



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN
AMBIENTAL EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO PARA CARNES Y SUS
DERIVADOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

AUTORES

Segundo Javier Feligra Torres

Abdel Josue Lima Tamay

TUTOR: Ing. Ivan Eduardo Suarez Escobar, PhD

Guayaquil-Ecuador
2025

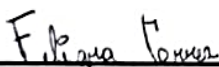
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Segundo Javier Feligra Torres** con documento de identificación N° 0958306078 y **Abdel Josue Lima Tamay** con documento de identificación N° 0954152047; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 10 de enero del año 2025

Atentamente,



Segundo Javier Feligra Torres
0958306078



Abdel Josue Lima Tamay
0954152047

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Segundo Javier Feligra Torres** con documento de identificación No. 0958306078 y **Abdel Josue Lima Tamay** con documento de identificación No. 0954152047, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: **"Implementación de una guía metodológica para las prácticas de gestión ambiental en una industria de procesamiento para carnes y sus derivados"**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniería Industrial**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de enero del año 2025

Atentamente,



Segundo Javier Feligra Torres
0958306078



Abdel Josue Lima Tamay
0954152047

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Ivan Eduardo Suarez Escobar** con documento de identificación N° 0909748287, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO PARA CARNES Y SUS DERIVADOS"**, realizado por **Segundo Javier Feligra Torres** con documento de identificación N°0958306078 y por **Abdel Josue Lima Tamay** con documento de identificación N° 0954152047, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Ivan Eduardo Suarez Escobar PhD.
0909748287

Implementación de una guía metodológica para las prácticas de gestión ambiental en una industria de procesamiento para carnes y sus derivados.

Segundo Javier Feligra Torres y Abdel Josue Lima Tamay
sfeligra@est.ups.edu.ec, alima@est.ups.edu.ec
Universidad Politécnica Salesiana

Resumen - Este artículo académico presenta una guía metodológica orientada a la gestión ambiental en el sector cárnico, con el fin de fomentar la sostenibilidad a través de prácticas fundamentadas en los principios de la ingeniería industrial. La investigación aborda los desafíos relacionados con el impacto ambiental generado por la generación de residuos, consumo de energía y uso del agua, elementos clave para este sector. Mediante un enfoque estructurado, se desarrollaron herramientas y metodologías que abarcan sobre indicadores de rendimiento (KPIs) para evaluar la eficiencia en el uso de recursos, identificar áreas en donde existan opción de mejora y evaluar el resultado de las prácticas implementadas.

El modelo se enriquece con un análisis teórico que adapta técnicas de Lean Manufacturing para promover la sostenibilidad ambiental. Además, se propone un sistema de monitoreo continuo integrado dentro de un plan de Gestión Ambiental fundamentado en la ISO 14001, lo que garantiza una mejora continua a largo plazo y facilita la adopción de prácticas responsables. Este trabajo ofrece un enfoque integral y replicable, brindando a los ingenieros ambientales e industriales un marco para diseñar estrategias sostenibles en plantas de procesamiento cárnico, optimizando recursos y reduciendo los efectos adversos sobre el medio ambiente.

Índice de Términos -Gestión ambiental, sostenibilidad, industria cárnica, ingeniería industrial, ISO 14001, Lean Manufacturing, mejora continua, monitoreo ambiental.

Abstract *This academic article presents a methodological guide oriented to environmental management in the meat sector, in order to promote sustainability through practices based on industrial engineering principles. The research addresses the challenges related to the environmental impact generated by waste generation, energy consumption and water use, key elements for this sector. Using a structured approach, tools and methodologies were developed that cover performance indicators (KPIs) to evaluate efficiency in the use of resources, identify areas where there is room for improvement and evaluate the results of the practices implemented.*

The model is enriched with a theoretical analysis that adapts Lean Manufacturing techniques to promote environmental sustainability. In addition, a continuous monitoring system integrated into an environmental management plan based on ISO 14001 is proposed, which guarantees long-term continuous improvement and facilitates the adoption of responsible practices. This work offers a comprehensive and replicable approach, providing environmental and industrial engineers with a framework for designing sustainable strategies in meat processing plants, optimizing resources and reducing adverse effects on the environment.

Keywords— *Environmental management, sustainability, meat industry, industrial engineering, ISO 14001, Lean Manufacturing, continuous improvement, environmental monitoring.*

Tabla de Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA POLITÉCNICA SALESIANA.....	UNIVERSIDAD III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
RESUMEN/ABSTRACT.	V
I. INTRODUCCION	1
A. Objetivo general.....	1
B. Objetivos específicos	1
II. METODOLOGIA	1
1. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	1
2. Adaptación de Lean Manufacturing para la Industria Cárnica	1
3. Ciclo de Deming (PDCA) Aplicado a la Sostenibilidad.....	2
4. Monitoreo y mejora continua: evaluación del rendimiento y ajustes estratégicos según ISO 14001	3
III INTERPRETACION DE RESULTADOS	3
KPI de Reutilización de Agua en Procesos Secundarios	4
KPI de disminución para los gases de efecto invernadero.	5
KPI de Reducción de Residuos Orgánicos.....	6
KPI de Eficiencia Energética Verde	6
Adaptación de Lean Manufacturing para la Industria Cárnica	7
Implementación del Monitoreo Continuo de la Contaminación Acústica en un plan de Gestión Ambiental, basado en los estándares de la Norma ISO 14001	8
Implementación del Monitoreo Continuo para aguas residuales en un plan de Gestión Ambiental, basado en los estándares de la Norma ISO 14001	9
IV CONCLUSION	10
V REFERENCIAS	10

I. INTRODUCCION

La industria de procesamiento de carnes y sus derivados enfrenta desafíos ambientales significativos, incluyendo un elevado consumo de energía y agua, así como la producción de residuos sólidos y líquidos que contribuyen al cambio climático y a la contaminación de recursos naturales. Para reducir estos impactos, es crucial implementar estrategias de gestión ambiental que promuevan la sostenibilidad y la eficiencia operativa.

Este artículo propone una guía metodológica para implementar prácticas de una correcta gestión en el ambiente para el sector cárnico, alineada con estándares internacionales como la ISO 14001, que requiere que las empresas desarrollen un plan de gestión ambiental con objetivos y metas específicas claras. Además, se incorporan técnicas de mejora continua, conocidas por su capacidad para reducir los residuos y racionalizar los procedimientos.

El objetivo principal es presentar un enfoque integral que facilite la reducción de impactos ambientales y mejore la eficiencia en plantas procesadoras de carne. La metodología propuesta incluye el mapeo de procesos, el monitoreo continuo y la aplicación de técnicas específicas para disminuir el uso de recursos y la producción de desechos. Por ejemplo, la implementación de sistemas de gestión ambiental puede conducir a una disminución en el uso de agua y la producción de efluentes, lo que lleva a ahorros significativos en su tratamiento.

La integración de prácticas de Lean Manufacturing y sostenibilidad ha demostrado beneficios como la disminución de costos, incremento de productividad y mejora de la calidad. Por lo tanto, adaptar estas herramientas al contexto de la industria cárnica puede ser una estrategia efectiva para alcanzar los objetivos ambientales y operativos propuestos.

A. Objetivo general

- Implementar una guía metodológica para las prácticas de gestión ambiental en una industria de procesamiento para carnes y sus derivados.

B. Objetivos específicos

- Diseñar indicadores para el desempeño ambiental (KPIs) aplicables a la industria cárnica, basados en buenas prácticas y estándares reconocidos.
- Proponer metodologías de Lean Manufacturing que puedan ser adaptadas para mejorar la sostenibilidad ambiental en la industria cárnica.
- Establecer un modelo teórico de control y monitoreo continuo que describe cómo podrían utilizarse las técnicas de mejora continua y las estadísticas para garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria cárnica.

II. METODOLOGIA

Para llevar a cabo este proceso se empleó la investigación de campo, que incluyó la verificación de artículos y bibliografía de expertos locales. Para ofrecer un punto de vista sobre la situación actual de la producción y el consumo de carne, se realizó un análisis y una síntesis a partir del material recopilado en revistas, artículos científicos y otras investigaciones académicas.

La sostenibilidad en la industria cárnica ha ganado relevancia creciente, dado el impacto ambiental significativo que esta industria puede tener. Para abordar estos desafíos, es fundamental establecer indicadores de desempeño que permitan evaluar y mejorar la sostenibilidad de las operaciones. Esta metodología se basa en la

identificación, adaptación y propuesta de nuevos KPIs, así como en la adopción de prácticas de gestión que promuevan la eficiencia y la reducción del impacto ambiental. A continuación, se presentan los principales componentes de esta metodología:

1. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Una medida utilizada por una organización para evaluar su éxito en el logro de objetivos específicos. En el contexto de la sostenibilidad, los KPI permiten a las empresas medir sus impactos ambientales y sociales y promover la adopción de decisiones fundamentadas. Los KPI para el sector cárnico pueden incluir la eficiencia energética, el uso del agua y el impacto del carbono. Elegir los KPI correctos es importante porque debe elegir KPI que sean específicos, medibles, alcanzables, relevantes y urgentes (SMART). Investigaciones recientes destacan la importancia de integrar los KPI de sostenibilidad en las estrategias comerciales para fomentar la responsabilidad social y la transparencia (Epstein & Buhovac, 2019).

2. Adaptación de Lean Manufacturing para la Industria Cárnica

Desde hace diez años, el enfoque Lean se aplica eficazmente en el sector alimentario. Pero no mucha gente conoce esta estrategia, sobre todo en las pequeñas y medianas empresas. Para implantar la fabricación ajustada son necesarias una cooperación eficaz, una comunicación abierta y una dedicación completa por parte de los directivos, los supervisores y el personal. Con el uso de herramientas analíticas, operativas y de supervisión que apoyen un proceso de mejora continua, el objetivo es crear una nueva cultura de mejora que haga hincapié en el trabajo en equipo y la comunicación. Además, es esencial aplicar los principios de "just intime" que utilizan cálculos precisos para llevar a cabo las actividades de forma flexible, ágil y económica.

• Lead Time

Es la cantidad de tiempo que una empresa dedica a fabricar un producto desde el pedido hasta su finalización. La capacidad de adaptarse a diferentes circunstancias y contextos aumenta cuando disminuye este periodo estándar.

$$\text{Lead Time} = \text{LT de abastecimiento} + \text{LT de fabricación} + \text{LT de transporte}$$

• Tak Time

Se refiere al ritmo de trabajo necesario para cumplir con la demanda del cliente dentro de un periodo determinado. Este indicador asegura que la producción se alinee con la demanda, evitando tanto la sobreproducción como la falta de productos (Mecalux Esmena, 2021).

$$\text{tiempo real} = t_{\text{disponible}} - t_{\text{Almuerzo}} - \text{Break}$$

$$\text{Demanda diaria} = \frac{\text{Demanda cliente}}{\text{Días laborales pro mes}}$$

$$\text{Tak time} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Demanda diaria}}$$

2.1 Principios LEAN MANUFACTURING

Se fundamenta en cinco principios esenciales que buscan optimizar los procesos productivos y maximizar el valor para el cliente:

- Realizar únicamente "lo que es esencial, en el momento adecuado y en la cantidad precisa". Lo esencial: Solo lo que requiere el cliente. El momento adecuado: Justo cuando lo

solicita el cliente. Cantidad precisa: Ni más ni menos que lo solicitado.

- **La calidad es crucial en todo proceso.**

Si existe la posibilidad de producir artículos defectuosos, el operario puede detener el proceso empleando sistemas poka-yoke, que detienen la fabricación de piezas defectuosas. (Víctor, Ibarra-Balderas, Laura, & Ballesteros-Medina, 2017)

- **Duración total del proceso- mínimo.**

Es el periodo de tiempo que transcurre entre la recepción de un pedido y la entrega de la mercancía al consumidor; debe ser lo más rápido posible para evitar acopios innecesarios y tiempos de espera (Víctor, Ibarra-Balderas, Laura, & Ballesteros-Medina, 2017).

- **Maximizar el uso tanto la maquinaria como la mano de obra.** La distribución equitativa de tareas entre los empleados y la estandarización de las mejores prácticas para lograr la máxima eficiencia son necesarias para el uso eficiente de la mano de obra, libre de excesos o usos indebidos.

- **Mejora Continua (KAIZEN).**

Hay una retroalimentación constante para el desarrollo continuo, por lo que el proceso nunca termina. (Víctor, Ibarra-Balderas, Laura, & Ballesteros-Medina, 2017).

Figura 1. Los 5 principios de la manufactura esbelta



Fuente: Elaboración propia

2.2 DESPERDICIOS

Es todo aquel desaprovechamiento de los recursos y del talento humano. Utilizar los recursos necesarios conduce a la reducción de las mudas o desperdicios sin importar si son caros o escasos. Ohno identificó siete tipos de desperdicios a los que posteriormente Womack y Jones agregaron uno más para tener los ocho desperdicios básicos. (Coronado, Escobedo, Barrón, & Ortega, 2016). Las mudas existentes se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1: Desperdicios

Desperdicio	Descripción
Sobrepoducción	Ocurre cuando se fabrica mas cantidad o antes de lo solicitado
Exceso de inventario	Se refiere al almacenamiento innecesario de materias primas, productos en proceso o terminados
Tiempo de inactividad	Representan los periodos en donde las personas o materiales permanecen inactivos durante el ciclo de producción.
Transporte innecesario	Involucra el movimiento no esencial de materiales entre etapas del proceso de fabricación.

Movimiento Improductivos	Son los desplazamientos innecesarios de trabajadores o materiales dentro de una estación de trabajo, los cuales reducen la eficiencia operativa
Sobrepoducción	Este desperdicio se presenta cuando se aplican más recursos, tiempo o pasos de los necesarios para cumplir con los requisitos del cliente.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Herramientas LEAN MANUFACTURING

Una gran cantidad de técnicas, diferentes entre sí, las cuales se han logrado implementar con éxito en empresas de diferentes sectores y tamaños, dichas herramientas tienen características como: claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier empresa/ producto/sector. Al ser herramientas sencillas y sentido común, se puede sugerir su “cumplimiento obligatorio” en todo tipo de empresa para poder competir. (Matias & Vizán Idoipe, 2013).

Tabla 2. Herramientas LEAN MANUFACTURING

Herramienta	Descripción	Objetivo Principal
5s	Sistema organizativo originario de Japón enfocado en optimizar espacios de trabajo y estandarizar procedimientos para incrementar la productividad y flexibilidad operativa.	Elevar la productividad y efectividad, fortaleciendo la adaptabilidad de la organización ante nuevos desafíos.
Poka-yoke	Mecanismo de prevención de fallos diseñado para minimizar errores humanos durante la fabricación, conocido comúnmente como "a prueba de errores".	Impedir equivocaciones en el ensamblado o colocación de componentes durante la producción.
Celdas de manufactura	Agrupación de equipos y operarios que colaboran de manera sincronizada para la producción masiva de artículos.	Facilitar la manufactura a gran escala mediante una planificación y ejecución coordinada.
Kaizen	Enfoque de optimización constante que involucra análisis sistemáticos para identificar y mejorar puntos críticos en los procesos.	Promover mejoras progresivas en los sistemas productivos a través del trabajo colaborativo entre áreas diversas.
Andon	Sistema de señalización visual que muestra en tiempo real el funcionamiento de la línea de producción.	Brindar información clara y oportuna para agilizar la respuesta ante incidencias y la planificación.
SMED	Técnica de manufactura esbelta orientada a minimizar los tiempos de Proceso.	Optimizar la eficiencia en cambios de configuración y reducir la ocurrencia de fallos o interrupciones.

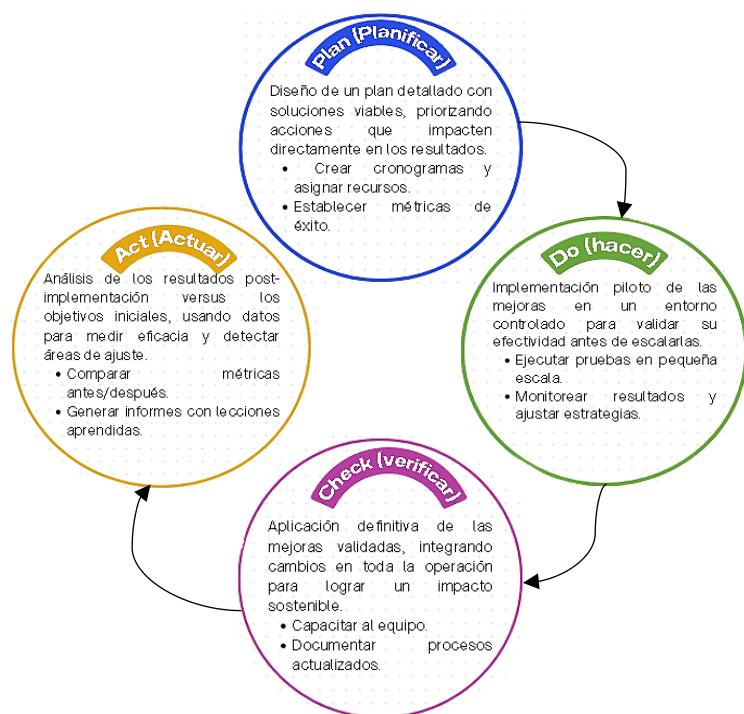
Fuente: Elaboración propia

3. Ciclo de Deming (PDCA) Aplicado a la Sostenibilidad

Se constituye una metodología esencial dentro del enfoque de manufactura esbelta. Este concepto fue concebido aproximadamente en los años 30 y, según diversos especialistas, se atribuye al estadístico estadounidense Walter Shewhart como su creador inicial. No obstante, fue William Edward Deming quien promovió ampliamente esta metodología, motivo por el cual también es reconocida actualmente como el ciclo de Deming. Aunque en sus inicios su aplicación se enfocó principalmente como un instrumento

para la supervisión y garantía de la calidad de los productos. En la actualidad, esta metodología se emplea de manera extensiva en diversos procesos organizacionales. En particular, en los últimos años, ha destacado como una herramienta altamente efectiva para fomentar la mejora continua. Además, su implementación está respaldada por estándares internacionales. Las etapas fundamentales del ciclo PDCA se demuestran en el siguiente diagrama:

Figura 2. Diagrama de las etapas del PDCA



Fuente: Elaboración propia

El ciclo de Deming es un método estructurado que puede ser aplicada a la sostenibilidad dentro de la industria cárnica. Este enfoque permite a las organizaciones establecer metas de sostenibilidad, ejecutar las acciones correspondientes, evaluar los resultados y realizar las modificaciones necesarias. En la fase de planificación, se definen objetivos ambientales concretos, mientras que la implementación se enfoca en llevar a cabo las acciones determinadas. La verificación implica la recolección de datos para evaluar el rendimiento, y la fase de acción busca ajustar las prácticas en función de los resultados obtenidos. Investigaciones recientes indican que la adopción del ciclo PDCA puede generar mejoras sustanciales tanto en el desempeño ambiental como en la cultura organizacional.

4. Monitoreo y mejora continua: evaluación del rendimiento y ajustes estratégicos según ISO 14001

La adopción de la norma ISO 14001 requiere una dedicación persistente al progreso. Para tener un impacto ambiental positivo, este método se centra en el seguimiento y la evaluación del comportamiento ambiental de la organización, así como en la introducción de cambios tácticos.

Elementos clave

El monitoreo y la medición son componentes fundamentales en la implementación de ISO 14001. Es crucial definir indicadores de

rendimiento ambiental que permitan medir el progreso de la organización respecto a los metas ambientales establecidos.

Una vez definidos estos indicadores, es necesario recopilar información periódica para analizar avances. Este proceso incluye mediciones, análisis y evaluaciones periódicas con el fin de detectar áreas de mejora y posibles oportunidades de optimización. Según la norma ISO 14001, estos datos deben ser documentados y estar disponibles para su revisión.

Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño ambiental involucra la evaluación de los resultados conseguidos. Se debe de comparar los datos recopilados con los objetivos y metas establecidos, para determinar si se están alcanzando los compromisos ambientales. En caso de detectar desviaciones importantes, se deben determinar sus causas subyacentes y aplicar las acciones correctivas necesarias.

La mejora continua es un principio central de la norma ISO 14001. Después de evaluar el desempeño ambiental e identificar áreas de mejora, se debe elaborar un plan de acción para implementar las mejoras necesarias. Esto implica fijar objetivos y metas alcanzables, asignar responsabilidades claras y definir los recursos requeridos para ejecutar las acciones de mejora.

Es fundamental reconocer que la mejora continua no se limita a resolver problemas, sino también a identificar oportunidades para optimizar el desempeño ambiental. Esto implica mantenerse al tanto de las últimas tecnologías y prácticas sostenibles, considerando su aplicación en la organización. Además, es esencial promover una cultura de mejora continua que involucre a todos los niveles de la organización en la detección y ejecución de mejoras.

III INTERPRETACION DE RESULTADOS

En Ecuador, los productos derivados de la carne representan un pilar esencial de la dieta, con un incremento significativo en el consumo de embutidos en los últimos años. La provincia de Chimborazo se encuentra entre las ocho regiones con mayor demanda de productos cárnicos, destacándose por contar con una población de 228,500 cabezas de ganado destinadas a la producción de carne de res (INEC, 2018).

Durante el período comprendido entre 2014 y 2019, el ganado vacuno constituyó el 66% de la producción ganadera nacional. En contraste, las especies porcinas y ovinas contribuyeron con el 21% y el 7%, respectivamente, mientras que el porcentaje restante se atribuyó a otras especies como caballos, asnos, mulas y cabras (INEC, 2019).

Tabla 3: Numero de cabeza de ganado

Años	Vacuno	Porcino	Ovino	Asnal	Caballar	Mular	Caprino
2014	4,579,374	1,910,319	619,366	84,785	283,714	98,259	20,793
2015	4,115,213	1,637,662	506,696	59,070	223,352	88,123	27,102
2016	4,127,311	1,141,244	478,486	49,960	219,134	79,287	36,379
2017	4,190,611	1,115,473	390,120	49,727	209,990	80,111	39,583
2018	4,056,796	1,283,338	355,897	47,035	192,833	73,681	21,745
2019	4,306,244	1,162,685	464,644	61,155	196,886	83,008	28,391

Fuente: Sánchez y Delgado, 2021. A partir de datos del (MAG, 2018)

En términos porcentuales, la repartición se muestra en la figura 1

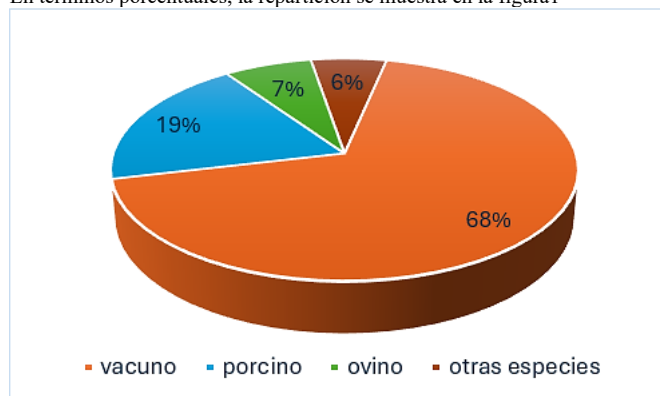
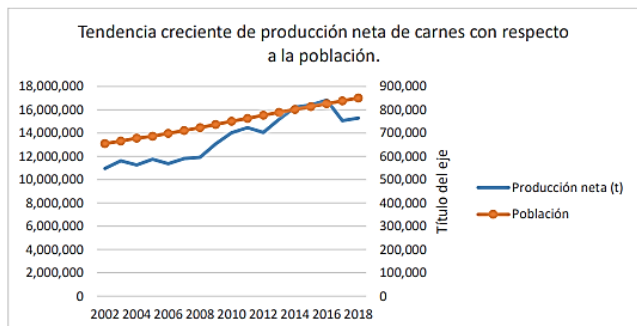


Figura 3. Participación de especies de ganado Ecuador 2019. **Fuente:** Sánchez y Delgado, 2021. A partir de datos del (MAG, 2018)

Aproximadamente la mitad del ganado bovino para carne se concentra en la zona litoral, particularmente en las provincias de Manabí, Azuay y Guayas. Por otro lado, la mayor proporción del ganado dedicado a la producción láctea se ubica en la región andina, representando más del 75% del total. Durante el año 2019, se registró una baja en las importaciones de ganado vivo en relación a periodos previos, siendo Estados Unidos, Perú y Brasil los principales países de origen. En el año 2018, Manabí se posicionó como la principal productora de ganado, con un 19% del total a nivel nacional, seguida por Chimborazo (6%), El Oro (6%), Cotopaxi (7%), Guayas (7%) y Azuay (8%).

Adicionalmente, la generación neta de carne de pollo, porcino y vacuno ha manifestado un moderado crecimiento, registrando en el año 2018 una producción neta de 763.984 toneladas, lo cual se atribuye, en parte, a la expansión demográfica del país. La expansión poblacional a escala mundial, aunada al incremento del consumo per cápita de fuentes proteicas animales en las economías emergentes o en desarrollo, constituyen un desafío de gran envergadura para la totalidad de la cadena de valor de los alimentos.

Figura 4: Aumento progresivo en la producción neta de carnes en relación con el crecimiento poblacional.



Fuente: Sánchez y Delgado, 2021. A partir de datos del (MAG, 2018)

El contexto descrito evidencia un aumento en la demanda de productos cárnicos, lo cual implica una exigencia para las empresas del sector procesador, entre las que se encuentran Pronaca, Agropesa y Foodpacking, de ampliar sus capacidades de producción e implementar tecnologías de mayor eficiencia y sostenibilidad.

Una mayor exigencia en los procesos industriales de faenado, despiece, conservación y distribución es una consecuencia directa del aumento en la producción de carne, que a su vez está relacionada con el crecimiento poblacional, como se observa en la

figura 3. Este incremento en el volumen de producción genera importantes retos para la sostenibilidad ambiental, particularmente en la gestión de recursos como agua, energía y residuos.

Para abordar estas necesidades y promover la sostenibilidad, es fundamental aplicar indicadores clave de desempeño (KPI) enfocados en optimizar los procesos industriales y mitigar el impacto ambiental. Los KPI propuestos son:

KPI de Reutilización de Agua en Procesos Secundarios

La expansión de la actividad productiva conlleva la necesidad de un elevado volumen de agua para la limpieza de equipos e instalaciones de procesamiento. En este contexto, este KPI cuantificará el porcentaje de agua que será tratada, se destina a procesos secundarios, lo cual redundará en una reducción del consumo hídrico total y en una menor sujeción a fuentes naturales de abastecimiento.

En los mataderos, las aguas residuales provienen de distintas etapas:

1. **Recepción y estabulación:** Limpieza de áreas que arrastra desechos como heces, orina y pelos.
2. **Sacrificio:** Lavado previo y desangrado, con pequeñas pérdidas de sangre que llegan al agua residual.
3. **Procesos específicos según el animal:**
 - **Porcino:** Escaldado (eliminación de impurezas), chamuscado (eliminación de pelos) y lavado posterior.
 - **Vacuno:** Desollado (extracción de piel, patas y cuernos).
4. **Procesos comunes:** Acondicionamiento (obtención de subproductos como vísceras), enfriamiento, despiece y almacenamiento en cámaras frigoríficas.

La práctica totalidad de los procesos productivos, en adición a las labores de higienización de las dependencias, dan como resultado la producción de efluentes líquidos. El volumen final generado es sustancial, calculándose en aproximadamente 5 litros de agua por kilogramo de peso del animal vivo. En el ámbito avícola, el consumo hídrico es mayor, situándose entre 5 y 10 litros de agua por kilogramo de animal vivo (Sergio Tuset).

Este KPI mide la capacidad de una planta de procesamiento de carnes para reciclar y reutilizar el agua en aplicaciones donde no es necesario un alto grado de pureza, como en la limpieza de equipos o procesos secundarios.

Acciones de mejora para la reutilización de agua y sus resultados esperados

- **Implementación de sistemas de reciclaje para reutilizar agua en procesos secundario.** El agua utilizada en la limpieza de equipos y áreas es recolectada y tratada mediante procesos de filtración y desinfección básica (por ejemplo, con sistemas de decantación, filtros de arena y cloración).
- **En virtud de lo anterior,** se estima un impacto que posibilita la reutilización de al menos el 50% del agua destinada a labores de limpieza en aplicaciones que no exigen agua potable, como el lavado de superficies o equipos no críticos. En plantas que utilizan aproximadamente 100,000 litros de agua al día para limpieza, el reciclaje podría recuperar entre 40,000 y 50,000 litros diarios, disminuyendo el consumo total en un 20%-25%.

- **Instalación de dispositivos que disminuyan el flujo de agua.**

Incorporación de dispositivos como boquillas de bajo flujo en mangueras, sistemas de rociado de alta presión, y controladores automáticos para detener el flujo de agua cuando no está en uso.

La implementación de sistemas de pulverización a alta presión facilita la realización de tareas de limpieza con una mayor eficiencia en el uso del agua. En términos comparativos, un sistema tradicional puede consumir hasta 50 litros de agua por minuto, mientras que un sistema de alta presión reduce este consumo a menos de 15 litros por minuto, representando una disminución del 30%-40% por cada actividad de limpieza.

Si la limpieza de equipos representa el 30% del consumo total de agua, esta acción podría reducir el consumo total en otro 10%-15%. También al instalar dispositivos que disminuyan el flujo de agua en procesos como el lavado de carnes o en los sistemas de enfriamiento.

- **Seguimiento en vivo del consumo de agua:** Uso de sensores, medidores y programas de monitoreo como EyeOnWater, 4ONE y MHS1 para evaluar el consumo de agua de manera constante, detectar filtraciones. Con esto se debe de ajustar procesos en consecuencia. Las fugas o un uso innecesario de agua suelen representar entre el 5%-10% del consumo total en una planta. Con el monitoreo y corrección inmediata, se puede eliminar este desperdicio.

KPI de disminución para los gases de efecto invernadero.

Para el tratado de aguas residuales, no solo se relaciona con el desperdicio de agua, sino también con el manejo de residuos orgánicos que estas transportan, tales como sangre, grasas, restos de tejidos y desechos sólidos. Por esta razón, es importante implementar el manejo de aguas residuales con la disminución de residuos orgánicos, creando un sistema eficiente que permita aprovechar ambos flujos de desechos, también es habitual que el agua empleada en las tareas de limpieza, refrigeración y tratamiento de desechos se acumule en ciertas áreas si no se gestiona adecuadamente. La acumulación prolongada de agua residual en estanques, lagunas o fosas puede crear condiciones anaeróbicas, donde la descomposición de materia orgánica por microorganismos genera gases como CH_4 y H_2S , causante de olores despreciable para él colaborador.

Medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero

- Mejorar la infraestructura de drenaje para evitar el agua estancada residual en la planta y reducir las condiciones que generan emisiones de gases malolientes.
- Implementación de sistemas de tratamiento de agua para purificar el agua antes de su liberación o reutilización es una acción clave para minimizar el impacto medioambiental provocado por las aguas residuales de la industria cárnica. La correcta gestión y procesamiento de aguas residuales no solo asegura el cumplimiento de las normativas ambientales, sino que también contribuye a la sostenibilidad del proceso y la reducción de la contaminación las cual proponemos cuatro tipos de sistema.
 1. **Tratamiento Físicoquímico:** Se emplean métodos como la coagulación-floculación, sedimentación y filtración para eliminar sólidos suspendidos y contaminantes disueltos en el agua. Estos procesos son efectivos para tratar aguas con altas concentraciones de partículas o aceites y grasas.
 2. **Tratamiento Biológico:** Utiliza microorganismos para descomponer sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales. El tratamiento biológico puede ser aeróbico (requiere oxígeno) o anaeróbico (no requiere oxígeno). Este tipo de tratamiento es muy eficiente para reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y otros compuestos orgánicos.

3. **Filtración Avanzada:** Tecnologías como la ósmosis inversa, ultrafiltración y la filtración por membranas permiten eliminar contaminantes finos, mejorando la calidad del agua tratada.

4. **Desinfección:** Una etapa final de desinfección, mediante el uso de productos como el cloro, la radiación ultravioleta (UV) o el ozono, garantiza que el agua esté libre de microorganismos y patógenos, es necesaria una desinfección eficaz antes de verterla al medio ambiente o reutilizarla dentro del establecimiento, Además de garantizar que el agua procesada es segura y cumple la normativa sanitaria, este procedimiento es crucial para detener la propagación de enfermedades. Por ejemplo, la aplicación de ozono en estaciones depuradoras ha demostrado en la eliminación de gérmenes y contaminantes de las aguas residuales (asensio, 2024). La combinación de estas técnicas garantiza el tratamiento completo de las aguas residuales en las industrias procesadora de carne, la eliminación eficaz de los contaminantes y la obtención de agua de calidad adecuada para su reutilización o vertido. Al diseñar y modificar el sistema de tratamiento deben tenerse en cuenta las características únicas de los efluentes producidos y las leyes que deben cumplirse.

- Instalación de sistemas de monitoreo para controlar y medir las emisiones de gases nocivos es una acción crucial para garantizar que la emanación industrial se mantenga dentro del margen ambiental predispuesta. Existen diferentes tipos de monitoreo que permiten medir de manera precisa los gases generados en procesos industriales, como el monitoreo extractivo e in-situ.
 1. **Monitoreo Extractivo:** Este tipo de sistema extrae una muestra de la corriente de gas, la transporta hasta el analizador y la mide. Aunque requiere acondicionamiento de la muestra para garantizar mediciones precisas, es adecuado para monitorear gases como dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros contaminantes.
 2. **Monitoreo In-Situ:** Las mediciones se realizan justo en la corriente de gas, sin extraer una muestra. Este tipo de sistema es menos costoso y más fácil de operar en algunos casos.

El monitoreo continuo permite medir gases como el metano (CH_4) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S), que se generan cuando las aguas residuales no son gestionadas adecuadamente, creando condiciones anaeróbicas que favorecen la descomposición orgánica. Estos gases son contribuyentes significativos al cambio climático. Mediante la instalación de un sistema de monitoreo adecuado.

Los resultados del monitoreo permiten tomar decisiones informadas y oportunas para mitigar las emisiones, como realizar ajustes operativos en tiempo real. Además, el sistema de monitoreo facilita el cumplimiento normativo, ya que se generan informes detallados que pueden ser auditados por las autoridades ambientales. La implementación de estos sistemas asegura que las emisiones se mantengan dentro de los valores límite permitidos, evitando sanciones y promoviendo la sostenibilidad operativa.

Resultados esperados

- Disminución de la acumulación de efluentes líquidos en la planta, eliminando zonas de descomposición anaeróbica que generan gases de efecto invernadero como el sulfuro de hidrógeno (H_2S). Esto llevará a una disminución en la emisión de gases malolientes y una mejora en las condiciones sanitarias del entorno.

- Purificación efectiva del agua utilizada en los procesos de la planta, lo que evitará la liberación de aguas contaminadas con residuos orgánicos y reducirá la formación de gases nocivos. Este sistema contribuirá a la sostenibilidad al permitir la reutilización del agua tratada y minimizar el impacto ambiental del proceso de desecho.
- Monitoreo constante de las emisiones de gases como CH₄ y H₂S, garantizando que mantengan dentro de los parámetros implementados por las normativas ambientales. Esto permitirá detectar cualquier exceso de emisión a tiempo, tomando acciones correctivas para evitar la liberación de emisiones de gases de efecto invernadero que influyen en el cambio climático y la salud pública.

KPI de Reducción de Residuos Orgánicos

Este indicador evalúa cuantos residuos orgánicos se producen por cada tonelada de carne producida, haciendo hincapié en lo bien que la fábrica minimiza, utiliza o recicla estos residuos. En Ecuador, la industria cárnica ha experimentado un crecimiento en la producción, lo que ha incrementado la generación de residuos orgánicos, como restos de carne, huesos, grasa y vísceras. En este contexto, la implementación de un KPI que cuantifique la reducción de estos residuos es clave para renovar la efectividad y sostenibilidad del proceso productivo.

$$\text{Reduccion de residuos organicos (\%)} = \frac{(\text{Residuos generados} - \text{Residuos reutilizados})}{\text{Residuos generados}}$$

¿Cómo interpretar esta fórmula?

1. **Residuos Generados:** Es la cantidad total de residuos orgánicos producidos por la planta. Este valor representa la cantidad total de desechos que la planta está generando durante un período específico.
2. **Residuos Reutilizados/Reciclados:** Este es el valor de los residuos que han sido procesados de alguna manera para ser reutilizados o reciclados. Esto puede incluir convertirlos en biogás, harina de carne y hueso, abono orgánico, entre otros productos.
3. **Resultado del Cálculo:** El resultado de la fórmula muestra el porcentaje de residuos que han sido gestionados de manera eficiente (reutilizados o reciclados). Este porcentaje es crucial porque indica qué tan bien se están manejando los residuos dentro de la planta.

¿Cómo se concluye que puedo reducir los residuos orgánicos?

Si la fórmula da un porcentaje alto (por ejemplo, 40%), significa que la planta está tomando medidas efectivas para reducir, reutilizar y reciclar los residuos orgánicos. Sin embargo, si el porcentaje fuera bajo (por ejemplo, 10%), eso indicaría que la planta no está aprovechando adecuadamente sus residuos y podría mejorar sus prácticas.

En este caso, con un resultado del 40%, se puede concluir que la planta tiene un sistema razonablemente efectivo de manejo de residuos, pero aún hay margen para mejorar. La planta podría tomar medidas adicionales para reducir aún más los residuos generados y aumentar el porcentaje de reciclaje y reutilización. Esto podría lograrse mediante la mejora de los procedimientos, la implantación de tecnología punta y la formación del colaborador en prácticas sostenibles.

En resumen, un resultado de disminución de residuos orgánicos (en porcentaje) proporciona una medición clara de cuán eficiente está siendo la planta en el manejo de los desechos, y con este

dato, se pueden tomar decisiones informadas sobre las acciones de mejora necesarias para optimizar aún más la gestión de residuos

Esto lo podemos aplicar en el manejo de desechos como restos de carne, hueso y grasa, promoviendo su conversión en subproductos como harina de carne y hueso o biogás.

Supongamos que en una planta cárnica los datos son los siguientes:

Residuos Generados: 1,000 kg de restos de carne, huesos y grasa.

Residuos Reutilizados/Reciclados: 100 kg convertidos en harina de carne y hueso y biogás.

Se utiliza la fórmula para determinar el porcentaje de disminución de los residuos orgánicos:

$$\text{Reduccion de residuos organicos (\%)} = \frac{(1000 - 100)}{1000} * 100 = 90\%$$

En este caso, el porcentaje de residuos reutilizados o reciclados es solo 10% (no 90%, porque solo se han reutilizado 100 kg de 1,000 kg generados). Esto indica que 90% de los residuos generados no están siendo aprovechados eficientemente, lo que señala una gestión ineficaz.

Acciones de Mejora para la Reducción de Residuos Orgánicos

1. Optimización de Procesos:

Acción: Implementar nuevas tecnologías de reciclaje y procesamiento de residuos, como el uso de digestores anaeróbicos para la producción de biogás.

Resultado Esperado: Aumentar el porcentaje de residuos reutilizados o reciclados, pasando de un 10% a un 40% o más en un corto período de tiempo. Esto contribuye a la reducción de residuos enviados a vertederos y mejora la eficiencia operativa.

2. Mejoras en la Capacitación del Personal:

Acción: Formar al personal en métodos de separación y clasificación de residuos desde la fase de producción para asegurar que los residuos orgánicos sean dirigidos correctamente hacia los procesos de reutilización o reciclaje.

Resultado Esperado: Mejora del manejo de residuos, lo que resultará en un aumento en el porcentaje de reciclaje, reduciendo el volumen de desechos no aprovechados.

3. Incorporación de Socios Externos para el Aprovechamiento de Subproductos:

Acción: Establecer acuerdos con empresas especializadas en la reutilización de residuos orgánicos, como aquellas que producen compost o alimentos para animales a partir de los restos cárnicos.

Resultado Esperado: Incrementar la cantidad de residuos reciclados, logrando aumentar la tasa de reutilización por encima del 20% en el primer año de implementación.

4. Monitoreo y Reporte Continuo:

Acción: Implementar un sistema de monitoreo continuo para realizar un seguimiento constante el volumen de desechos generado y su destino (si son reciclados, reutilizados o eliminados).

Resultado Esperado: Contar con información precisa con el fin de medir la efectividad de las estrategias aplicadas y realizar ajustes en tiempo real, lo que puede llevar a mejorar la reducción de residuos de forma continua.

KPI de Eficiencia Energética Verde

Mide la cantidad de energía renovable utilizada como porcentaje del consumo total de energía en la producción de carne. Este KPI fomenta la adopción de energías más limpias y sostenibles.

$$\text{Reduccion de residuos organicos (\%)} = \frac{(\text{Energía renovable (Kwh)})}{\text{Energía total consumida (kWh)}} * 100$$

Para las plantas que cambian a fuentes de energía renovables, como la solar o la eólica, este indicador es muy pertinente.

Ejemplo de calculo

- Energía Renovable Utilizada: 2000 kWh de energía solar.
- Energía Total Consumida: 8000 kWh.

$$\text{Reduccion de residuos organicos (\%)} = \frac{(2000 \text{ Kwh})}{8000 (\text{kWh})} * 100 = 25\%$$

Según este análisis, el 25% de la energía de la planta procede de fuentes renovables, lo que fomenta la sostenibilidad operativa.

Acciones de mejora eficiencia energética verde

- La instalación de paneles solares puede realizarse en techos de plantas industriales, áreas abiertas dentro de las instalaciones o en terrenos cercanos. Estos paneles aprovechan la radiación solar para generar electricidad, la cual puede ser utilizada directamente para operaciones como el procesamiento, la refrigeración o la iluminación. La energía eólica puede ser considerada en regiones con buena disponibilidad de viento. Mediante turbinas eólicas, se puede generar energía limpia y renovable para abastecer parte de la demanda energética de las operaciones.
- Adoptar estrategias de eficiencia energéticas para disminuir el consumo de energía. Con auditorías identificando los procesos que consumen más energía (como el faenado, despique, refrigeración o transporte) y priorizar mejoras. También sustituir equipos antiguos por otros con mayor eficiencia energética, como sistemas de refrigeración eficientes o motores eléctricos con certificación energética

Resultados esperados del KPI de eficiencia energética verde

- ✓ **Ahorro energético:** Se estima que el uso de paneles solares puede cubrir entre el 15% y el 40% de las necesidades energéticas, dependiendo de la escala del sistema y la radiación solar disponible. A
- ✓ **Menor dependencia:** Proviene de fuentes no renovables, favorece la estabilidad de costos a largo plazo y reduce la exposición a fluctuaciones en el precio de la energía convencional, por ejemplo, Si una planta consume 8,000 kWh mensuales y el 30% es cubierto por paneles solares, estaría ahorrando alrededor de 2,400 kWh mensuales de energía no renovable y reduciendo proporcionalmente sus emisiones.
- ✓ **Reducción del consumo total:** Una planta que adopte estas medidas puede reducir su consumo energético entre un 10% y un 25%.
- ✓ **Mejora en costos operativos:** Reducir el consumo de energía implica recortar directamente los gastos de operación. Por ejemplo, si la planta gasta \$10,000 mensuales en electricidad, podría ahorrar entre \$1,000 y \$2,500 mensuales.
- ✓ **Extensión de la durabilidad de los equipos.** La optimización del uso de energía y el reemplazo de equipos ineficientes disminuyen el desgaste y los costos de mantenimiento.

Tabla 4: Nuevos KPIs propuesto para la industria cárnica

Indicador	Descripción	Unidad de Medida	Objetivo
Eficiencia del Uso de Agua	Cantidad de agua utilizada por tonelada de carne producida	m ³ /tonelada	Minimizar el uso de agua por unidad de producción.
Reducción de Residuos Orgánicos	Porcentaje de residuos orgánicos reutilizados o reciclados	%	Maximizar la reutilización y reciclaje de residuos.
Eficiencia Energética Verde	Porcentaje de energía renovable utilizada	%	Aumentar el uso de energía renovable.

Fuente: Elaboración propia a partir de los KPI propuesto en este artículo

Adaptación de Lean Manufacturing para la Industria Cárnica

La implementación de la metodología de Lean en el sector cárnico implica identificar y minimizar los siete tipos de desperdicio (muda) que originalmente plantea esta filosofía, pero con un enfoque adicional en la sostenibilidad ambiental. Este enfoque no solo busca optimizar los procesos productivos, sino también reducir el impacto ambiental generado a lo largo de la cadena de valor de la industria. Esta misma se vuelve especialmente relevante en un sector que enfrenta desafíos relacionados con el desperdicio de recursos y el manejo inadecuado de residuos.

Tabla 5: Identificación de desperdicios adaptados a la industria cárnica

Defectos	Productos defectuosos que deben ser reprocesados o desechados incrementando la generación de residuos.
Sobre procesamiento	Procesos que no agregan valor, pero consumen recursos como agua, energía, y materiales.
Movimiento	Movimientos innecesarios de trabajadores y maquinaria que consumen energía adicional.
Sobreproducción	Producción excesiva de productos cárnicos que no se venden, generando desperdicios y recursos mal utilizados.
Tiempo de Espera	Tiempo en el que los equipos están inactivos o los productos están en espera, lo que puede aumentar el consumo de energía innecesaria.
Transporte	Movimientos innecesarios de productos, materias primas o desechos que incrementan el consumo de combustibles y emisiones de CO ₂ .
Inventario Excesivo	Almacenamiento excesivo de productos que pueden llevar a desperdicios si los productos perecen.

Fuente: Elaboración propia

En el contexto de esta investigación y análisis para el sector de transformación de carne y sus derivados, se ha determinado que la herramienta 5S es la más idónea para implementar. Por las características y desafíos específicos de este tipo de industria, como la adherencia a rigurosas normativas de higiene, la necesidad de flujos

de trabajo eficientes, la revelación de conservar un ambiente limpio y seguro para evitar la contaminación.

¿Por qué 5S sería ideal?

1. **Orden y Limpieza (Seiri y Seiso):**
 - En una planta de procesamiento de carne, es crucial eliminar herramientas o materiales innecesarios que puedan obstruir el flujo de trabajo o representar riesgos para la seguridad e higiene.
 - La limpieza regular no solo reduce la posibilidad de contaminación cruzada, sino que también garantiza el cumplimiento de normas como el análisis de peligros y puntos de control crítico.
2. **Estándar Visual (Seiton):**
 - Organizar estaciones de trabajo con señales visuales, como colores o marcas, garantiza que todo esté en su lugar, lo que mejora la eficiencia y evita errores operativos.
3. **Normas de Seguridad:**
 - Un área de trabajo limpio y organizado ayuda a prevenir accidentes laborales, especialmente en operaciones como el despiece y el envasado, donde se utilizan cuchillas y maquinaria pesada.
4. **Impacto Ambiental:**
 - Al reducir el desperdicio y organizar mejor los recursos, se minimizan residuos orgánicos y se optimiza el uso de agua y energía.

El enfoque práctico de esta herramienta es su capacidad para mejorar el flujo de trabajo y su influencia directa en la calidad del producto final y en las condiciones de trabajo, todos ellos componentes esenciales en esta industria.

Este procedimiento consta de los siguientes pasos: **Ordenar, Clasificar, Estandarizar, limpiar y Mantener la disciplina**, se detalla cómo esta metodología puede aplicarse en la tabla 6.

Tabla 6: Implementación 5S ambientada para la Industria Cárnica

Etapas	Descripción	Resultados Esperados
Clasificar (Seiri)	Eliminar elementos innecesarios en el área de producción, como herramientas en desuso, para reducir riesgos de contaminación y mejorar la eficiencia.	Mayor eficiencia operativa y reducción de fuentes de contaminación.
Ordenar (Seiton)	Organizar sistemáticamente herramientas y materiales, asignando un lugar específico para cada uno.	Facilita el acceso a herramientas y materiales, mejorando la productividad.
Limpiar (Seiso)	Enfoque en la limpieza constante de áreas de trabajo y equipos para cumplir con normativas de seguridad alimentaria.	Cumplimiento de estándares higiénicos y reducción del riesgo de contaminación cruzada.
Estandarizar (Seiketsu)	Creación de normas y protocolos para procesos de limpieza, clasificación y organización, incluyendo capacitación del personal.	Consistencia en los procesos, reducción de errores humanos y aumento de la vida útil de equipos.

Fuente: Elaboración propia

Implementación del Monitoreo Continuo de la Contaminación Acústica en un plan de Gestión Ambiental, basado en los estándares de la Norma ISO 14001

La operación de equipos industriales como mezcladoras, líneas de empaquetado, compresores y sistemas de refrigeración genera niveles de ruido que superan los límites establecidos por normativas ambientales y de salud ocupacional. Esto no solo afecta a los trabajadores, sino también a las comunidades cercanas a las instalaciones industriales.

Relación Directa entre el Monitoreo Continuo y el estandarizado.

- **Cláusula 6.1.2 (Factores mediambientales):** Identifica el ruido como un aspecto ambiental significativo que debe ser monitoreado y gestionado.
- **Cláusula 9.1.1 (Supervisión, medición, análisis y evaluación):** Exige la medición continua de parámetros relacionados con la contaminación acústica.
- **Cláusula 10.2 (Mejora Continua):** Promueve la implementación de acciones correctivas basadas en datos de monitoreo.

Implementación de monitoreo continuo

Sistema de Monitoreo acústico en la cadena de suministro

El sistema de monitoreo acústico consiste en establecer una infraestructura tecnológica y operativa que permita medir, registrar y analizar la cantidad de ruido en tiempo real dentro del sistema de procesamiento cárnico. A continuación, se detallan los pasos específicos de implementación:

1. Selección e instalación de sonómetros:

Identificar las áreas más críticas de generación de ruido, como:

- **Líneas de producción:** Equipos como sierras automáticas, trituradoras, y empacadoras generan altos niveles de ruido.
- **Sistemas de refrigeración:** Compresores y condensadores son fuentes constantes de contaminación acústica.

Adquirir sonómetros con capacidad para medir en tiempo real y registrar datos automáticamente. Los equipos deben cumplir con la normativa IEC 61672-1 para garantizar precisión.

Colocar los sonómetros en puntos estratégicos, como cerca de las máquinas más ruidosas y en las paredes perimetrales para monitorear el impacto hacia el exterior.

2. Establecimiento de límites y alarmas:

- Configurar el sistema para que emita alertas sonoras o visuales cuando los niveles de ruido superen los 85 decibeles la cual es el límite estandarizado por la OMS.
- Definir protocolos de respuesta para cuando se activen las alarmas, como reducción inmediata de la operación o ajuste del equipo.

3. Registro y análisis de datos:

- Conectar los sonómetros a un software de gestión de datos para monitorear tendencias y generar reportes automáticos.
- Establecer intervalos regulares de análisis, por ejemplo, cada semana o mes, para identificar patrones y fuentes persistentes de ruido.
- Utilizar los datos recopilados para priorizar las áreas de intervención y medir el impacto de las mejoras implementadas.

Resultados Esperados

1. Se logrará reducir el ruido cumpliendo con las regulaciones locales y mejorando la imagen ambiental de la empresa.
2. Mejora en el bienestar y la salud del empleado, Al reducir los niveles de ruido, se minimizarán riesgos de salud,

como problemas auditivos y estrés, mejorando el ambiente laboral.

3. Minimización de quejas por parte de las comunidades vecinas, fortaleciendo las relaciones comunitarias, Menos ruido significa menos quejas de la comunidad, lo que contribuirá a mejorar las relaciones con los vecinos y fortalecer la reputación de la empresa.

Implementación del Monitoreo Continuo para aguas residuales en un plan de Gestión Ambiental, basado en los estándares de la Norma ISO 14001

Debido a los grandes volúmenes producidos y la importante carga de contaminante que tienen, la generación de aguas residuales en la industria cárnica supone un importante reto ambiental. Estas aguas residuales representan entre el 80% y el 95% del total del agua utilizada. Se estima que entre el 10% y el 15% de los efluentes provienen del lavado y procesamiento de vísceras, entre el 20% y el 25% de la elaboración de embutidos, y entre el 60% y el 70% del agua empleada en los procesos de limpieza (Muñoz, 2005). El número de efluentes generados está estrechamente vinculado al volumen de agua consumido, que puede variar considerablemente; sin embargo, se calcula que en promedio se producen 1 m³ de agua residual por animal, tanto en instalaciones pequeñas como en grandes.

La presencia de sangre, restos de carne, vísceras, piel, excremento de bovinos y porcinos producidos durante la fase de estabulación y sacrificio confiere a esto efluentes su alto contenido orgánico, tanto en forma disuelta como en suspensión.

Este contexto requiere la implementación de sistemas de monitoreo continuo dentro de un Sistema de Gestión Ambiental conforme a la norma ISO 14001. Esta norma, específicamente en sus cláusulas 6.1.4 (Planificación y control operativo) y 9.1 (monitoreo, análisis, evaluación y medición), establece los requerimientos con el fin de garantizar el cumplimiento normativo y promover la mejora continua.

La presente propuesta detalla la aplicación de un modelo de monitoreo continuo, sustentado en tecnologías de medición avanzada y herramientas estadísticas, con un enfoque específico en la viabilidad ambiental y económica del sector cárnico.

Relación Directa entre el Monitoreo Continuo y la Norma ISO 14001

- **Cláusula 6.1.2:** La identificación y evaluación de los parámetros de las aguas residuales permiten determinar los aspectos ambientales significativos asociados al proceso productivo. El monitoreo continuo proporciona datos en tiempo real que facilitan esta evaluación, asegurando una adecuada gestión de los impactos.
- **Cláusula 8.1, Planificación y Control Operativo:** El sistema permite implementar controles operativos eficaces en cada etapa del tratamiento del agua residual. Por ejemplo, al monitorear parámetros como la DBO y el pH, se ajustan los procesos de tratamiento para mantener los niveles dentro de los estándares requeridos.
- **Cláusula 9.1.1, Monitoreo, análisis, evaluación y medición:** El monitoreo continuo cumple con esta cláusula al proporcionar datos actuales, precisos y en tiempo real sobre el comportamiento medioambiental. La toma de decisiones basadas en información objetiva y la evaluación de la eficacia del SGMA requieren estos conocimientos.
- **Cláusula 10.2, Incumplimiento y medidas correctivas:** En caso de detectar desviaciones en los parámetros monitoreados, el sistema permite una respuesta rápida mediante acciones correctivas. Esto minimiza el riesgo de incumplimientos legales y garantiza la optimización constante del sistema.

Diseño del procedimiento de Monitoreo Continuo

- **Selección de Instrumentación Adecuada:** Instalar sensores en línea y equipos de medición que permitan la monitorización en tiempo real de los parámetros identificados. Por ejemplo, medidores de DBO₅ y DQO, sensores de turbidez para sólidos suspendidos y analizadores de nutrientes para nitrógeno y fósforo.
- **Integración con Sistemas de Control:** Conectar los dispositivos de medición a un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para la recopilación, visualización y evaluación de datos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas.

Implementación de Herramientas de análisis estadístico y mejora continua.

- **Control de procesos mediante análisis estadístico (SPC):** Aplicar SPC para supervisar la variabilidad de los parámetros de calidad del agua, utilizando gráficos de control que ayuden a identificar desviaciones y tendencias que puedan señalar inconvenientes en el proceso de tratamiento.
- **Análisis de Tendencias:** Llevar a cabo análisis regulares de los datos recolectados para detectar patrones o anomalías, permitiendo la identificación proactiva de posibles fallos en el sistema y la implementación de acciones correctivas.

Tabla 7: Matriz de gestión ambiental

Fuente de Contaminación	Tipo de Residuo Generado	Nivel de Contaminación	Tipo de Tratamiento Aplicado	Resultados Esperados
Estabulación y Sacrificio	Sangre, fragmentos de carne, vísceras, orina, heces	Alto contenido orgánico, alta DBO (>2000 mg/L), SST >1000 mg/L	Pretratamiento mediante sedimentación y tamizado	Reducción del 30-40% en SST y carga orgánica mediante separación de sólidos y residuos gruesos antes de tratamientos avanzados.
Procesos de Limpieza	Efluentes con detergentes y grasas	Presencia de grasas, detergentes y alta carga orgánica	Tratamiento biológico (reactores aeróbicos)	Reducción del 70-80% en DBO y DQO mediante la descomposición de materia orgánica en reactores aeróbicos.
Elaboración de Embutidos	Restos de carne, salmuera	Moderada, residuos orgánicos salinos	Tratamiento fisicoquímico (coagulación/floculación)	Neutralización de sales, reducción de turbidez y residuos disueltos en un 50-60%.
Salado y Procesamiento de Vísceras	Agua salada con restos orgánicos	Moderada, alta salinidad y residuos orgánicos disueltos	Filtración avanzada (ósmosis inversa)	Eliminación de hasta el 90% de sales y residuos orgánicos disueltos, con agua tratada lista para reutilización industrial.
Descarga Final	Agua tratada con remanentes mínimos	Baja, conforme a normativas (<50 mg/L DBO)	Cloración o rayos UV	Agua con calidad suficiente para vertidos controlados o reutilización en riego industrial, cumpliendo estándares internacionales.

Fuente: Elaboración propia

Resultados Esperados

Las mejoras incluyen la reducción significativa de la DBO, DQO y SST, el cumplimiento de normativas legales, y la reutilización de agua tratada en procesos industriales o riego.

IV CONCLUSION

La adopción de prácticas de gestión ambiental en el sector de procesamiento de carnes y derivados representa un desafío significativo debido a la complejidad de los procesos involucrados y la naturaleza de los residuos generados. Sin embargo, adoptar un enfoque metodológico claro, como el propuesto en este trabajo, puede contribuir a mejorar la sostenibilidad ambiental del sector, al tiempo que optimiza la eficiencia operativa. El análisis y propuesta de nuevos indicadores clave de rendimiento (KPI), tales como uso del agua, emisiones de gases de efecto invernadero y eficiencia energética. Son esenciales para evaluar el progreso y los resultados en el logro de los objetivos ambientales.

Al integrar estas prácticas en los sistemas de gestión de la industria, las empresas no solo pueden reducir su impacto ambiental, sino también cumplir con las normativas vigentes y posicionarse como líderes responsables ante los consumidores y la sociedad. Además, esta estrategia facilita la mejora continua de los procesos de producción y la innovación tecnológica, lo que genera un doble beneficio: la maximización de recursos y la mejora de la competitividad. Tenemos como conclusión, la gestión ambiental no debe verse como una obligación, sino como una oportunidad estratégica que favorezca el crecimiento y sostenibilidad a largo plazo de la industria de carnes y derivados.

V REFERENCIAS

- [1]. **Barraza, S.** (2011). La aplicación del Kaizen en las organizaciones mexicanas. *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 60-74. <https://www.redalyc.org/pdf/5118/511851326007.pdf>
- [2]. **Cagua, O.** (2023). *Optimización en el proceso de monitoreo y seguimiento en proyectos de restauración y conservación de territorios sujetos a esquemas de PSA en la Corporación Masbosques*. Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/36400/1/OscarCagua_2023_OptimizacionMonitoreoPSA.pdf
- [3]. **Coronado, J.** (2017). Marco de referencia de la aplicación de manufactura esbelta en la industria. *Ciencia y Trabajo*, 19(60), 171-178. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/cyt/v19n60/0718-2449-cyt-19-60-00171.pdf>
- [4]. **Cortez Yáñez, D.** (2023). Metodología 5S: Una revisión del estado del arte. *Revista Imaginario Social*, 6(2). https://www.researchgate.net/publication/370937150_Metodologia_5S_Una_revision_del_estado_del_arte/fulltext/646ab38c9802f2f72eeadda/Metodologia-5-S-Una-revision-del-estado-del-arte.pdf
- [5]. **Duenas.** (2021, enero 12). Consultores especializados. 5 principios de pensamiento esbelto. <https://www.conespecializados.com/2021/01/12/5-principios-de-pensamiento-esbelto/>
- [6]. **International Organization for Standardization.** (2015). *ISO 14001:2015 Environmental management systems - Requirements with guidance for use*.
- [7]. **Jauregui, A.** (2017). Lean manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *3C Empresa: Investigación y pensamiento crítico*. https://www.3ciencias.com/wpcontent/uploads/2018/01/art_14.pdf
- [8]. **Ligna, C.** (2015). *Andon, electrónica y manufactura esbelta*. Editorial Académica Española.
- [9]. **López.** (2015). *Gestión de los efluentes de la industria textil. Cuaderno tecnológico N° 18*. Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- [10]. **Marr, B.** (2012). *Key Performance Indicators: The 75 measures every manager needs to know*. Pearson Education. <https://dokumen.pub/key-performance-indicators-the-75-measures-every-manager-needs-to-know-kpi-9780273750116-0273750119-9780273750383-0273750380.html>
- [11]. **Matías, J.** (2013). *Lean manufacturing, conceptos, técnicas e implantación*. Fundación EOI.
- [12]. **Parmenter, D.** (2015). *Key Performance Indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs*. <https://kpiacademy.uk/wp-content/uploads/2022/04/Key-Performance-Indicators-KPI-Developing-Implementing-and-Using-Winning-KPIs-David-Parmenter-z-lib.org.pdf>
- [13]. **Rivero** (2013). *Rediseño del sistema de tratamiento de los residuos líquidos en el matadero-empacadora de la Empresa Pecuaria Macún*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.
- [14]. **Rosso, J.** (2016). Guía de buenas prácticas de implementación 5S. *Premio Nacional 5S*. <https://docplayer.es/81230966-Guia-de-buenas-practicas-de-implementacion.html>
- [15]. **Socconini.** (2019). *Lean Manufacturing: Paso a paso*. <https://elibro.net/es/ereader/elibrocom/117567?page=10>
- [16]. **Suárez, M.** (2007). *El Kaizen: La filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total*. Panorama.
- [17]. **Tapia, J.** (2016). Marco de referencia de la aplicación de manufactura esbelta en la industria. *Juárez*. https://www.researchgate.net/publication/323274019_Marco_de_Referencia_de_la_Aplicacion_de_Manufactura_Esbelta_en_la_Industria
- [18]. **Teresa, M.** (2017). A framework for the implementation of Lean Manufacturing in the industry. *Ciencia y Trabajo*, 19(60), 171-178.
- [19]. **Vidal, M.** (2010). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica*, 20(4), 409-416. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95916179011.pdf>
- [20]. **Victor, M.** (2017). *Manufactura esbelta Lean Manufacturing: Nota de divulgación*.