo de producción más limpia (PML) en dos fincas piloto del valle de Aburrá del municipio de Bello – Antioquia.* (Opción al Grado

de Médica Veterinaria, Universidad CES, Medellín, Colombia). Recuperado de https://repository.ces.edu.co/bitstream/10946/1106/2/Implementaci%C3%B3n_modelo_produccion.pdf.

Perez Garcia, A. (2014). *Techno-economic feasibility study of a small-scale biogas plant for treating market waste in the city of El Alto.* (Master of Science, KTH School of Industrial Engineering and Management, Stockholm, Sweden).

Quishpe-López, J. D., Lliguicota-Guarquila, J. P., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2020). La producción más limpia, como estrategia de valorización (ecoeficiencia) del centro de faenamiento, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Revista Científica de la UCSA, 7*(3), 59-71. doi:http://dx.doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.059

Rahim, R., & Raman, A. A. (2015). Cleaner production implementation in a fruit juice production plant. *Journal of Cleaner Production, 101*, 215-221. doi:10.1016/j.jclepro.2015.03.065

Ramos-Ramos, T. P., Guevara-Llerena, D. J., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2020). Producción más limpia y ecoeficiencia en el procesado del cacao: Un caso de estudio en Ecuador. *Investigación & Desarrollo, 20*(1), 135-146. doi:10.23881/idupbo.020.1-10i

Ruiz-Sanchez, P. (2018). *Impacto en la salud pública y el ambiente que producen las actividades de sacrificio de animales para consumo humano en el Camal Municipal de la ciudad de Moyobamba.* (Opcion al título profesional de Ingeniero Sanitario, Universidad Nacional de San Martín Mayobamba, Perú). Recuperado de http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3134/SANITARIA%20-%20Paolo%20Ruiz%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Schievano, A., Tenca, A., Lonati, S., Manzini, E., & Adani, F. (2014). Can two-stage instead of one-stage anaerobic digestion really increase energy recovery from biomass? *Applied Energy, 124*, 335-342. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.024

Schollenberger, H., Treitz, M., & Geldermann, J. (2008). Adapting the European approach of Best Available Techniques: case studies from Chile and China. *Journal of Cleaner Production, 16*(17), 1856-1864. doi:10.1016/j.jclepro.2008.02.007

Siddiki, S. Y. A., Uddin, M. N., Mofijur, M., Fattah, I. M. R., Ong, H. C., Lam, S. S., . . . Ahmed, S. F. (2021). Theoretical calculation of biogas production and greenhouse

gas emission reduction potential of livestock, poultry and slaughterhouse waste in Bangladesh. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 9*(3), 105204. doi:https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105204

Sinsuw, A. A. E., Wuisang, C. E., & Chu, C.-Y. (2021). Assessment of environmental and social impacts on rural community by two-stage biogas production pilot plant from slaughterhouse wastewater. *Journal of Water Process Engineering, 40*, 101796. doi:https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101796

Solé-Bundó, M., Cucina, M., Folch, M., Tàpias, J., Gigliotti, G., Garfí, M., & Ferrer, I. (2017). Assessing the agricultural reuse of the digestate from microalgae anaerobic digestion and co-digestion with sewage sludge. *Science of The Total Environment, 586*, 1-9. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.006

Soto-Cabrera, A. I., Panimboza-Ojeda, A. P., Ilibay-Granda, C. G., Valverde-Lara, C. R., & Diéguez-Santana, K. (2020). Impacto ambiental de la operación del Centro de faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. *Prospectiva, 18*(1), 60-68. doi:10.15665/rp.v18i1.2101

Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., & Shaeiwitz, J. A. (2009). *Analysis, synthesis and design of chemical processes* (3rd ed.). Upper Saddle River, N. J.: Pearson Education.

Varnero, M. (2011). *Manual de Biogás*. Santiago de Chile.Recuperado de http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/342734/

Vélez, V. (2015). *Manejo De Residuos Generados En El Camal Municipal De Milagro, Aprovechamiento Y Alternativas De Gestión Ambiental.* (Maestría en Administración Ambiental, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/26580.

Vidal, J., Carvajal, A., Huiliñir, C., & Salazar, R. (2019). Slaughterhouse wastewater treatment by a combined anaerobic digestion/solar photoelectro-Fenton process performed in semicontinuous operation. *Chemical Engineering Journal, 378*, 122097. doi:https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122097

Wang, S., Jena, U., & Das, K. C. (2018). Biomethane production potential of slaughterhouse waste in the United States. *Energy Conversion and Management, 173*, 143-157. doi:https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.07.059

APÉNDICE A. Tabla de Composición química y microbiológica de los residuos y aguas residuales.

Parámetro	Estiércol bovino	Contenido Ruminal	Estiércol, porcino	Agua residual
ST, g/kg	262	140	238	4.157
SV, g/kg	242	100.8	234	2.87
DQO, g/kg ST	54.5	23.5	12.14	6.84
Nitrógeno total, % ST	1.75	1.78	8.1	1.56
Fósforo total, % ST	1.01	1.25	1.6	0.59
Potasio, % ST	1.85	1.92	0.8	0.05
pH	8.9	6.8	7.9	7.7
Coliformes	$1*10^8$/ml	$1*10^7$/ml	$1*10^8$/ml	$3.4*10^8$/ml
E. coli	$1*10^8$/ml	$1*10^4$/ml	-	-

Fuente: (Diéguez Santana, Pérez-Martínez, y Chicaiza, 2021)
Realizado por: Ramirez, C., Torres, M

APÉNDICE B. Resumen de la estimación detallada de costos para la implementación del digestor anaeróbico.

Descripción	Cantidad	Precio total (USD)
Tanque de mezclado	5 m^3	3000
Tornillo sin fin/bomba	1	3000
Digestor anaeróbico primario	15 m3	4500
Digestor anaeróbico	370 m3	10000
Depósito de biogás	1	5000
Quemador de biogás	1	1800
Presurizador de biogás	1	7800
Torre de desulfurización de biogás	1	3000
Decantador circular	15 m^3	8000
Generador eléctrico	1	9800
Total		55900

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

APÉNDICE C. Resultados detallados del cálculo del Costo Capital total inversión.

Rubro	Monto, USD
Costo del equipamiento (CE)	55900.000
Instrumentación y controles (instalados) (5% CE)	2795.000
Tubería (instalada) (5% CE)	2795.000
Instalaciones eléctricas (instaladas)	2795.000
Movimiento de tierras (5% CE)	2795.000
Servicios auxiliares (5% CE)	2795.000
Costes directos totales (CDT)	64285.000
Costos Indirectos	
Ingeniería y supervisión (20% CDT)	12857.000
Gastos de construcción (20% CDT)	12857.000
Costos Indirectos totales (CIT)	25714.000
Inversión en capital fijo (ICF)	89999.000
Capital de trabajo	5931.475
Gastos de arranque	7199.92
Inversión de capital total (ICT)	103130.395
Honorarios del contratista	4499.950
Contingencia	8999.900
Costo Capital total inversión (CCTI)	116630.245

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

APÉNDICE D. Resultados detallados de los indicadores y valores de la estimación del costo de producción anual de la opción 1.

Rubro	Costo, $/año
Materias primas	0.00
Mano de obra, salarios, IESS	15600.00
Supervisión operación	2340.00
Servicios	0.00
Tratamiento de residuos	0.00
Mantenimiento y reparaciones	5399.94
Suministros de la operación	809.99
Gastos de laboratorio	2340.00
Licencia de utilización de tecnología	531.80
Impuestos	1799.980
Seguros	899.990
Gastos generales de la planta	14003.964
Gastos de Administración	4667.988
Distribución y venta	2659.010
Investigación y desarrollo	2127.208
Coste total del producto	53180.190

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

APÉNDICE E. Costes de equipos y materiales requeridos para la fabricación de harina de sangre.

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Molino martillo	1	700	700
Cosedora de sacos	1	125	125
Materiales			
Balanza digital 150 kg	1	120	120
Bandejas galvanizadas	8	35	280
Cuchillo tipo vampiro	2	120	240
Canecas galvanizadas	2	30	60
Tanques de plástico 200L	2	25	50
Tamiz	1	35	35
Total			785

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

APÉNDICE F. Resumen detallado de los costos de inversión inicial.

Descripción	Monto USD
Equipos	825,00
Materiales	785,00
Instalación eléctrica	165,00
Construcción de la sala de secado (4x5m)	3000,00
Honorarios del trabajo	50,00
Total	4825,00

Fuente: Realizado por**:** Ramirez, C., Torres, M

APÉNDICE G. Resumen de caracterización de las aguas residuales**.**

A1: Informe de ensayo N°14 499. Agua Descarga Camal Frigorífico Municipal Sacha, muestra compuesta Jornada de Faenamiento.

Empresa:	GADMC JOYA DE LOS SACHAS			
Solicitado por:	Ing. Luis Lino	Dirección:	Sacha	
Toma de muestra:	Técnico Alqab SM 1060	Fecha y Hora:	16/09/2020	9:10
Identificación de la muestra:	Agua Descarga Camal Frigorífico Municipal Sacha, muestra compuesta Jornada de Faenamiento. Locación Camal Joya de Los Sachas.			

laboratorio:	16/09/2020	10:55
Fecha Final de Análisis:	23/09/2020	

Condiciones Ambientales	T max:	32°C
	T min:	32°C

Coordenadas UTM 18M	X:295703
	Y:9967491
Temperatura Agua:	26.6°C

PARÁMETROS, MÉTODO/REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros/análisis Solicitado	Método de referencia normalizado/ITE-AQLAB	Límite máximo permisible	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K=2)
*Aceites y Grasas	EPA 418,1664/13	30,0	mg/L	4,7	~
*Arsénico	SM3030 B,3114C/32	0,1	mg/L	<0,002	~
Bario	SM3030 B,3111D/34	2,0	mg/L	<0,70	± 28%
Cadmio	SM3030 B,3111B/33	0,02	mg/L	<0,05	± 20%
*Cianuros total	HACH 8027/ 24	0,1	mg/L	<0,01	~
Cloro residual	SM 4500 Cl G/ 06	0,5	mg/L	<0,20	± 24%
Cloruros	SM 4500-Cl- B/10	1000	mg/L	143,68	± 7%
Conductividad eléctrica	SM 2510 B/ 02	**	uS/cm	756	± 4%
*Cobre	SM 3030 B, 3111 B/ 33	1,0	mg/L	<0,22	± 17%
Coliformes fecales	SM 9222 D /29	2000	col/100ml	3,4x10^2	±10%
*Color real	HACH 8025 /23		LJ Pt-Co	187	~
*Cromo hexavalente	SM 5220 D, 3500-Cr/ 37	0,5	mg/L	<0,05	±17%
*Demanda Bioquímica de Oxigeno	SM 5210 D/ 08	100	mg/L	2500	~
Tensoactivos	HACH 8028 /18	0,5	mg/L	2,13	±28%
*Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D /07	200	mg/L	6840	~
Fenoles	DIN 38409- H16-1/14	0,2	mg/L	<0,05	±17%
*Fluoruros	SM 4500 F-D/25	5,0	mg/L	<0,20	~
*Fosfato	HACH 8048 /51	**	mg/L	5,98	~
*Fosforo total	HACH 8048/51	10,0	mg/L	1,95	~
Hidrocarburos torales	EPA 1664, 418,1B/13	20,0	mg/L	<1,2	±31%
Hierro total	SM 3030 B, 3111 B/ 33	10,0	mg/L	7,71	±24%

Manganeso total	SM 3030 B, 3111 B/ 33	2,0	mg/L	0,47	±12%
*Mercurio total	SM 3030 B, 3112B/42	0,005	mg/L	<0,005	~
Níquel	SM 3030 B, 3111 B/33	2,0	mg/L	<0,10	±31%
*Nitrógeno amoniacal	HACH 8038/12	30,0	mg/L	14,62	~
*Nitrógeno Total	EPA 351.2 /64	50,0	mg/L	20,63	~
*Nitratos (NO_3)	HACH 8039/17	**	mg/L	26,80	~
Nitritos (NO_2)	SM 4500-NO2 B/16	**	mg/L	<0,039	±19%
Plomo	SM 3030 B, B/33	0,2	mg/L	<0,20	±32%
Potencial hidrogeno	SM 4500-H+ B/01	6,0-9,0	~	7,78	±0,05
*Selenio	SM 3030B, 3114 C/46	0,1	mg/L	<0,002	~
Sólidos totales	SM 2540 B/03	1600	mg/L	4 157,22	±10%
*Sólidos totales suspendidos	SM 2540 D, HACH 8006/05	130	mg/L	1 230,00	~
*Solidos sedimentables	SM 2540F/05	**	mg/L	17,0	~
Sulfatos	EPA 9038/11	1000	mg/L	<20,00	±8%
*Sulfuro	HACH 8131/26	0,5	mg/L	<0,01	~
Zinc	SM 3030 B, 3111 B/33	5,0	mg/L	0,38	~