

**Ministerio de Educación Superior
Universidad de Cienfuegos**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TESIS EN OPCIÓN AL NIVEL ACÁDEMICO MÁSTER EN
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

**TÍTULO: Evaluación de producción más limpia del ciclo del
agua en la Empresa Cárnica Cienfuegos (ECC).**

Autora: Ing. Zudileynis Cruz Morales

Tutor: Dr.C. Juan José Cabello Eras

Cotutor: Ms.C. Yabiel Pérez Gómez

2019

Dedicatoria

A mí hija, que ha sido el mejor regalo que me ha dado la vida.

A mí madre, por darme todo el amor del mundo como solo ella lo sabe hacer.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que de alguna forma han contribuido a la realización de este proyecto.

A mis padres por su apoyo siempre que los necesite estando presente.

A mis tutores Juan J. Cabello Eras y Yabiel Pérez Gómez, que sin su ayuda esta investigación no hubiese sido posible, por su paciencia y su dedicación.

Al profe Jose Ramon Fuentes (Chiqui) por regalarme incontables horas extras de su trabajo para atenderme.

A mis compañeros de trabajo de la Empresa Cárnica Cienfuegos por su comprensión y apoyo incondicional, en particular Rogelio Ballate, Yanelis Aguiar y Eloy Zafra.

A mis hermanas, no de sangre, pero sí de vida que me han acompañado en los días más tristes y alegres que he tenido Meiby, Marilín y Lainet.

A mi novio, que aun llegando en la etapa final de este proceso ha sido la persona que más ha confiado en mí, dándome las fuerzas necesarias para darle el punto final a este proyecto de mi vida.

A todos ellos, GRACIAS

Resumen

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla con el objetivo de proponer acciones de Producción Más Limpia (PML) que permitan hacer más eficiente el ciclo del agua en la Empresa Cárnica Cienfuegos. En la misma se realiza un análisis crítico de la bibliografía nacional e internacional relacionada con la aplicación de PML en la industria del procesamiento de la carne y específicamente en el consumo del agua en la misma. Las mediciones y evaluaciones permitieron cuantificar el consumo en el Procesamiento Cárnico Industrial representando el **74.21%** del consumo de la empresa, así como determinar los puntos críticos de incorporación del agua y se propone la implementación de medidas simples de baja inversión económica y ambientalmente sostenibles.

SUMMARY

The research is carried out with the objective of proposing Cleaner Production Actions (PML) that will make the water cycle more efficient in the Cienfuegos Meat Company. In it, a critical analysis of the national and international literature related to the application of PML in the meat processing industry and specifically in the consumption of water in the same. The measurements and evaluations allowed to quantify the consumption in the Industrial Meat Processing, representing 74.21% of the company's consumption, as well as to determine the critical points of water incorporation. As alternatives to achieve the reduction of excessive water consumption, the implementation of simple measures of low economic and environmental investment is proposed

Índice

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ESTUDIOS DOCUMENTALES	4
1.1- Fundamentos de la producción más limpia.	4
1.2- Producción más limpia en la industria alimentaria. Industria cárnica	5
1.2.1- Alternativas de P+L en industrias cárnicas	5
1.2.1.1- Reducción en la fuente.	6
1.3- Experiencias de las aplicaciones de producción más limpia en industrias cárnica. .	7
1.4- Impacto ambiental de la industria cárnica.	11
1.5- Consumo de agua en los procesos de la industria cárnica.	13
1.6- Aguas residuales provenientes de industrias cárnicas.....	16
1.7- Tratamiento de aguas residuales de Industrias Cárnicas.....	20
1.7.1 - Pre-tratamiento.	21
1.7.2 - Tratamiento primario.....	21
1.7.3 - Tratamiento secundario.	22
1.8- Oportunidades de aprovechamiento de los residuos cárnicos.....	24
1.9. Conclusiones Parciales.	25
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1- La industria cárnica en Cuba.....	26
2.2- Caracterización de la Empresa Cárnica Cienfuegos (ECC).	26
2.2.1- Generalidades.....	26
2.2.2- Planeamientos Estratégicos.....	29
2.2.3- Desempeño ambiental	30
2.2.4- Desempeño productivo.	30
2.3 - Descripción del proceso productivo de la ECC	33
2.4- Ciclo del agua en la ECC	36

2.5- Causas del uso ineficiente del agua en la ECC.	39
2.6- Balance de agua y métodos utilizados para realizarlo.	41
2.7- Tratamiento de aguas residuales de la ECC.	43
2.8-Conclusiones Parciales.	46
CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL CICLO DE AGUA EN LA ECC Y PROPUESTA DE ACCIONES DE PML.	47
3.1- Entradas.	47
3.2- Salidas	50
3.2.1- Incorporaciones	50
3.3- Evaluación del consumo de agua y su relación con el impacto ambiental.	53
3.4- Evaluación del uso y consumo del agua.	54
3.4.1- Método volumétrico.	54
3.4.2- Método ultrasónico.	65
3.5- Análisis de los resultados del consumo de agua en la ECC.	68
3.6- Intervención de PML para reducir el consumo de agua y la incorporación de materia orgánica.	69
3.6.1- Área de Recepción de animales	70
3.6.2- Área de Sacrificio y Subproducto.	72
3.7. Conclusiones Parciales.	74
CONCLUSIONES GENERALES.	75
RECOMENDACIONES.	76
BIBLIOGRAFÍA.	77
ANEXOS.	85

Introducción

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y la expansión de las actividades económicas están presionando negativamente a los ecosistemas de las aguas costeras, los ríos, los lagos, los humedales y los acuíferos. Por diversos motivos, la disponibilidad del agua resulta actualmente una problemática en buena parte del mundo.

El agua en la Tierra está cuantificada en aproximadamente 1400 millones de km³, pero de ellos, el 97 % es agua salada y solamente unos 10 millones de km³ son de agua dulce, disponibles entre subterránea y superficial (Álvarez, 2016).

Se estima que unos 663 millones de personas carecen de acceso a fuentes de agua potable, mientras que el número de personas sin un acceso fiable a un agua de calidad, lo suficientemente buena como para que resulte segura para el consumo humano, asciende a 1 800 millones siendo probable que sea significativamente mayor (Martínez, 2017). Sin embargo, el problema no es tanto la disponibilidad (es decir, la escasez de agua) como la pésima gestión de los recursos existentes (Muños, 2013). Se prevé que el deterioro de la calidad del agua aumente rápidamente en los próximos decenios, lo que, a su vez, aumentará los riesgos para la salud humana, el desarrollo económico y los ecosistemas (ONU, 2016).

La más alta disponibilidad per cápita de agua dulce del mundo se encuentra en América Latina y no obstante 120 millones de personas no reciben agua potable en sus viviendas y 256 millones evacuan sus desechos a través de letrinas y fosas sépticas, según datos del Consejo Mundial del Agua. Pese a que Latinoamérica tiene alrededor de 35% del agua dulce del mundo y cuenta con importantes fuentes hídricas, millones de personas en la región carecen de acceso al agua potable. (Martínez, 2017).

En Cuba los recursos hídricos son escasos, el agua se obtiene de ríos, arroyos, acuíferos del subsuelo y presas y su única fuente lo constituyen las precipitaciones. La intensificación y recurrencia de los períodos de sequía, el uso ineficiente de este recurso, y el deterioro sufrido por la contaminación, lo coloca en una situación crítica en algunas regiones del país (CITMA, 2015).

Los recursos hídricos potenciales en Cienfuegos son de 1889 hm³, de ellos son aprovechables unos 1105 hm³ anualmente, correspondiendo el 72 % a las aguas superficiales y el restante 28 % a las aguas subterráneas (CITMA, 2015).

En el 2017 se planificaron 349.266 hm³ de agua para consumo de la provincia, dentro de los cuales el 18 % fue utilizado para uso industrial, de los que la industria de los alimentos (MINAL) consumió el 20% (Martínez, 2017).

La Industria Alimentaria se encuentra entre los principales sectores consumidores de agua a nivel mundial dentro del sector industrial. El agua es un recurso esencial en las plantas procesadoras de alimentos y específicamente en las de procesamiento de carnes donde se utiliza en casi todas las etapas tecnológicas como son el pelado, la cocción, el enfriamiento o como parte de la materia prima para la elaboración del producto final, en la refrigeración de los productos, para los procesos de pasteurización, esterilización, para la generación de vapor, entre otros (García, 2006).

El procesamiento de carnes constituye una producción intensiva en cuanto al uso de agua se refiere, ya que la misma desempeña un papel crucial y es básica en el proceso siendo imprescindible para asegurar los estándares de higiene y calidad que le son exigidos.

La Empresa Cárnica Cienfuegos es una de las mayores consumidoras de agua del territorio con 830 m³/día y tiene indicadores de consumo de 17.5 m³/t de materia prima, superiores a los de mataderos de similar capacidad (mediano) en otros países, es señalada por generar residuales líquidos con elevada carga orgánica y gran impacto ambiental que sobrepasan los indicadores establecidos en nuestro país por la NC 27-2012 que establece los requisitos a cumplir para el vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-especificaciones.

La actual investigación estará enfocada entonces en el estudio del ciclo del agua en la Empresa Cárnica Cienfuegos y en la identificación de acciones de producción más limpia (PML) que permitan reducir su consumo y el impacto ambiental de los efluentes, reduciendo su volumen y carga orgánica.

Problema científico

Aunque la Empresa Cárnica Cienfuegos es reconocida como una de las mayores consumidoras de agua del territorio y una de las entidades con vertimientos de mayor impacto en el ecosistema de la bahía, no se ha estudiado su ciclo del agua, lo cual ha limitado la identificación de acciones que contribuyan a la reducción tanto de su consumo como del volumen e impacto ambiental de los efluentes.

Hipótesis

Un estudio del ciclo del agua en la Empresa Cárnica Cienfuegos facilitará la identificación de acciones de producción más limpia, que incrementen la eficiencia en el uso del agua y de reducir el impacto ambiental de sus efluentes.

Objetivo general:

Proponer acciones de producción más limpia que contribuyan a la elevación de la eficiencia del ciclo del agua en la Empresa Cárnica de Cienfuegos y a la reducción en volumen e impacto ambiental de sus efluentes.

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio documental sobre la aplicación de PML en la industria del procesamiento de carne y específicamente en la gestión del agua en la misma.
2. Realizar una evaluación cuantitativa y cualitativa del ciclo del agua en la ECC
3. Identificar los puntos críticos de entrada del agua en el proceso y proponer medidas para reducir su consumo y el volumen del efluente.
4. Evaluar el sistema de tratamiento de residuales líquidos de la empresa y proponer acciones para mejorar su eficiencia.

Capítulo 1

CAPÍTULO I: ESTUDIOS DOCUMENTALES

1.1- Fundamentos de la producción más limpia.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la producción más limpia (PML) es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente” (PNUMA, 2006).

En los procesos se orienta a:

- La conservación y ahorro de materias primas, **agua y energía**, entre otros insumos.
- La **reducción y minimización de la cantidad** y peligrosidad **de residuos** (sólidos, líquidos y gaseosos).
- La sustitución de materias primas peligrosas y la reducción de los impactos negativos que acompañan su extracción, almacenamiento, uso o transformación.

Esto implica cambios de actitud, gestión responsable, evaluar nuevas tecnologías, crear políticas e incrementar el valor a los clientes (CPTS, 2005).

Según Rodríguez (2012), la filosofía de PML, es la de erradicar el problema desde que se origina, en lugar de hacerlo cuando este ha ocurrido, ya que cuando se realiza una corrección al final del proceso, el error detectado, muy probablemente, volverá a presentarse, volviéndose algo repetitivo; mientras que la metodología de trabajo de PML es la de implementar acciones preventivas, para eliminar la causa de una disconformidad potencial u otra situación no deseable.

La PML debe entenderse como un modo de pensar, una filosofía en la que el convencimiento de la gerencia y la educación del personal son las armas principales; la organización eficiente, y su gestión son más efectivas que el uso de alta tecnología.

Para Elizondo (2012), la PML consiste en una estrategia de carácter preventivo, que se aplica a los procesos, productos y servicios, con el fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

Expertos cubanos como Álvarez y Arias (2009), aseguran que la PML es una estrategia de ganar-ganar, evidentemente cada acción que se realice con el fin de reducir el consumo de materias primas y energía, prevean o reduzcan la generación de residuos, puede aumentar la productividad y traer ventajas financieras a la empresa. A ello se suma además de proteger al medio ambiente, la protección al trabajador e incluso al consumidor. Se trata de una filosofía de “mirar hacia delante, anticipar y prevenir”.

Por otra parte, Hens et al. (2018) afirma, que la PML resulta más una cuestión de cambio de mentalidad que de inversión de recursos, si se toma en cuenta que lo más importante es hacerse consciente del proceso de producción y pensarlo desde el comienzo en función del medio ambiente.

La PML ayuda mejorar los procesos y productos, con el fin de evitar problemas ambientales. Es económica y ambientalmente superior a estrategias tradicionales de controles al final del proceso. El uso o modificación de procesos o prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes o residuos en la fuente, permitirán un mejor producto, sin tener que perjudicar al medio ambiente y a la sociedad (Rodríguez, 2012).

1.2- Producción más limpia en la industria alimentaria. Industria cárnica

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado (Restrepo, 2006).

Según (Montalván et al., 2014), la industria alimentaria a nivel mundial es responsable de más de la mitad de la carga contaminante biodegradable de origen industrial que se dispone. Por ello, la PML encuentra muchas aplicaciones en la misma.

La implementación de prácticas de PML en el sector industrial alimentario permite alcanzar un mejor desempeño ambiental mediante el uso racional y adecuado de los recursos, disminuyendo el impacto ambiental negativo sobre el medio ambiente, logrando la optimización de los procesos productivos a través de la disminución del consumo de materias primas y reduciendo cada vez más los costos de producción unitaria (García, 2006).

En nuestro país en el sector de la industria alimenticia, por ejemplo, con solo la implementación del 42 % de las opciones de PML identificadas en empresas del sector durante el 2001 al 2007, se alcanzaron ahorros económicos ascendentes a 4 989 221 USD por concepto de ahorro de energía, agua y reducción de costos por cambios de materias primas, optimización de procesos, entre otras medidas, así como reducir el consumo de energía en 7530 mWh, reducir las emisiones a la atmósfera en 1 991 t de CO₂, reducir el consumo de agua en 2 227 m³ y reducir la carga contaminante en 18 280 t de DQO y la generación de residuos sólidos en 53 t (Álvarez y Arias, 2009).

1.2.1- Alternativas de P+L en industrias cárnicas

La aplicación de los principios de PML es necesaria en la industria de alimentos y en especial en la cárnica que es la encargada de producir, procesar y distribuir productos cárnicos,

generando una gran cantidad de residuos orgánicos, a la vez que consume grandes volúmenes de agua.

Según (Chaux et al., 2009) si se implementan mecanismos de PML puede ser conseguida una reducción de la contaminación del 20 al 30% sin necesidad de grandes inversiones de capital y una reducción adicional del 20% o más puede alcanzarse con inversiones, cuya tasa de retorno es de pocos meses.

Existen varias **alternativas de principios de PML** en industrias cárnicas, algunas de ellas según (Duque,2005) son las que se muestran a continuación.

1.2.1.1- Reducción en la fuente.

Consiste esencialmente en la prevención de la contaminación, entendida como la reducción de impactos y residuos en su origen en los procesos. Ésta puede ser posible con adopción de medidas simples, de baja inversión o mediante la adquisición de nuevas tecnologías y bienes de capital. Algunos ejemplos son:

- ✓ Buenas prácticas de los operarios
- ✓ Separación y recuperación de la sangre
- ✓ Ahorro de agua
- ✓ Ahorro de energía
- ✓ Mantenimiento preventivo

1.2.1.2- Recirculación de materiales y energía.

Las materias primas e insumos que ingresan al proceso productivo, en muchas ocasiones no son totalmente consumidos o mantienen su calidad, éstos pueden ser recirculados o reutilizados en una etapa dentro del mismo proceso o en otro proceso bien sea dentro de la misma empresa o en otra; por ejemplo, el agua de lavado de instalaciones puede ser reutilizada nuevamente en la fase inicial de las mismas, después de haber sido sometida a un tratamiento de desinfección que garantice que no vaya a ver problemas de contaminación microbológica; también puede ser reutilizada en la descarga de sanitarios. Los empaques, cajas y envases pueden ser reutilizados para el almacenamiento de materiales, siempre y cuando no hayan contenido sustancias tóxicas

Con relación a la energía, los procesos de intercambio de calor por lo general ofrecen corrientes con energía residual que puede utilizarse para proporcionar calor a otros procesos o recircularse en ciclos de generación de vapor o de enfriamiento, con impactos económicos

importantes; un ejemplo es el caso de los condensados que pueden ser realimentados a la caldera reduciendo los consumos de combustible y agua.

1.2.1.3- Valorización de residuos.

Los llamados desechos, pueden ser en la mayoría de casos subproductos mal aprovechados como (la sangre, los huesos, las grasa, etc.). Muchos materiales de origen animal son susceptibles de ser valorizados mediante procesos simples en algunos casos, complejos en otros, que aumentan el valor del subproducto, a la vez que aumentan los ingresos de la empresa. Algunos ejemplos de valoración de residuos son:

- ✓ Producción de biogás
- ✓ Fabricación de fertilizantes
- ✓ Elaboración de alimento animal

Los materiales inertes o no putrescibles (papel, cartón, vidrio, metales) por su parte pueden ser reciclados dentro de la misma empresa o vendidos a centros de acopio encargados de recibirlos y disponerlos para su reciclaje; se ha cuestionado al reciclaje y la valorización de residuos como medidas de PML al ser en cierto grado reactivos, sin embargo son incuestionables los beneficios económicos de estas actividades que al estar relacionadas estrechamente con el mejoramiento ambiental son consideradas soluciones de PML.

1.3- Experiencias de las aplicaciones de producción más limpia en industrias cárnica.

Cuando vemos casos exitosos de PML en empresas de producción cárnica se puede comprobar como con de iniciativa se pueden mejorar procesos productivos puede ser realizada con resultados exitosos de mejoramiento en el desempeño ambiental y obtención de beneficios económicos.

A continuación, se exponen varios casos de estudio realizados por Peñaloza, (2004) y Duque, (2005) en industrias cárnicas de Bolivia, Nicaragua, Costa Rica y Honduras; donde se puede apreciar los beneficios económicos que les trajo consigo el aplicar estrategias de PML.

Caso 1: Aplicación de algunas medidas de PML implantadas en la fábrica de productos cárnicos Tusequis SA, ubicada en la ciudad de El Alto en Bolivia (Peñaloza, 2004). En la tabla 1.1 se pueden apreciar, el costo de la inversión, el ahorro anual, el retorno de la inversión y los beneficios ambientales.

Tabla 1.1: Consolidado de inversiones, ahorros, retornos y beneficio ambiental.

Medidas	Inversión US\$	Ahorro Anual US\$	Retorno de la inversión	Beneficio ambiental
---------	-------------------	----------------------	----------------------------	---------------------

Reducir el consumo de agua de lavado (a) y detergente (b)	Reducción en 16000	6800 10300	107%	Consumo de: - agua de lavado en 5700 m ³ / años (33%)- detergente en 2200 kg/año (31%)
Reducir el consumo de agua en el desalado	Mínima	500		Reducción del consumo de agua en el desalado de 420 m ³ /año (85%)
Recuperar grasa	200	1100	550%	Reducción de 2700 kg de grasa/año (12%) de la grasa total en los residuos solidos
Reducir perdidas en la peladora de salchichas	7000	2500	36%	Reducción de 960 kg/años de salchichas (100%)
Reparar fugas y trampas de vapor	3100	850	27%	Reducción de 500x10 ³ pies ³ /años (8.2% del consumo total de gas natural de la planta).
Recircular condensados de vapor para ahorrar agua (a) y gas (b)	12500	700 300	8%	Reducción de: 576m ³ /año (2% del consumo total de agua de la planta) - 190 m ³ /año (3% del consumo total de gas natural de la planta)
Reducir el consumo de electricidad	1000	1100	110%	Reducción de 12 kW/año (4% en el consumo total de electricidad de la planta)

Fuente: Peñaloza, 2004

Caso 2: Estudios realizados en la Industria Cárnica de Nicaragua (Duque, 2005) que produce carne para exportación y consumo local y harina de soya, con una producción anual de 78 342 reses equivalente a 23 502.6 t. En la misma se realizó un análisis del proceso productivo evaluando principalmente el consumo de agua, manejo de efluentes y consumo de energía basándose en la metodología de PML. Se generaron oportunidades dirigidas a aumentar la eficiencia del proceso mediante una evaluación técnica, económica y ambiental de las opciones identificadas. En la tabla 1.2 y 1.3 se aprecian los beneficios económicos y ambientales de la evaluación de PML.

Tabla 1.2: Beneficios económicos de la evaluación de PML.

Recursos	Inversión (U\$)	Ahorro (U\$)
----------	-----------------	--------------

Agua	7205.92	88139.86
Energía	2471.65	30785.76
Total	9677.57	118925.62

Fuente: Duque, (2005)

Tabla 1.3: Beneficios ambientales de la evaluación de PML.

Recursos	Ahorros	Observaciones
Agua	38924.03 m ³ /año	
Desechos	251.25 mg/L de DBO y 2422.25 mg/L de DQO diariamente en aguas residuales. 27993.60 kg de DBO/año por eliminación de estiércol en las aguas residuales verdes.	Los dos primeros datos representan la reducción de los parámetros de descarga en las áreas de matanza, deshuese y planta de subproductos
CO ₂	414817.18 kg de CO ₂ /año	Por consumo de combustible que se deja de consumir

Fuente: Duque, (2005)

De forma general los beneficios obtenidos con la aplicación de las opciones de PML se calculan en una disminución del consumo de agua en 15.70 % y 6% de combustible de la caldera. La inversión representa el 8.13% de los ahorros totales estimados y el 35% de las opciones no requieren inversión.

Caso 3: Industria cárnica de Honduras (Duque, 2005) que produce carne de res y de cerdo con una producción anual de 9 034 reses y 12 062 cerdos los cuales equivalen a 29 50.28 t de res en pie y 844.34 t de cerdo en pie. La evaluación preliminar consistió en el análisis de los potenciales de ahorro en las áreas de consumo de agua, energía y la generación de desecho, basándose en la metodología de PML. Se identificaron oportunidades de ahorro en todas las áreas incluidas en el estudio, orientadas a aumentar la eficiencia del proceso generando ahorros a la empresa y la mejora de su desempeño ambiental los cuales se muestran en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Beneficios económicos y ambientales de la evolución de P+L

Recursos	Beneficios económicos	Beneficios ambiental
Agua	2892.27 (U\$/Años)	13232.5 m ³ /año
Energía	1044 (U\$/Años)	162000kg de CO ₂ /año
Otros		<ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminación de descarga de desechos sólidos a la laguna de aguas residual. 2. Mejora en el uso de químicos de lavado. 3. Mejoras de condiciones higiénico sanitarias, instalaciones de los cuartos de frio, válvulas, etc.

Fuente: Duque, (2005)

De forma general se identificaron potenciales de ahorro en las áreas estudiadas logrando un significativo ahorro de agua mediante la eliminación de fugas y algunos procedimientos de uso con potenciales de optimización. Se pudo identificar que los desechos sólidos no son utilizados en nuevos procesos hay poco conocimiento de los impactos ambientales además que los controles internos de los recursos no se llevan en función de la optimización de estos, además de la oportunidad de mejorar el uso de vapor para la reducción de la demanda de combustible y el consumo de energía eléctrica en los cuartos fríos.

Caso 4: Estudios realizados en la Industria cárnica de Costa Rica (Duque, 2005) procesa anualmente de 7 200 reses y 7 200 cerdos produciendo a 2 520 t de carne de res y 576 t de carne de cerdo. El proyecto estuvo basado en la evaluación de P+L para identificar los potenciales de ahorro de agua en las diferentes áreas y la reducción del consumo de energía, en las cuales se pudo identificar la oportunidad de mejorar el registro y control de los consumos, mejorando el estado de los medidores. Se logró la reducción de la cantidad desechos orgánicos descargados y la mejora de la calidad del agua de residual. Respecto al consumo de energía se identificaron una serie de medidas que van encaminadas a aumentar la eficiencia del proceso generando ahorros a la empresa. En las tablas 1.5 y 1.6 se pueden apreciar beneficios económicos y ambientales.

Tabla 1.5: Beneficios económicos de la evolución de P+L

Recurso	Inversión U\$	Ahorros
Agua	No determinado	No determinado
Energía		23573.06
Generación de efluentes	No determinado	No determinado
Total		23573.06

Fuente: Duque, (2005).

Tabla 1.6: Beneficios ambientales de la evolución de P+L

Recurso	Ahorro	Observaciones
CO ₂	91034.20 kg de CO ₂ 134332 kg de CO ₂ por galón de fuel oil	El ahorro en kg de CO ₂ es debido a los ahorros de energía eléctrica y térmica a través de la reducción de 11887.79 galones de fuel oil
DQO	650 mg/L	Se logró una reducción de la concentración de DQO en el agua residual de 1500mg/L a 850 mg/L.

Fuente: Duque, (2005).

De forma general se identificaron ahorros potenciales en las áreas estudiadas en la empresa. Sin embargo, es necesario el monitoreo continuo de las mejoras sugeridas, para la estimación de los resultados de la aplicación de esta metodología.

De forma general una vez que analizamos cada caso de estudio de los expuesto anteriormente se aprecia con claridad los beneficios económicos y ambientales que aporta la aplicación de estrategias de P+L en industrias cárnica en particular.

1.4- Impacto ambiental de la industria cárnica.

La industria cárnica tiene un alto potencial contaminante. Dentro de sus afectaciones al medio ambiente se encuentran: el alto consumo de agua, de energía y la descarga de efluentes con un elevado nivel de carga orgánico (Arroqui, 2011). Además de ruido, impacto visual y olores fuertes (Ríos y Ramírez, 2012). A continuación, se detallan los principales efectos medioambientales que puede producir la industria cárnica, en cada proceso en particular.

Tabla 1.7: Impactos ambientales generados por cada proceso de la industria cárnica.

Proceso	Impacto Ambiental
Estabulación	-Alto consumo de agua -Efluentes con elevada carga orgánica por la presencia de estiércol. -Olores desagradables -Emisión de ruidos
Sacrificio: (Aturdimiento, desangrado, separación de partes, desollado, escaldado, pelado y evisceración)	-Efluentes con alto nivel de carga orgánica debido a la presencia de sangre, grasas, pellejos y rumen. -Alto consumo de agua -Alto consumo de vapor para calentamiento del agua de escalde y para la esterilización de utensilios
Subproductos	-Alto consumo de energía eléctrica y térmica -Generación de malos olores -Alta carga orgánica en efluentes
Refrigeración	-Alto consumo de energía eléctrica -Elevados niveles de ruidos
Deshuese	-Efluentes con elevada carga orgánica por la presencia de sangre, grasas, pieles, tendones y huesos -Alto consumo de energía eléctrica y térmica (esterilización de utensilios)
Productos Elaborados Cocidos	-Efluente con alta carga orgánica con presencia de sangre, grasa, proteínas, azúcares, especias, aditivos, etc. -Elevados niveles de ruidos proveniente de las máquinas de elaboración. -Alto consumo de vapor para los hornos y el calentamiento del agua de escalde de embutidos.
Operaciones de Limpieza	-Alto consumo de agua -Efluentes con elevado contenido de detergentes y desinfectantes.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, en la mayoría de las operaciones básicas de una industria cárnica, los principales efectos causantes de daños al medio ambiente se encuentran vinculados con el alto consumo de agua.

1.5- Consumo de agua en los procesos de la industria cárnica.

Los altos estándares de calidad e higiene que se le exigen a la industria alimenticia, en especial a la industria cárnica, hacen que grandes cantidades de agua fresca deban ser utilizadas a lo largo del proceso productivo.

El consumo de agua en los procesos de la industria cárnica varía considerablemente de un matadero a otro; principalmente en función del tipo de animal sacrificado, del tamaño del establecimiento, de la antigüedad del mismo, del nivel de automatización, del mantenimiento de las instalaciones, de las tecnologías más o menos eficientes en el consumo de agua y las medidas de ahorro implantadas; y especialmente de las prácticas de los operarios en la limpieza y desinfección (Becerras ,2016, López, 2015; Rivero, 2013; Arroqui, 2011; Vidal, 2010; García, 2006; Canales et al., 2005).

Las principales actividades consumidoras de agua dentro de la industria cárnica según los criterios aportados por varios autores como (Becerra, 2016; Cárcel y Grau, 2014; FILTEC DEPURADORAS S.L., 2013; Arroqui, 2011; Vidal, 2010) son los siguientes:

- ✓ Lavado de cerdos y reses previos al sacrificio.
- ✓ Lavado de la planta previa al sacrificio.
- ✓ Duchado de cerdos y reses en la faja de entrada a la planta de sacrificio.
- ✓ Escaldado en el caso de los cerdos.
- ✓ Lavado durante el proceso (enjuague de utensilios, piso y canales de cerdo y reses).
- ✓ Limpieza de panzas y tripas.
- ✓ Limpieza de vísceras.
- ✓ Lavado final de la planta de proceso y equipos.
- ✓ Consumo de agua en proceso de refrigeración (compresores).
- ✓ Consumo de agua para la producción de vapor.

El consumo del agua en las industrias cárnicas es un tema de importancia a nivel mundial, pero del mismo en las bibliografías consultadas se encuentra pocos ejemplos de industrias que tengan el dato del consumo de agua por operaciones o por áreas de procesos, destacándose en estos temas dos países de la Unión Europea_(Reino Unido y Dinamarca) de los cuales en la tabla 1.8 podemos observar ejemplos de consumos específico de agua en dos instalaciones de matadero de porcino.

Tabla 1.8: Consumo específico de agua en dos mataderos de porcino de Reino Unido y Dinamarca.

	Consumo relativo de agua (% sobre total)	
	Reino Unido	Dinamarca
Limpieza de instalaciones y equipos	33	35-55
Limpieza de vehículos	5	5
Limpieza de establos	3	5
Esterilización de utensilios	5	10-15
Lavado de productos	31	30-35
Escaldado	7	3
Agua de refrigeración	6	5
Aguas sanitarias	10	-
Calderas	-	2

Fuente: (Cárcel y Grau, 2014).

Tras un breve análisis de los datos de las tablas anteriores se confirma que la mayor parte del agua consumida en mataderos guarda una estrecha relación con tareas vinculadas a la limpieza y desinfección de locales y equipos, así como de lavado de materia cárnica.

Según Cárcel y Grau (2014), en cuanto al uso del agua en industrias cárnicas:

- El 40 % del agua consumida es agua caliente.
- El 60 % del consumo del agua depende de las prácticas del operador (limpieza con manguera, limpieza manual de producto y equipos, etc.)
- Las instalaciones más modernas son más fáciles de limpiar debido a una mejor distribución y diseño de equipos, con lo que se reduce considerablemente el consumo de agua.

Existen ciertos indicadores desarrollados por experiencias internacionales, en la tabla 1.9 se puede observar el consumo de agua aproximado en industrias cárnicas para algunos países como son España, Bulgaria y Alemania, donde se aprecia claramente un amplio rango en los datos de consumo de agua.

Tabla 1.9: Consumo de agua aproximado en industrias cárnicas de países como España, Bulgaria y Alemania.

País	Vacunos	Porcinos	Fuentes
España	1- 6,4 m ³ /t de carne en canal		Canales et al., 2005; López, 2015
Bulgaria	2 – 3.8 m ³ / t de peso del cadáver		Becerras, 2016
Alemania	0.8 – 6.2 m ³ / t de peso del cadáver		Becerras, 2016

En la tabla 1.10, se presentan diferentes criterios respecto al consumo de agua en industrias cárnicas los cuales sirven de referencia para la comparación. Algunas referencias indican amplio rango en el consumo de agua en los mismos, lo cual como ya se expresó, está determinado por la gran cantidad de factores que inciden en este indicador.

Tabla 1.10: Consumo de agua en mataderos industriales

Tipo de Ganado		Fuentes
Vacuno	Porcino	
5 m ³ /t del animal vivo		Condorchem Envitech, 2015
0.50-1 m ³ /cabeza	0.25-0.55 m ³ /cabeza	Cárcel y Grau, 2014
0.50-1 m ³ /cabeza	0.25-0.50 m ³ /cabeza	FILTEC Depuradoras S.L., 2013
0.60-0.80 m ³ /cabeza	0.30-0.50 m ³ /cabeza	Rivero, 2013
En caso de existir instalaciones de fabricación de embutidos y productos cárnicos, agregar de 10-15 m ³ /t de los mismos.		
2-15 m ³ /t del animal vivo		Vidal, 2010
2-15 m ³ /t del animal vivo		García, 2006
0.50-1 m ³ /cabeza	0.25-0.50 m ³ /cabeza	Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CARPL, 2006)
0.50-1 m ³ /cabeza	0.25-0.50 m ³ /cabeza	Instituto Tecnológico Agroalimentario, (AINIA, 2005)
1.2 L m ³ /cabeza	0.50 m ³ /cabeza	Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, (CONAMA RM, 1998)
Agregar 0.02 m ³ /kg de producto terminado en caso de existir otras instalaciones productivas relacionadas con el rubro		

Fuente: Elaboración propia a partir de:

Como se puede apreciar existen disimiles criterios respecto al consumo de agua en industrias cárnicas, pero donde coinciden la mayor cantidad de autores es en el rango de 0.25 – 0.50 m³/cerdo y 0.50 – 1 m³/res siendo este en el cuan nos basaremos para todos los estudios experimentales.

1.6- Aguas residuales provenientes de industrias cárnicas.

La generación de aguas residuales de una industria cárnica es el aspecto ambiental más significativo, tanto por los elevados volúmenes generados, como por la carga contaminante asociada a las mismas.

Las aguas residuales procedentes de estas industrias representan entre el 80 y el 95 % del agua total consumida (López, 2015; FILTEC DEPURADORAS S.L., 2013 y Vidal, 2010), ya que prácticamente no existe incorporación de agua al producto final (Canales, et al., 2005). Se estima que la cantidad de agua residual provenga de 10 a 15% del salado y procesado de las vísceras, 20 al 25% de la fabricación de embutidos y del 60 al 70% de agua de limpieza (Rivero, 2013). El volumen de efluentes generados es un reflejo de volúmenes de agua utilizado el cual varía considerablemente, pero según Vidal, (2010) puede estimarse una media de agua residual entre pequeños y grandes animales de 1 m³ por cabeza.

Estos residuales se caracterizan principalmente por presentar un elevado contenido orgánico tanto disuelto como en suspensión debido a la presencia de sangre, fragmentos de carne, vísceras y piel, grasa, contenido estomacal, excretas y orina de ganado vacuno y porcino de los procesos de estabulación en corrales y sacrificio. Además, contienen pelos, huesos, proteínas, especias, almidones, aditivos, detergentes, desinfectantes presencia de nitrógeno y fósforo, y las sales utilizadas en la fabricación como (ClNa, Polifosfatos, NO₃K, NO₂Na). (Condorchem envitech, (2015); Cárcel y Grau, (2014); Hernández y Sánchez, (2014); Ríos y Ramírez, (2012); Bongiorno, et al., (2010); Chaux et al., (2009); Grupo Imbrium SA de CV, (2008); Salas C. y Condorhuamán C, (2008); Restrepo, (2006); Canales et al., (2005); Peñaloza, 2004).

Las mismas son fuente de preocupación sanitaria por su capacidad patogénica a nivel microbiano (*Salmonella spp* y *Shigella spp*). Puede encontrarse presencia de pesticidas e incluso niveles considerables de cloro, cuando hay operaciones que involucran curado y salmuera. (Restrepo, 2006).

A las aguas residuales de industrias cárnicas se les miden parámetros ambientales que nos permiten evaluar su grado de contaminación, dentro de los más significativos se encuentran los sólidos en suspensión (SS), la carga orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno a los cinco días (DBO₅), los aceites y grasas (A y G), el nitrógeno y fósforo totales (NT y PT), las sales, así como los detergentes y desinfectantes.

En general respecto a todos los parámetros medidos a las aguas de residuales según (Vidal 2010; Hernández et al., 2010 y CONAMA RM, 1998):

- Los efluentes tienen altas temperaturas y contienen elementos patógenos, además de altas concentraciones de compuestos orgánicos, nitrógeno, fósforos y sal.
- La sangre es el principal contaminante, aportando una DQO total de 375.000 mg/L y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Se estima que entre un 15% - 20% de la sangre va a parar a los vertidos finales.
- Las proteínas y grasas son el principal componente de la carga orgánica presente en las aguas de lavado, encontrándose otras sustancias como la heparina y sales biliares.
- Presencia de sólidos en suspensión.
- Fluctuaciones de PH, debido a la presencia de sosa y ácidos como agentes de limpieza.
- También contienen hidratos de carbono como glucosa y celulosa, y generalmente detergentes y desinfectantes.

Cabe destacar que estas corrientes presentan un contenido de microorganismos patógenos importante. Se estima que entre el 25% - 55% del total de la carga contaminante medida en DBO₅, son arrastradas por las aguas de limpieza (CONAMA RM, 1998).

La composición de las aguas de residuales de industrias cárnicas tiene un amplio rango de variabilidad respecto a los valores típicos de los parámetros de contaminación; existe una amplia bibliografía con una gran disparidad de datos, en la tabla 1.11 se muestran algunos de los valores típicos caracterizados por diferentes autores.

Tabla 1.11: Valores típicos de parámetros del grado de contaminación en aguas residuales de industrias cárnicas a criterio de diferentes autores.

Autores	López, 2015	Condorchen Envitech, 2015	Rivero, 2013	Bongiorno, et.al, 2010	Chauxt, et.al, 2009	Muño, 2005
Parámetros	Valores Típicos					
DQO (mg/L)	4200-8500	1000-35000	2938	2500-3000	3500-12000	1500
DBO (mg/L)	1600-3000	600-5500	1750	1000-1500	1200-7000	838
SS (mg/L)	1300-3400	300-5000	647	1400-1600	700-3000	-
A&G (mg/L)	100-200	60-1500	28	-	500-1500	108
N _T (mg/L)	50-110	50-750	73	-	-	145
F _T (mg/L)	20-30	15-80	29	-	-	-
pH	-	-		7-8	6-8,5	7
pH	-	-		7-8	6-8,5	7

Fuente: Elaboración propia a partir de:

Establecer un rango concreto es complejo debido a las distintas formas de operación y la heterogeneidad de las especies sacrificadas en una industria cárnica; resulta muy difícil caracterizar globalmente las aguas residuales. Incluso para una misma industria, día a día y, para cada día, hora a hora, el vertido que se produce es distinto, existiendo una enorme disparidad de datos como pudimos apreciar anteriormente.

De forma general según la bibliografía consultada los parámetros de contaminación de las aguas residuales de industrias cárnicas (efluentes sin tratar) a criterio de la autora de este trabajo pueden llegar a tener valores que varían en los rangos que se muestran en la tabla 1.12.

Tabla 1.12: Valores típicos de parámetros del grado de contaminación en aguas residuales de industrias cárnicas.

Parámetros	Valores Típicos	Valores Promedio
DQO (mg/L)	1000 - 35000	5215
DBO ₅ (mg/L)	600 - 7000	2165
Sólidos en Suspensión (mg/L)	300 - 5000	1770
Grasas y aceites (mg/L)	25 - 1500	235
Nitrógeno total (mg/L)	50 - 750	310
Fosfato total (mg/L)	15 - 80	30
pH	6 – 8.5	7

Fuente: Elaboración propia a partir de:

Según López (2015) para mataderos vacunos y porcinos se puede establecer el grado de contaminación a partir del valor relativo de algunos parámetros respecto al peso de las bandas de carne producidas como se muestra en la tabla 1.13.

Tabla 1.13: Valores del grado de contaminación en dependencia del peso de las bandas.

Matadero Porcino			
Contaminante	Agua Vertida L/t canal	Emisión Kg/t canal	Factor Emisión mg/L
DQO	1667-6000	3.22-10	536-6000
N _T		0.18-2.1	30-1260
P _T		0.02-0.23	3.3-138
Matadero Vacuno			
Contaminante	Agua Vertida L/t cana	Emisión Kg/t canal	Factor Emisión mg/L
DQO	4000-8000	4.0-40	500-1000
N _T		0.172-1.84	21.5-460
P _T		0.025-0.26	3.12-65

Fuente: Elaboración propia a partir de:

Los límites máximos permisibles para todos estos parámetros del grado de contaminación de las aguas de residuales una vez que son tratados y en dependencia del lugar a verter (alcantarillados, río, arroyo, lago, embalse, acuífero) que recibe directa o indirectamente la descarga o efectos contaminantes suelen ser diferentes en cada país.

Ejemplos de ellos son los mostrados en la tabla 1.14 donde podemos observar lo establecido como límites máximos permisibles según normativas y resoluciones de diferentes países a verter en alcantarillados como son: Colombia según la resolución 1074 de 1997 Peñaloza, 2004, Argentina por la resolución N° 1089/82 (Bongiorno, et al., 2010), Perú por el Decreto Supremo N° 001-2009-MINAM (Del Hoyo, 2015) y para Cuba según la norma NC: 27: 2012.

Tabla 1.14: Límites máximos permisibles de parámetros del grado de contaminación de las aguas residuales de industrias cárnicas en Colombia, Argentina, Perú y Cuba.

Parámetros	Colombia	Argentina	Perú	Cuba
DQO (mg/L)	2000	300	500	< 700
DBO ₅ (mg/L)	1000	375	250	< 300
Grasas y aceites (mg/L)	100	-	-	< 50
pH	5 - 9	6.5	6-9	6 - 9
Sólidos Sedimentables (mg/L)	2	-	-	< 10
Conductividad	-	-	-	< 4000
Temperatura	< 30	45	-	< 50

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr obtener los valores establecido de los parámetros del grado de contaminación según resoluciones y normas de cada país es necesario que toda industria cárnica cuente con un sistema de tratamiento de residuales adecuados que elimine tan elevadas cargas contaminantes generadas por estas industrias.

1.7- Tratamiento de aguas residuales de Industrias Cárnicas.

El tratamiento de las aguas residuales se produce gracias a la combinación de procesos físicos, químicos y/o biológicos. El diseño de cada una de estas operaciones depende del tipo de agua residual que se debe tratar, de sus características, del volumen y de la calidad del efluente requerida (Vega, 2010).

Cuando nos referimos a "**Industrias Cárnicas**" en particular podemos decir que el tratamiento de las aguas residuales en las misma comienza en la planta donde se debe hacer todo lo posible por adoptar una recuperación eficiente de los subproductos y una limpieza en seco, la cual reduce significativamente el consumo.

Lo más recomendable para tratar adecuadamente las aguas residuales de industrias cárnicas es diseñar un sistema de tratamiento que considere un pretratamiento (rejas y trampas de grasas) que eliminen los sólidos gruesos y finos seguido de un tratamiento primario (físico o físico-químico) y por último un tratamiento secundario (biológico) el cual será el responsable de eliminar la materia orgánica y el nitrógeno (Condorchem Envitech, 2015). Sin embargo, la solución que cada planta adopte, podrá sufrir variaciones en función de las cargas contaminantes, concentración, programas de prevención existentes, etc. (CONAMA RM, 1998).

A continuación, se describen brevemente los tratamientos que pueden utilizarse para la industria de la carne (Pre-tratamiento, Tratamiento Primario y Tratamiento Secundario).

1.7.1 - Pre-tratamiento.

Es la primera operación a la que se someten los residuos líquidos (Portillo, 2014). Consiste en retener los sólidos y grasas que arrastra el agua y que podrían por su tamaño y características entorpecer el normal funcionamiento de las plantas de tratamiento López, (2015) y Hernández y Sánchez, (2014). Los sistemas más comunes para dicho pretratamiento son las rejas, tamices y las trampas de grasas cuya eficiencia garantiza el buen funcionamiento de los procesos posteriores.

- Rejas: Dispositivo con aberturas de tamaño uniforme, donde quedan retenidas las partículas gruesas del efluente (la carne, los huesos, las descarnaduras de pieles y cueros entre otros) su uso es invariable en la industria de la carne. El paso libre entre barras es de 50 a 100 mm para los sólidos gruesos y de 12 a 20 mm para los sólidos finos (Hernández et al., 2012). Los principales parámetros de diseño son: tipo de residuo a tratar, flujo de descarga, paso libre entre barras, volumen de sólidos retenidos y pérdida de carga. Su función es sumamente importante y produce la eliminación de condiciones perjudiciales como el bloqueo de la bomba o de las tuberías. Este método tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, las grasas y los aceites o los sólidos en suspensión.
- Tamiz El tamiz es un filtro que se instala como pretratamiento en estaciones depuradoras de agua residual y “es utilizado para las separaciones sólido-líquidas. Éstos cuentan con luces de 0.5 a 1 mm y también son utilizadas como tratamiento primario en aguas urbanas con luces de 1 a 1.5 mm (Hernández y Sánchez, 2014).
- Trampas de grasas: Consisten en un estanque rectangular, en el cual la sustancia grasa es empujada hacia la superficie y atrapada por un baffle.

1.7.2 - Tratamiento primario.

Consiste en la remoción de una cantidad importante de los sólidos suspendidos y otros que pueden sedimentar, contenidos en las aguas residuales, mediante procesos físicos y/o químicos. Los sistemas de tratamiento primario más comunes son:

- Estanque homogeneizador: Requiere de un estanque con aireador, que tenga una capacidad aproximada de un 60% del flujo diario, donde caudales punta, pH y temperaturas son homogeneizados, resultando un efluente de características uniformes.
- Flotación por aire disuelto o disperso (DAF): Se utiliza para remover sólidos suspendidos y grasos remanentes mediante burbujas de aire, en una solución sobresaturada. Las partículas se aglomeran en la superficie permitiendo ser removidas por un barredor. Para alcanzar una clarificación eficiente por DAF las partículas y el color natural presente en el agua debe coagularse y flocularse con efectividad, antes de la introducción de las micro burbujas para formar los agregados floculares de burbujas.
- Sedimentador: Su objetivo es la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento, en la cual el agua residual es sometida a condiciones de reposo para garantizar su sedimentación.
- Tecnologías de membranas: Se utilizan no solamente para eliminar parte de la materia orgánica de los efluentes generados en los mataderos, sino que también permite la recuperación de sustancias re-aprovechables, actualmente desechadas, y la reutilización del agua. Sin embargo, es una tecnología demasiado costosa como método de tratamiento de efluentes y sólo será un proceso competitivo o complementario a los sistemas de tratamiento convencionales, cuando el terreno sea escaso y costoso, existan sustancias orgánicas valiosas recuperables en las corrientes o se precise recircular el agua en el proceso. Dependiendo del tamaño de la partícula a filtrar, se pueden utilizar técnicas de osmosis inversa, ultrafiltración, micro filtración y filtración.

1.7.3 - Tratamiento secundario.

Los tratamientos secundarios ya sean anaeróbico o aeróbico tienen el propósito de eliminar la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Para escoger un sistema de tratamiento secundario, hay que considerar un gran número de factores, entre los que podemos mencionar: requerimientos del efluente (estándares de descarga), sistema de pretratamiento escogido, la disponibilidad del terreno, regulaciones ambientales locales y factibilidad económica de una planta de proceso.

- Tratamiento anaeróbico: Los efluentes provenientes de la industria de la carne pueden ser tratados en lagunas o reactores cerrados. Este tipo de tratamiento requiere poco espacio, tiene un bajo costo de operación y genera biogás, que puede ser utilizado en el proceso productivo o comercializado.

Según (Nakasima et al., 2011), las lagunas anaerobias están diseñadas para la remoción de materia orgánica suspendida y parte de la fracción soluble de la misma. Operan en serie con lagunas facultativas o de maduración. Este tratamiento tiene un buen rendimiento para aguas residuales con alto contenido orgánico, pero dentro de sus desventajas se encuentra el trabajar a bajas temperaturas y largos periodos de retención, además debe ser construida a distancias considerables de los límites urbanos.

- Tratamiento aeróbico: Todos los métodos de tratamiento aeróbico existentes, pueden ser aplicados a los efluentes de la industria de la carne: lodos activados, lagunas aireadas, filtros de goteo o contactores biológicos rotatorios.

- ✓ Lodos activados: Consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua.
- ✓ Lagunas aireadas: Es un pozo de tratamiento artificial de agua por medio de la aireación para promover la oxidación biológica de las aguas residuales.
- ✓ Filtros de goteo: Sistema aerobio o anaerobio formado por un depósito con relleno que actúa de soporte para los microorganismos.
- ✓ Contactores biológicos rotatorios: Sistema aerobio que consiste en una serie de discos de polietileno o cloruro de polivinilo, situados sobre un eje. Los discos están sumergidos parcialmente en el agua residual y giran lentamente dentro de ella.

Los sistemas biológicos se utilizan para la reducción de la carga orgánica de los efluentes de las industrias cárnicas, mediante la acción de los microorganismos. Concretamente en mataderos es más común la instalación de sistemas aerobios, o una combinación de aerobio y anaerobio (FILTEC DEPURADORAS S.L., 2013).

En la tabla 1.15 se muestran valores de eficiencia de remoción, según el sistema de tratamiento escogido, ellos muestran que los sistemas de tratamientos biológicos son los más adecuados en el caso de las plantas de procesamiento de la carne.

Tabla 1.15: Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de efluentes provenientes de la industria procesadora de carne.

Sistema de Tratamiento	Denominación Común	DBO₅ %	DQO %	SST %	G&A %
Mecánico	Filtración	5-15	5-15	25-40	5-10
Mecánico + Físico	Flotación de Aceites	30-45	30-45	80-85	> 90
Mecánico + Fisicoquímico	Floculación/ Flotación	70-80	70-80	90-95	> 95
Mecánico + Físico + Bio.	Biológico	95-99	>95	>95	> 95
Mecánico + Fisicoquím + Biol	Biológico	95-99	>95	>95	> 95

Fuente: (CONAMA RM, 1998).

1.8- Oportunidades de aprovechamiento de los residuos cárnicos.

La industria cárnica genera residuos de contenido nutricional aprovechable, la misma se clasifica dentro del grupo productivo que genera sub-productos a una relación del 30% del peso vivo del animal (Ríos y Ramírez, 2012)

En los mataderos casi exclusivamente los únicos subproductos que se aprovechan son los despojos comestibles (corazón, pulmón, vaso e hígado) con los cueros o pieles. La sangre, las grasa, los huesos, las tripas, las glándulas y otros son hoy objeto de total utilización en países como Suecia, Dinamarca y Estados Unidos mientras que en otros se desperdician casi totalmente. En países como Suecia el valor de los productos recuperados e industrializados compensa los gastos de distribución, comprendiendo los gastos del transporte de la hacienda al matadero, del matadero a la carnicería y todos los gastos del sacrificio (Beltrán y Perdomo, 2007).

Generalmente, las principales alternativas que se han manejado con mayor o menor resultado para la reutilización y/o reconversión de los residuos cárnicos son: residuos utilizados como fuente de alimento animal, como fuente energética y como fuente de producción de abonos (Ríos y Ramírez, 2012; Del Hoyo, 2012; Beltrán y Perdomo, 2007; Falla, 1994) en la tabla 1.16 presentan algunas de las alternativas de aprovechamiento de los residuos cárnicos.

Tabla 1.16: Posibles usos de subproductos cárnicos.

Subproductos Cárnicos	Posibles Usos
Huesos	Alimentación animal y elaboración de artesanías
Sebos	En panaderías u pastelerías, elaboración de jabones y cosméticos
Bilis	Aplicación en suelo como fertilizante
Pelos	Cepillos y pinceles
Cuernos y Pezuñas	Elaboración de artesanías
Rumen y estiércol	Elaboración de biogás, alimentación animal y producción de abonos.
Glándulas	Extracción de hormonas
Intestinos	Elaboración de cuerdas de guitarra y raquetas
Sangre	Alimentación humana (embutidos) y animal (piensos), elaboración de clarificantes, plastificantes, pinturas, barnices, aglutinantes y en la industria farmacéutica (sueros biológicos, plasma sanguíneo)

Fuente: Elaboración propia a partir de:

1.9. Conclusiones Parciales.

1. La industria cárnica es uno de los sectores productivos con mayor consumo de agua, debido a los altos estándares de higiene y calidad que le son exigidos.
2. El consumo de agua en industrias cárnicas tiene un amplio rango en valores según la bibliografía consultada.
3. La industria cárnica dentro de las industrias de alimentos es una de las que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente.
4. El impacto ambiental del residual líquido de la industria cárnica y su reducción es un tema actual y frecuentemente tratado en la literatura especializada.
5. Las oportunidades de aprovechamiento de los residuos de la industria cárnica tienen una gran aplicación en la actualidad.
6. La implementación de prácticas de PML en el sector industrial cárnico permite alcanzar un mejor desempeño ambiental mediante el uso racional y adecuado de los recursos.

Capítulo 2

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1- La industria cárnica en Cuba.

La producción de carne y su industrialización posterior constituyen parte importante de la industria alimentaria en Cuba. En su conjunto esta actividad comprende la matanza, el beneficio de carne y el procesamiento de subproductos y desechos para su reaprovechamiento. En nuestro país según GEIA (2015), se registran 33 líneas para el sacrificio de ganado vacuno, 37 de ganado porcino y 48 fábricas empacadoras, con una capacidad diaria nominal para sacrificar 2 160 cabezas de ganado vacuno, que representa 756 toneladas en pie; 6 950 cabezas de ganado porcino, que representa 590 toneladas en pie y 356,5 para la elaboración de carnes en conservas.

El sector de la industria cárnica en Cuba cuenta con varias problemáticas como la obsolescencia tecnológica; deficiente estado técnico de los sistemas de refrigeración y vapor; condiciones higiénico- sanitarias insatisfactorias por afectaciones constructivas de la infraestructura civil de las instalaciones, lo que afecta sensiblemente la calidad de las producciones y la garantía de la inocuidad; déficit de equipos de laboratorios para los ensayos requeridos, tanto a las materias primas como a los productos terminados y la falta de medios de transporte especializados para la comercialización de sus producciones y para el traslado de materias primas entre empresas (GEIA, 2015).

2.2- Caracterización de la Empresa Cárnica Cienfuegos (ECC).

2.2.1- Generalidades

La ECC es de Subordinación Nacional, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria, su domicilio social se encuentra en la Carretera a Recurso Km. 1 ½ en el Municipio Palmira, fue creada con personalidad jurídica propia mediante la Resolución Ministerial Número 94 de fecha 19 de julio de 1991.

Limita por el este con el Matadero de aves (actualmente desactivado), en la misma dirección a 1 km el poblado de Palmira, al norte con la finca de un campesino y a 2 km del Batey “La Peseta”, con el poblado de Recursos a 2 km al oeste y al sur con áreas de autoconsumo y/o cañeras de la Empresa Azucarera “Elpidio Gómez”.

Esta empresa que se puso en marcha en 1991 posee una tecnología de los años 80 perteneciente al campo socialista y a la antigua URSS. Su capacidad de procesamiento diaria de diseño es de 65 reses y 250 cerdos lo que garantizaría el balance cárnico de la provincia Cienfuegos y otras cercanas, actualmente se procesan diariamente 80 reses y 300 cerdos la

falta de piezas de repuestos y de un mantenimiento adecuado afecta frecuentemente su operación.

En ella actualmente laboran un total de 452 trabajadores, de ellos 73 son profesionales de nivel superior, 87 técnicos medios, 92 con nivel medio superior, 199 con noveno grado y 1 con sexto grado los mismos se distribuyen por las diferentes áreas, garantizando con su trabajo la diversificación de las producciones y su calidad, del total, 363 son directos a la producción y se distribuyen por categoría ocupacional como sigue: 18 cuadros, 54 servicios, 63 técnicos, 6 administrativos y 311 obreros, como se muestra en la figura 2.1

La Empresa se estructura y organiza internamente en cuatro direcciones funcionales (Dirección General, Dirección Técnica y Desarrollo, Dirección Contable Financiera, Dirección de Recursos Humanos, y tres unidades empresariales de bases (UEB de Producción, UEB de Aseguramiento, UEB de Ventas), que a su vez cada una tiene áreas de regulación y control, grupos de trabajos, y las brigadas socialistas de trabajo como se muestra en la figura 2.2

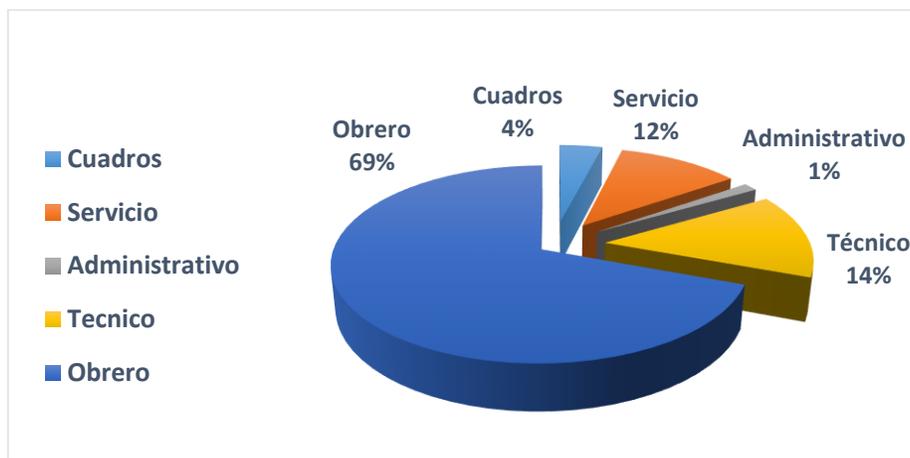


Figura 2.1: Distribución de trabajadores por categoría ocupacional

Fuente: Elaboración propia

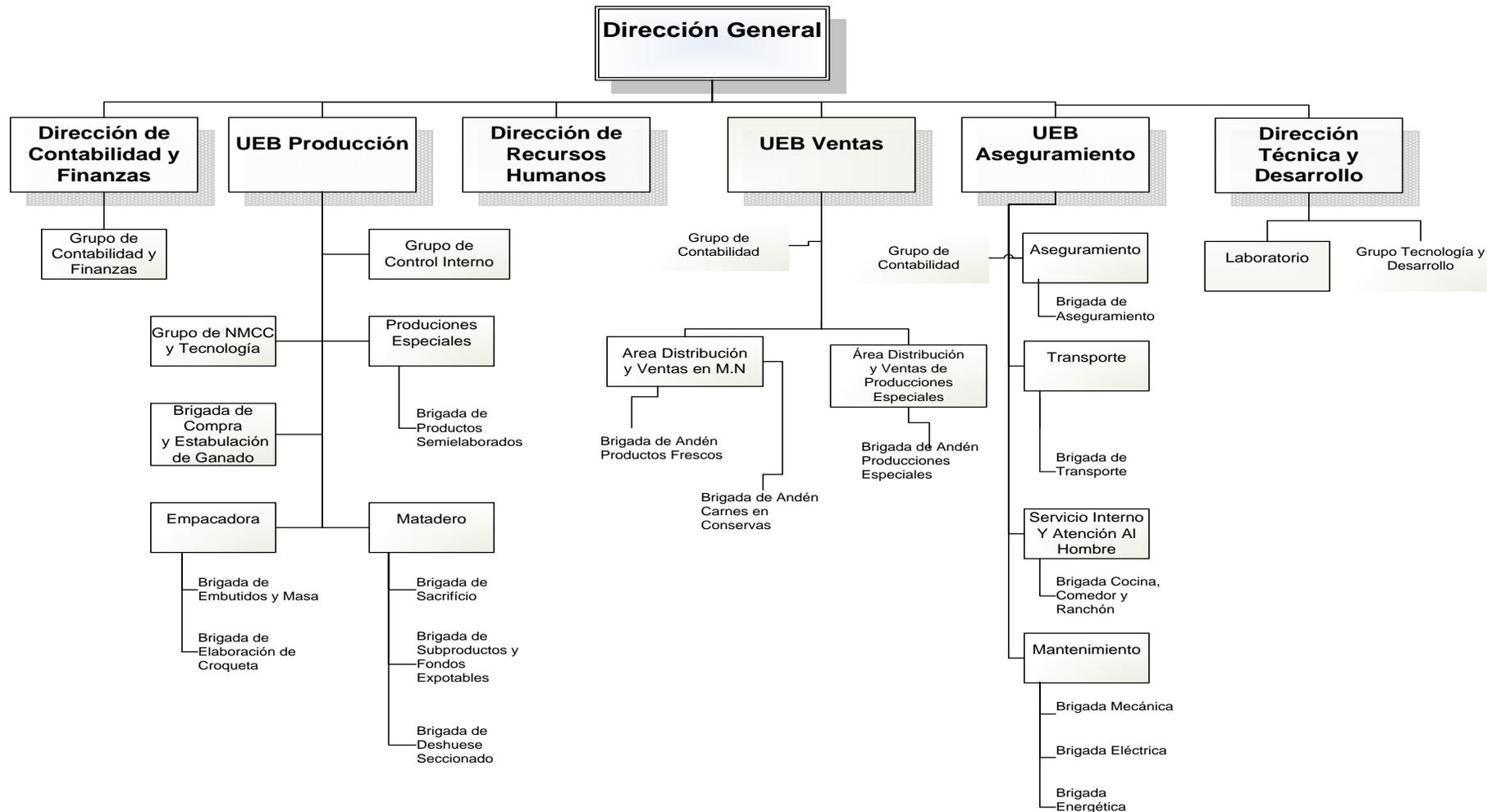


Figura 2.2 Estructura organizativa Empresa Cárnica Cienfuegos

Fuente: Becerras, 2016.

2.2.2- Planeamientos Estratégicos.

Misión

Elaborar y comercializar productos cárnicos y sus derivados, que satisfagan las demandas del balance cárnico y el mercado en divisas, con eficiencia y eficacia en su gestión, garantizando la plena satisfacción de sus clientes.

Visión

Es una empresa líder en el mercado de productos cárnicos y sus derivados, que desarrolla eficientemente y eficazmente su gestión, buscando constantemente la excelencia empresarial con un personal profesional experimentado, logrando así superar las expectativas de sus clientes.

Objeto Empresarial.

- ✓ Efectuar el sacrificio de ganado mayor y menor, en pesos cubanos.
- ✓ Producir y comercializar de forma mayorista carnes y sus derivados de distintos tipos y calidades, carnes frescas, carnes en conservas y grasas, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- ✓ Obtener, elaborar y comercializar de forma mayorista subproductos comestibles y no comestibles como cuero, sebo, astas, pezuñas, bilis y pelos, en pesos cubanos y convertibles.
- ✓ Comercializar de forma mayorista productos elaborados por otras entidades del sistema de la Unión de la Carne, Aceites y Grasas Comestibles, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- ✓ Comercializar de forma mayorista soya texturizada a las entidades que se autoricen, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- ✓ Ofrecer servicios de transportación de cargas, en peso cubano y cumpliendo con las regulaciones establecidas al respecto.
- ✓ Comercializar de forma mayorista a precio de costo y en pesos cubanos a las empresas del sistema de la Unión de la Carne, Aceites y Grasas Comestibles, materias primas y materiales para el insumo propio de la industria.

2.2.3- Desempeño ambiental

La ECC cuenta con una Estrategia Ambiental en concordancia con la política nacional establecida por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo.

La Estrategia Ambiental de la ECC está basada en objetivos específicos como es minimizar la generación de residuales, incrementar el aprovechamiento sostenido de los mismos, usar eficientemente las materias primas y materiales, reducir las cargas contaminantes emitidas, entre otros. Actualmente los problemas más significativos son:

1. Consumo excesivo de agua.
2. Contaminación del río Salado por el vertimiento de los residuales líquidos industriales sin cumplir parámetros establecidos.
3. Contaminación del suelo por el vertimiento de los residuales sólidos.

Estos problemas ambientales tienen su origen desde la propia puesta en marcha de la fábrica, ya que la planta de tratamiento de sus residuales líquidos nunca fue eficiente, dada su construcción con un nivel superior al de la industria que requiere de un sistema de bombeo poco efectivo con una capacidad de 248 m³/h y alto consumidor de energía eléctrica. La carga contaminante y el volumen de estos residuales se ha incrementado con el aumento de los niveles productivos y las dificultades tecnológicas de la industria.

2.2.4- Desempeño productivo.

La ECC cuenta con un plan de producción estimado por día de 300 cerdos y 80 reses, esto es muy flexible pues depende de la cantidad de animales que sean recibidos y de la demanda de carne que exista. Durante los años (2014 – 2017) en la industria fueron sacrificados un promedio de 72448 cerdos/año con un peso de 99 kg/cerdo y 18492 reses/año con un peso de 360 kg/res. En la tabla 2.1 se puede apreciar detalladamente la cantidad de animales sacrificados por años con su peso de entrada y el peso de nuestra materia prima que es la suma del peso del ganado vacuno más el porcino.

Tabla 2.1: Cantidad de animales sacrificados y peso de los mismos durante los años (2014-2017).

Años	Vacuno	Peso Entrada, t	Porcino	Peso Entrada, t	Materia Prima, t
2014	18 408	6 607.5	73 994	7 219.6	13 827.1
2015	17 431	6 278.8	73 054	7 126.8	13 405.6
2016	17 839	6 553.1	70 478	6 943.3	13 496.4
2017	20 291	7 169.1	72 267	7 393.6	14 562.7
Promedio Anual	18 492	6 667	72 448	7 155	13 822.95

Fuente: Elaboración propia a partir de:

Durante los años 2014-2017 con el producto cárnico obtenido del sacrificio de estos animales, que es nuestra materia prima principal, la empresa ha dado cumplimiento a su misión y objeto social a pesar que el comportamiento de sus registros productivos ha tenido inestabilidad como se muestra en la figura 2.3.

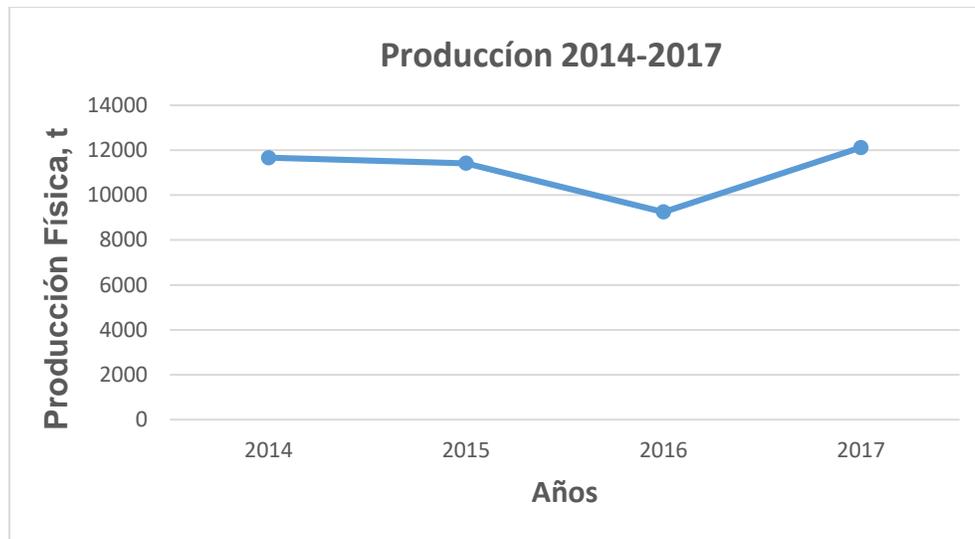


Figura 2.3: Producción anual de la ECC en el período 2014-2017.

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de producción (Producción Física) se mide a través de cuatro renglones productivos: **carne deshuesada de res, cerdo en banda, carnes en conservas y masas de croqueta**. En la tabla 2.2 se puede apreciar la producción en toneladas de cada producto durante el período 2014-2017.

Tabla 2.2: Toneladas de producción por indicadores anuales.

Indicadores	2014	2015	2016	2017	Total
Carne Deshuesada de Res, t	1 905	1 937.2	2 068.4	2 169.7	6 011.9
Cerdo en Banda, t	4 938.76	4 875.34	4 749.8	5 057.8	19 621.7
Carnes en conservas, t	4 445	4 214.8	4 136.4	4 503.3	17 299.5
Masa Croqueta, t	377.6	389.6	366.3	384.4	1 517.9
PRODUCCION TOTAL	11 666.4	11 416.9	9 252.5	12 115.2	

Fuente: Elaboración propia a partir de:

El producto más representativo es el de cerdo en bandas que representa el 51% de la producción física, seguido de las carnes en conservas que representa el 31%, carne deshuesada de res 15 % y masas de croqueta el 3%.

Con el fin de determinar los productos más influyentes dentro del indicador de carnes en conserva se ha hecho un estudio al respecto, tomando como referencia el año 2017 por ser el de mayor producción dentro del período analizado. En la tabla 2.3 se muestran los productos que entran dentro del indicador de carne en conserva y su comportamiento.

Tabla 2.3: Producción de carnes en conserva durante el año 2017.

Carnes en conserva	ton/año
Ahumadas	0.699
Saladas de Cerdo	736.164
Embutidos	867.18
Picadillos y Masas	1 899.30

Fuente: Elaboración propia

En la producción de carnes en conserva se destaca la producción de embutidos, picadillos y masas. A continuación, se muestran los resultados de la producción por productos elaborados durante el año 2017.

Tabla 2.4: Producción de embutidos, picadillos y masas durante el año 2017.

Embutidos	ton/año	Picadillos y Masas	ton/año
Morcilla	0.279	Picadillo criollo MN	1.279
Salchichón	0.822	Picadillo Res	56.711
Butifarra	8.169	Masa Hamburguesa	57.951
Salame	13.669	Hamburguesa	144.253
Fiambre	20.96	Masa Chorizo	145.152
Chorizos	36.853	Picadillo Extendido	231.016
Jamonadas	200.721	Masa Albóndiga	246.051
Jamones	221.269	Masa Spam	304.261
Mortadellas	1 364.45	Picadillo Condimentado	712.541

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se aprecia claramente que los productos de mayor significación son la mortadella con el 73% de la producción de embutidos y los picadillos destacándose el condimentado con un 38% dentro del indicador de picadillos y masas; esto debido a que la empresa trabaja principalmente para dar cumplimiento a los encargos estatales dando prioridad a la producción de la canasta básica y el surtido de hospitales, escuelas, círculos infantiles y algunos organismos.

2.3 - Descripción del proceso productivo de la ECC

La ECC realiza la matanza de cerdos y reses, contando con un sistema de cadena de fabricación en varias etapas y secciones consecutivas como se puede apreciar en la figura 2.4.

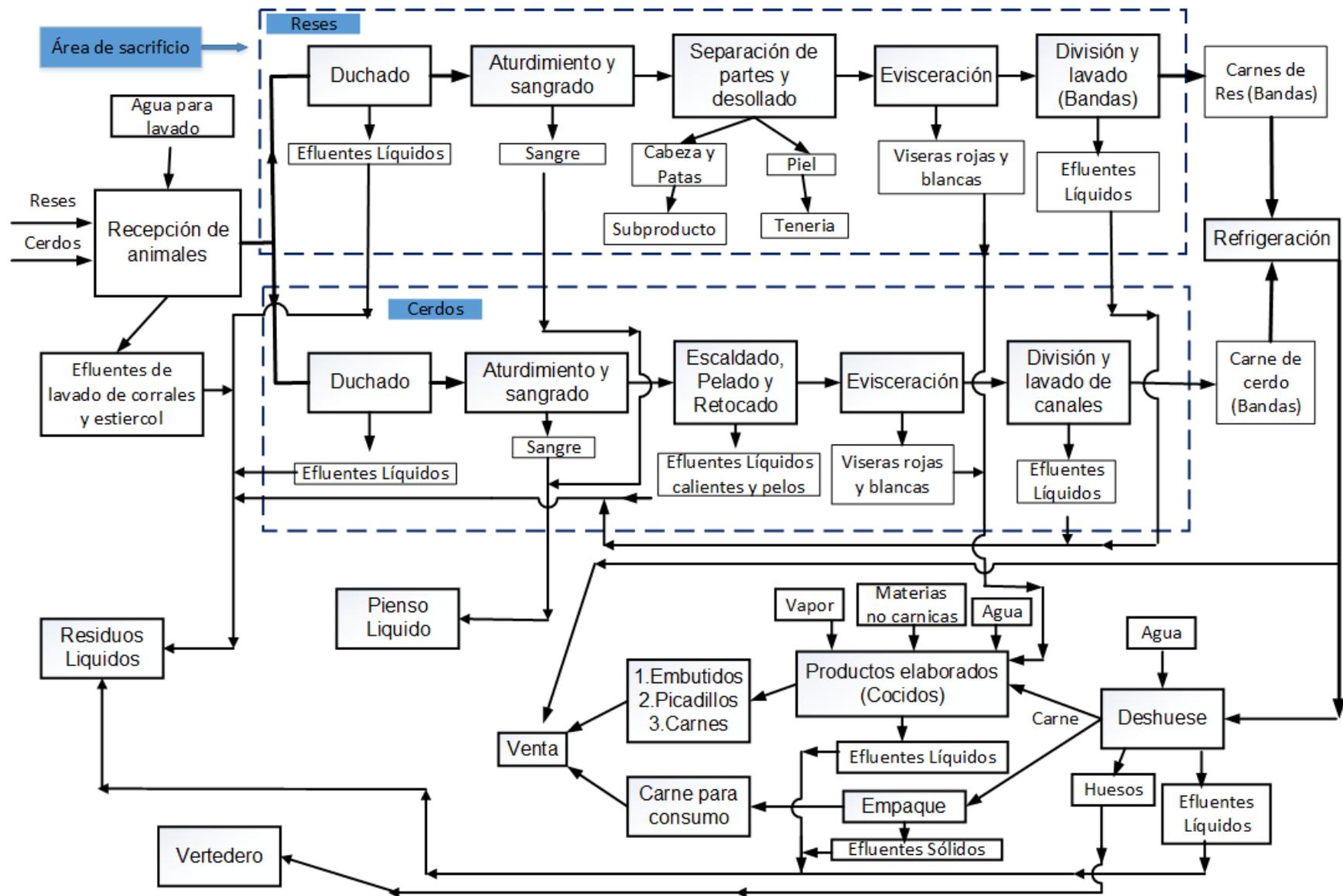


Figura 2.4: Diagrama de flujo del proceso general con entradas y salidas.

Fuente :Elaboracion propia.

Las etapas del proceso se describen de la siguiente forma:

1- Recepción de animales: El proceso de recepción de animales consiste en la estancia reglamentada de 12-96 horas que deben permanecer en corrales antes del sacrificio. Todo animal destinado al sacrificio durante este tiempo es sometido a una inspección veterinaria la cual tiene por objeto el seleccionar sólo aquellos animales debidamente descansados y que no presenten síntomas algunos que hagan sospechar la presencia de enfermedades.

2- Sacrificio: La etapa de sacrificio está compuesta por dos líneas de producción una de cerdo y otra de res. En ambas líneas se realiza el duchado luego el aturdimiento y desangrado, seguido en el caso de los cerdos por el proceso de escaldado, pelado, retocado y separación de pezuñas, y en las reses separación de partes y desollado; pasando ambos a la evisceración y finalmente la división y lavado de las bandas (ver anexos 1 y 2).

- **Duchado:** Se realiza previo al sacrificio, para la limpieza de los animales, consume abundante cantidad de agua emitiendo efluentes líquidos con una elevada carga orgánica .
- **Aturdimiento y desangrado:** El animal es conducido desde la manga de baño por donde entra a la planta de proceso hasta el cuarto de matanza donde se efectúa el sacrificio, el cual se realiza a través de atronamiento eléctrico utilizando una lanza como electrodo y el suelo del encerradero como el otro. Una vez aturdido el animal, se procede al sacrificio y realizar un desangrado lo más completo posible, en un lapso recomendado de 3 a 5 minutos. Esto se hace elevando al animal a un área de recolección de sangre y realizando el degüello a través de corte del animal para drenar la sangre.
- **Separación de partes y desollado (res):** La separación de partes y desollados se realiza mediante un conjunto de operaciones que se efectúan con el animal sujeto a rieles aéreos, en forma seriada, mediante un movimiento continuo. Primeramente, se separa la cabeza y las patas que se llevan al proceso de inspección y lavado, obteniendo partes como la lengua, los cachetes y el cerebro para el uso comercial. Luego se realiza una apertura a lo largo de la línea ventral para el desuello del tórax, brazo, antebrazo, pecho, espalda y paleta
- **Escaldado, pelado, retocado y separación de pezuñas (cerdos):** El escaldado consiste en el baño de los cerdos sacrificados con agua caliente durante un tiempo de 3.5 minutos a una temperatura entre 62 y 65 °C. Este proceso prepara la piel del cerdo

para eliminación del pelo y facilita la separación de las pezuñas. El pelado se realiza de forma mecanizada en peladoras que cuentan con paletas para girar al cerdo, aspersores de agua que eliminan rápidamente las cerdas y suciedades desprendidas, y elementos raspadores no metálicos para evitar dañar la piel. Después del pelado, los cerdos se cuelgan, se le extraen las pezuñas y se retocan con cuchillos y los restos de cerdas aún adheridas.

- **Evisceración:** Luego de desollado, se procede a abrir el pecho y el resto de la cavidad abdominal, para proceder a la extracción de las vísceras pélvicas, abdominales y torácicas. El rumen del estómago e intestinos es separado y limpiado para procesos posteriores o su venta como subproducto de la matanza. Otras menudencias resultantes (corazón, riñones, hígado, etc.) son separadas, lavadas y enfriadas para su distribución final.
- **División y lavado de las canales:** Luego de la evisceración, la carne es dividida a lo largo de su línea media dorsal en dos medias carnes, seguidamente son lavadas a presión con abundante agua potable.

3- Refrigeración: La etapa de enfriamiento dura entre 15 – 24 horas, a temperaturas entre 0 – 6 °C, debido a que la carne es más fácil de manipular a temperaturas más bajas.

4- Deshuese: El deshuese se realiza luego de haber pasado por la etapa de enfriamiento, Consiste en la separación de la estructura ósea de la carne para su comercialización en cortes. Es decir, dividir los cortes primarios de la carne en pedazos más pequeños (cortes selectos) para su posterior venta o utilización en la elaboración de productos cocidos.

5- Productos elaborados cocidos: En el área de productos elaborados cocidos se elaboran todos los productos cárnicos comercializados por la ECC a partir de nuestra materia prima.

6- Empaque: Es el área en la cual se empacan todas las carnes listas para su posterior venta.

7- Venta: Área donde se distribuye la mercancía para comercialización de entidades y empresas.

2.4- Ciclo del agua en la ECC

La ECC es abastecida de agua mediante pozos propios a través de un sistema de bombas sumergibles a 27 metros de profundidad, actualmente la bomba que se encuentra funcionando tiene una capacidad de 58 m³/h aproximadamente la cual consume 33 kW/h y

trabaja un promedio de 16 horas diarias los días laborales y 4 horas diarias el resto de los días, debido a problemas de salideros y malas prácticas de los operarios lo cual provocaba un excesivo gasto de agua y por ende una pérdida económica. El agua es impulsada por la bomba hasta un tanque elevado de 30 m de altura con una capacidad de 200 m³, antiguamente el agua era almacenada en una cisterna de 400 m³ de la cual se enviaba al tanque elevado, siguiendo su recorrido por gravedad hasta un metro contador instalado en la entrada de la industria y del cual se alimentan todas las áreas como se muestra en la figura 2.6. De todas estas instalaciones se generan aguas residuales que se trasladan por redes de tuberías incorporándose a un emisario común siguiendo su curso por gravedad hasta un foso de precipitación de 90 m³ donde es succionada por una bomba sumergible que la impulsa hasta llegar a las lagunas conectadas en serie de las cuales van pasando sucesivamente por cada una hasta alcanzar un nivel de tratamiento que le permitan ser vertidas al río Salado. La figura 2.5 muestra el diagrama de flujo del ciclo del agua.

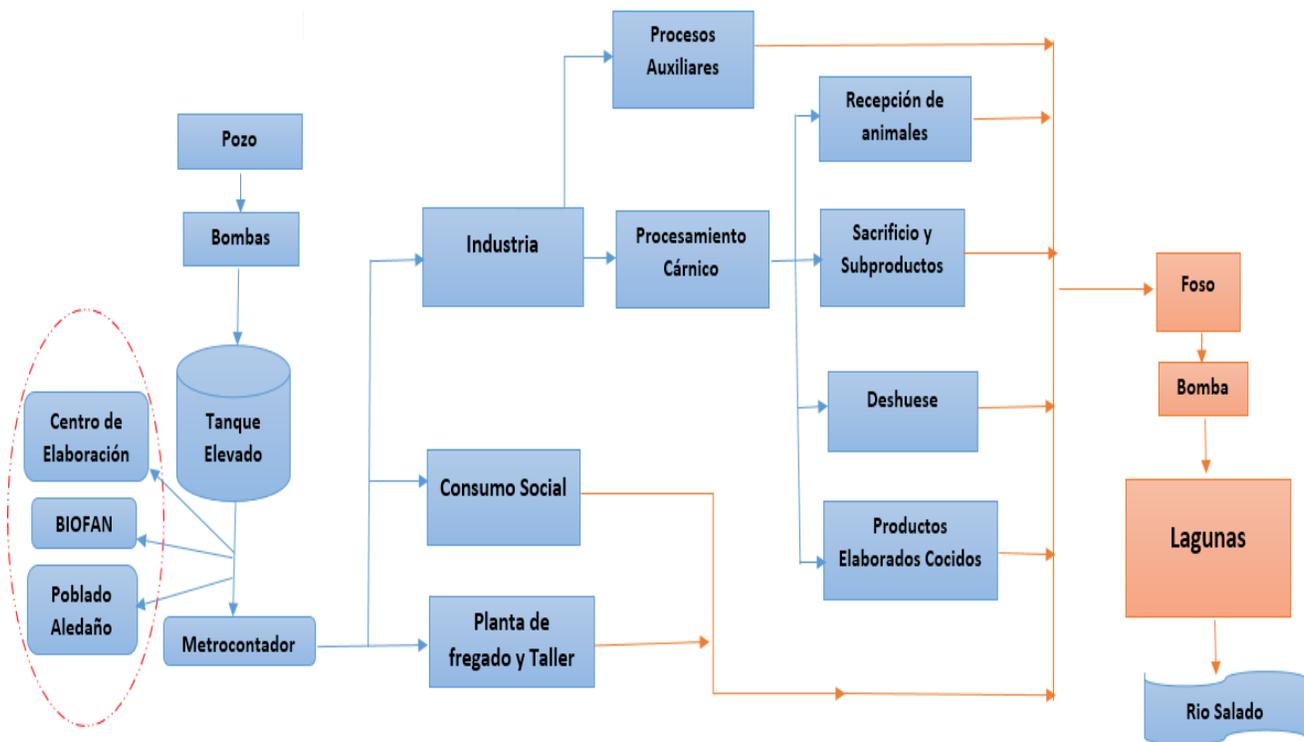


Figura 2.5: Diagrama del ciclo del agua de la ECC.

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de agua en la empresa durante los últimos cuatro años contabilizado por el metro contador arrojó los valores mostrados en la tabla 2.5, teniendo consumos promedios anuales en el orden de 241 830 m³.

Tabla 2.5: Consumo de agua de la ECC durante los años (2014 – 2017)

Años	2014	2015	2016	2017
Meses	Cons. m³	Cons. m³	Cons. m³	Cons. m³
Enero	9 720	30 650	20 490	19 970
Febrero	18 940	21 650	19 480	19 600
Marzo	18 780	22 100	19 565	20 370
Abril	17 100	13 850	9 980	13 910
Mayo	18 410	15 750	20 420	18 850
Junio	20 370	18 900	20 230	19 235
Julio	20 190	19 550	21 960	19 675
Agosto	22 510	19 830	20 950	21 005
Septiembre	25 120	21 420	21 620	22 000
Octubre	26 830	22 640	9 500	21 250
Noviembre	21 870	23 100	24 345	21 700
Diciembre	22 380	23 725	23 240	22 590
Total	242 220	253 165	231 780	240 155

Fuente: Elaboración propia

La correlación entre las toneladas procesadas y el consumo de agua durante los últimos cuatro años se ilustran en la figura 2.6:

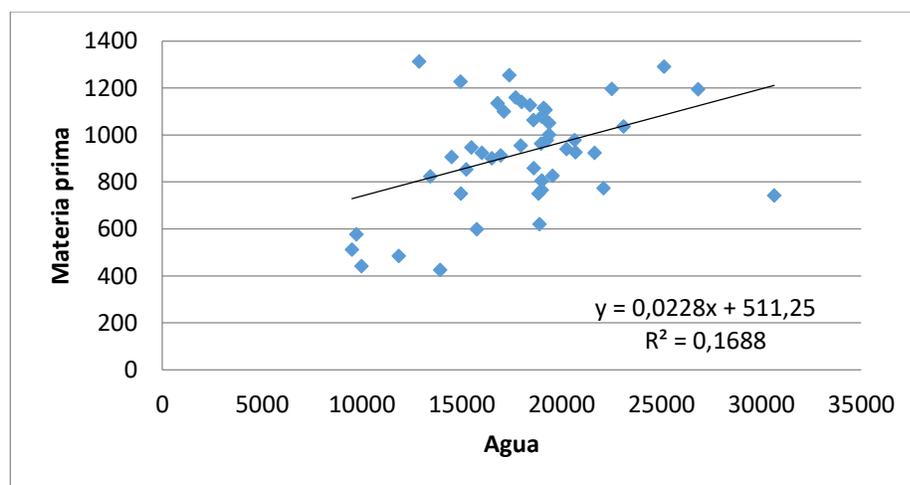


Figura 2.6: Correlación del consumo de agua por toneladas de materia prima procesadas en el período 2014-2017.

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis se concluye que no existe en la empresa una correspondencia entre las toneladas de producto procesados con el consumo de agua. Nunca se ha realizado un estudio que arroje las causas que han estado o están provocando esta situación, por lo que se decide analizar el comportamiento del consumo de agua en la entidad mediante métodos experimentales, con el fin de demostrar cuán importante es el uso racional de la misma para mejoras económicas y sobre todo para el medio ambiente.

2.5- Causas del uso ineficiente del agua en la ECC.

La ECC tiene un uso ineficiente del consumo de agua debido fundamentalmente a las causas mostradas a continuación:

1. **Disponibilidad a bajo costo del consumo de agua**, al contrario de lo que sucede con la energía, cuando el agua está disponible a bajos costos no existe un interés o incentivo para evitar los desperdicio y reducir el consumo.

En la actualidad la empresa paga el m³ de agua a 0.10 centavos más 0.02 centavos del 50% del consumo total y 0.2332 centavos el kW de electricidad. Nunca ha sido de interés para los representantes de la misma el costo del agua teniendo valores promedios anual en el orden de los (26 600 CUP), insignificante comparado con otros indicadores como es la electricidad que cuesta anual un promedio de (362 850 CUP) como se puede apreciar en la tabla 2.6.

Tabla 2.6: Costo anual del consumo de agua y de electricidad en el período 2014-2017.

Años	2014	2015	2016	2017
Costo de la electricidad, CUP	329 849.04	354 647.30	372 880.74	394 028.01
Costo del agua, CUP	26 642.2	27 848.14	25 495.8	26 417.05

Fuente: Elaboración propia.

2. **No se registra el consumo de agua por área** lo cual no permite realizar un seguimiento y control del uso del recurso en la planta y de los puntos críticos de su consumo.
3. **Existen mangueras sin dispositivos de cierre** siendo esta una de las causas más comunes del desperdicio de agua. (ver figura 2.7).



Figura 2.7: Mangueras sin dispositivos de cierre en la ECC.

Fuente: Elaboración propia.

4. **Se presentan fugas y goteos en tuberías por uniones defectuosas** especialmente en acoples, válvulas y demás accesorios o por rupturas y perforaciones en mangueras, sobre todo en los puntos de flexión.
5. **Se usa agua de la misma calidad en diferentes operaciones:** la calidad del agua que se requiere en las distintas etapas del proceso no es necesariamente la misma y sin embargo no es común encontrar que esto se discrimine en el momento de consumirla, por ejemplo, se emplea agua tratada tanto para el lavado de las bandas como para el lavado de áreas sucias, lo que es un reflejo de la falta de integración y reutilización de los flujos de agua.
6. **Falta de capacitación de los operarios** los cuales desconocen los impactos ambientales y económicos del uso ineficiente del recurso hídrico se presentan prácticas y actitudes que generan desperdicios. Por ejemplo, se presentan casos donde los operarios por descuido y falta de conciencia dejan abiertas las válvulas de las tuberías de agua sin ninguna justificación.

El elevado consumo de agua y su desperdicio ejerce una presión permanente sobre las fuentes, comprometiendo la disponibilidad del recurso para las futuras generaciones. Un uso ineficiente del recurso hídrico implica mayores costos de operación, tanto por el consumo en si como por una generación elevada de aguas residuales que a su vez exige mayores recursos para su tratamiento.

2.6- Balance de agua y métodos utilizados para realizarlo.

Para poder cuantificar los volúmenes de agua que se extraen o se vierten en un período determinado es necesario realizar el balance de agua a lo largo del proceso productivo para lo cual identificamos anteriormente los puntos críticos del consumo en los cuales basaremos nuestro estudio.

Según Ochoa, 2011 y Álvarez, 2016 podemos determinar la cantidad de agua consumida empleando los siguientes métodos:

- Medición del gasto mediante método volumétrico.
- Método de la escuadra para medir del gasto
- Método de carga piezométrica para medir el gasto

Medición del gasto mediante el método volumétrico

Estos volúmenes se determinan mediante el cálculo del gasto o caudal del sistema hidráulico. Para determinar el gasto, Q , del agua en un sistema hidráulico, se puede medir directamente el volumen, V , en un recipiente y el tiempo, t , con un cronómetro, o bien indirectamente a través de la velocidad del agua o mediante la presión como se observa en la figura 2.8.



Figura 2.8: El método volumétrico para medir el gasto.

En esta investigación fue posible utilizar este método volumétrico que es el más sencillo pero difícil de aplicar, solamente resulta útil para gastos pequeños y donde las características físicas lo permitan.

Se midió el gasto de todos los grifos utilizados en el proceso y mangueras de limpieza del local. Para la medición se utilizó un recipiente de 5 litros y un cronómetro y se repitió 10 veces, mediante esta forma calculamos el tiempo de llenado y así determinamos su flujo y gasto durante la jornada de trabajo.

Existen también varios tipos de medidores que nos permiten conocer el consumo de agua entre ellos:

- ✓ Medidores de velocidad
- ✓ Medidores de carga de velocidad
- ✓ **Medidores ultrasónicos** (figura 2.9)
- ✓ Medidores electromagnéticos
- ✓ Medidores de presión diferencial

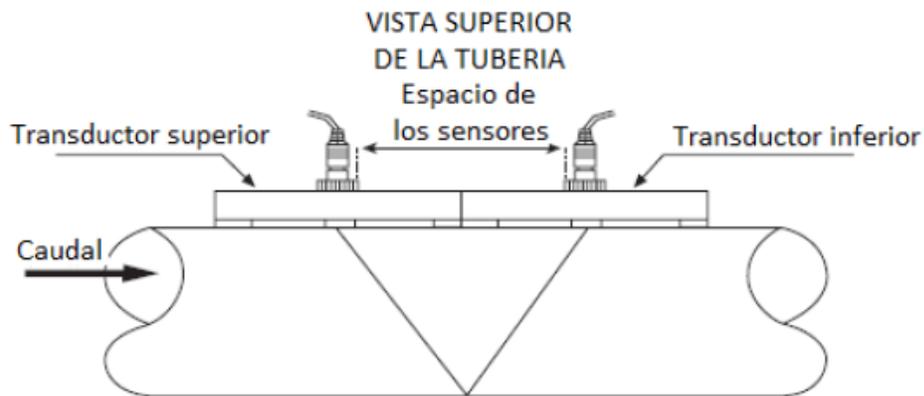


Figura 2.9: Método ultrasónico. Fuente: Pce-Iberica, 2014)

Para corroborar los resultados obtenidos por el método volumétrico se utilizó un **Caudalímetro digital TDS-100** que incorpora los últimos circuitos integrados creados por los famosos fabricantes de semiconductores Philips, Maxim, TI, Winbond, y Xilinx. El hardware cuenta con una facilidad de manejo, una alta precisión y una gran fiabilidad mientras que el software proporciona un manejo sencillo del interfaz y muchas más funciones. (Pce-Iberica, 2014)

Emplea un circuito de encendido multi-pulso de baja potencia balanceado patentado que incrementa la resistencia anti interferencias para que el caudalímetro funcione correctamente incluso si se trabaja cerca de ambientes industriales con inversores de frecuencia de gran potencia. (Pce-Iberica, 2014)

La instalación del método V es el modo más común para la medición diaria de tuberías cuyo diámetro interior van desde los 20 mm hasta los 300 milímetros. También se llama modo o método reflectivo. (Pce-Iberica, 2014).

2.7- Tratamiento de aguas residuales de la ECC.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ECC está diseñado para tratar como máximo 500 m³ de efluentes líquidos/día, según el Proyecto de rehabilitación de las lagunas de oxidación, realizados por la Empresa de Investigación y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara (IPF), 2015.

El sistema está compuesto por un pretratamiento (rejas y trampas de grasa) encargados de eliminar los sólidos gruesos y finos, y los aceites y grasas; un tratamiento primario (físico) que consiste en un foso de precipitación y la utilización de cribas (ver anexo 3); y por último un tratamiento secundario (biológico) compuesto por cuatro lagunas de oxidación abiertas (ver anexo 4); una anaerobia la cual combina la sedimentación de sólidos y su acumulación en el fondo, con la flotación de materiales del agua residual en la superficie y con biomasa activa suspendida en el agua residual o adherida a los lodos sedimentados y a la nata flotante, que realiza un proceso anaerobio a tasa baja donde la materia orgánica es estabilizada mediante su transformación en dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) principalmente, seguida de tres facultativas las cuales operan en su estrato superior como lagunas aeróbicas, en su estrato inferior como lagunas anaerobias, y en el estrato intermedio con la presencia de bacterias facultativas donde se crea el estrato particular llamada zona facultativa. En la tabla 2.7 podemos observar los parámetros para los cuales fueron diseñadas estas lagunas.

Tabla 2.7: Parámetros de diseño de las lagunas de oxidación de la ECC

Lagunas Parámetros	Anaerobia	Facultativa		
	No 1	No 2	No 3	No 4
DBO ₅ del efluente (mg/L)	534.50	160.35	48.11	14.13
Tiempo de Retención (días)	11.03	16.7	13.67	13.35
Volumen de la laguna (m ³)	6 179.37	9 053.67	7 655.44	745.27
Profundidad (m)	4.00	3.00	3.00	3.00

Fuente: IPF, 2015.

El vertimiento de las lagunas es hacia el río Salado, a través de un colector. Según la **NC 27:2012**. Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado. Especificaciones; Acorde al capítulo N° 5 el cuerpo receptor al cual se vierten los residuales líquidos se clasifica como clase “A”, para el cual se exigen los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la concentración mostrados en la tabla 2.8.

Tabla 2.8: Límites Máximos Permisibles (LMP) para cuerpo receptor clase “A”, según NC 27:2012.

Parámetros	UM	Magnitud
pH	U	6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	μS/cm	1 400
Temperatura	°C	40
Grasas y aceites	mg/L	10
Sólidos Sedimentables totales	mL/L	1
Materia flotante	-	Ausente
Oxígeno disuelto	mg/L	> 4
DQO	mg/L	70
DBO ₅	mg/L	30
Nitrógeno total (Kjd)	mg/L	5
Fósforo total	mg/L	2
Coliformes fecales	NMP/100mL	200

Fuente: Elaboración propia.

Tomando como referencia algunos parámetros analizados a las lagunas de oxidación (DQO, DBO₅, pH y conductividad electrónica) por instituciones como, GEARH, CEAC y CITMA en el período comprendido entre los años 2011 – 2017 llegamos a la conclusión que los mismos tienen valores promedios en las aguas de residuales una vez tratadas como los expuestos en la tabla 2.9 y teniendo comportamientos inestables como se aprecia en las figuras 2.10, 2.11, 2.12 y 2.13.

Tabla 2.9: Valores promedios de parámetros medidos a las aguas de residuales en el periodo del (2011 – 2017).

Parámetros	Valores Promedio	Establecido Cuerpo receptor clase “A”
pH	8.2	6.5-8.5
CE (μS/cm)	2012	1400
DBO ₅ (mg/L)	46	30
DQO (mg/L)	247	70

Fuente: Elaboración propia.

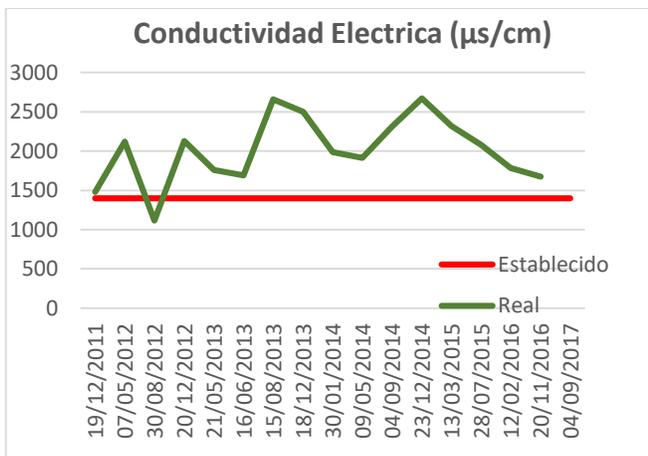


Figura 2.10: Conductividad Eléctrica (µs/cm)

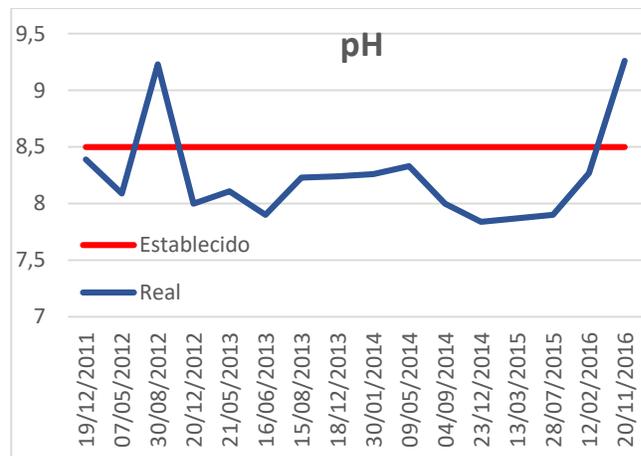


Figura 2.11: pH

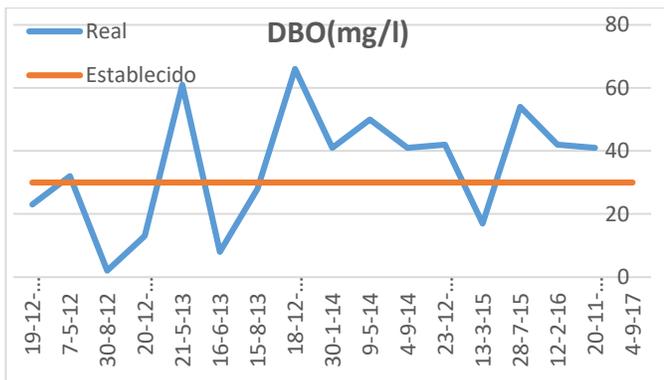


Figura 2.12: DBO5(mg/l)

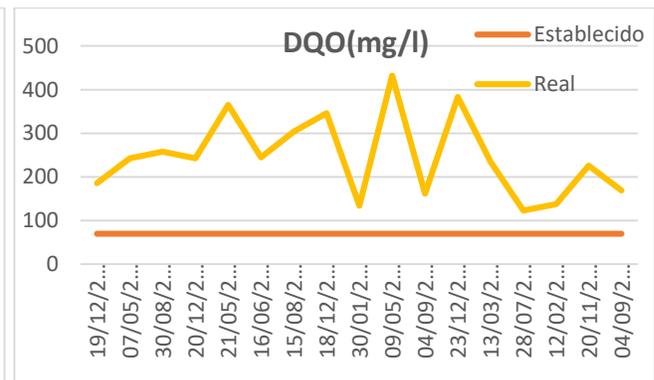


Figura 2.13: DQO(mg/l)

Fuente: Elaboración propia.

De forma general se puede observar claramente que la mayoría de los análisis realizados al efluente durante el periodo 2011-2017 reportan valores por encima de lo permitido por la NC 27/2012, lo que implica que esta fábrica no cumple con el Límite Máximo Permisible Promedio (LMPP) según las normas ambientales para las concentraciones de las descargas de sus aguas residuales, atendiendo a la clasificación de este cuerpo receptor clasificado cualitativamente como clase A y que comprende zonas prioritizadas de conservación ecológica como el río Salado que tributa a la bahía cienfueguera, por lo que se viola la Legislación Ambiental vigente en el país, destacando entre las más significativas las regulaciones siguientes:

Ley No. 81/97: Del Medio Ambiente (artículo 95).

- Ley No. 124/14: De las Aguas Terrestres
- Decreto Ley 138/93: De Las Aguas Terrestres (Artículo 17).
- Norma Cubana NC 27:2012: Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado.

2.8-Conclusiones Parciales.

1. No existe en la empresa una correspondencia entre las toneladas de productos procesados con el consumo de agua, nunca se ha realizado un estudio que arroje las causas que han estado o están provocando esta situación.
2. La estrategia ambiental trazada por la ECC no logra darles cumplimiento a todos los problemas existentes en la actualidad.
3. El sistema de tratamiento de residuales no cumple, ni ha cumplido con la mayoría de los parámetros establecidos por la NC: 27/2012 ni siquiera después de haber sido rehabilitado en el año 2015.

Capítulo 3

CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL CICLO DE AGUA EN LA ECC Y PROPUESTA DE ACCIONES DE PML.

En el capítulo se realizará el análisis cuantitativo del consumo de agua en los principales puntos de entrada al proceso y la incorporación de materia orgánica al efluente de residuales, además de proponer acciones de producción más limpia para mejorar la eficiencia en el ciclo del agua y reducir el impacto ambiental negativo que causa la ECC.

3.1- Entradas.

El agua que es consumida por la ECC es contabilizada por un metro contador (ver figura 3.1) que se encuentra instalado a la salida del tanque de abastecimiento, del mismo tomándose lecturas cada una hora durante una semana de trabajo, los resultados se muestran en la tabla 3.1.



Figura.3.1. Metro contador de agua de la (ECC).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.1: Comportamiento del consumo de agua/horas -días

Consumo de agua diario en m³/ horas							
Horas	L	M	M	J	V	S	D
6:00	15	10	12	14	10	17	2
7:00	32	34	30	29	32	31	8
8:00	59	59	57	58	59	58	15
9:00	90	95	93	94	96	91	15
10:00	91	92	94	92	87	93	17
11:00	98	96	98	100	97	99	17
12:00	92	94	94	92	93	96	19
13:00	67	69	70	67	68	66	20
14:00	51	54	52	51	54	52	20
15:00	48	50	51	49	49	50	22
16:00	40	42	40	40	39	43	24
17:00	33	36	37	38	34	38	20
18:00	26	28	29	28	29	27	16
19:00	24	25	26	25	25	23	15
20:00	15	17	17	16	15	18	2
21:00	12	13	14	12	12	13	2
22:00	10	9	11	10	9	8	2
23:00	2	2	2	2	2	2	2
24:00	2	2	2	2	2	2	2
1:00	2	2	2	2	2	2	2
2:00	2	2	2	2	2	2	2
3:00	2	2	2	2	2	2	2
4:00	2	2	2	2	2	2	2
5:00	2	2	2	2	2	2	2
Total	817	837	839	829	822	837	250

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de los datos obtenidos del metro contador, se concluye que el consumo promedio diario los días laborales aproximadamente es 830 m³ y los no laborales aproximadamente 250 m³.

Mediante un análisis más detallado de estos datos se grafica el consumo diario promedio por horas de los días laborales como se puede ver en la figura 3.2.

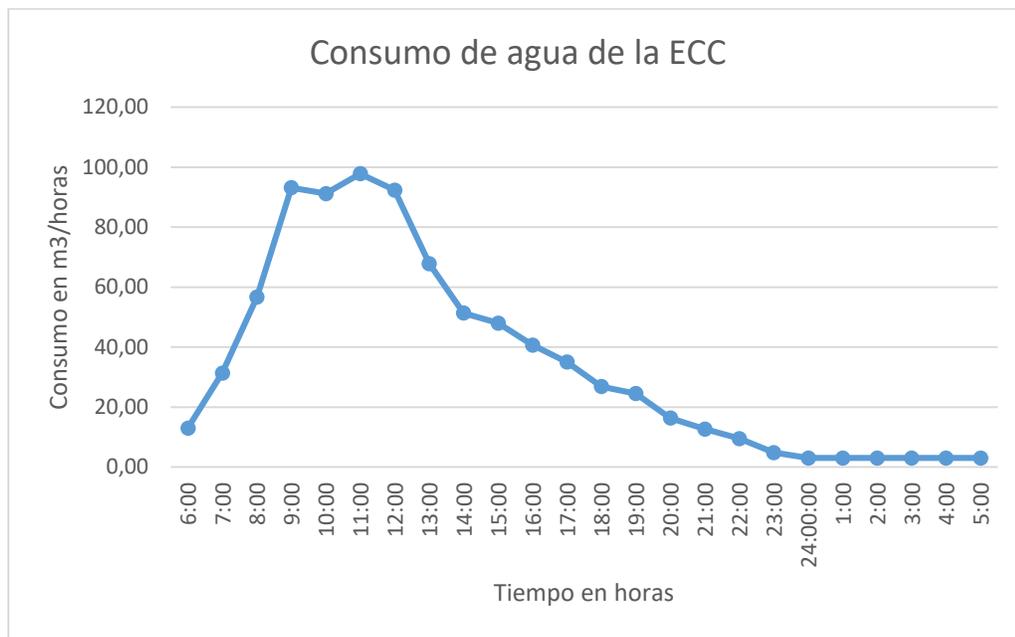


Figura.3.2. Comportamiento del consumo de agua de la ECC.

Fuente: Elaboración propia.

Donde se aprecia el que al mayor consumo de agua se encuentra entre los horarios de 9:00 am a 12:00 pm, tomando valores máximos de 100 m³/horas, además de un alto consumo en los horarios nocturnos de 22:00 pm a 6:00 am en el orden de los 2 m³/horas innecesariamente, esto provocado principalmente por los salideros existentes.

Analizando el consumo promedio de agua de la ECC con en el criterio en el cual coinciden la mayor cantidad de autores a nivel internacional, que han tratado el tema de consumo de agua en industrias cárnicas, el consumo estaría comprendido entre 0.25-0.50 m³/cerdo y 0.50-1 m³/res, además de consumirse de 10-15 m³/t de productos cárnicos elaborados.

Para un día de trabajo cumpliendo con la producción promedio de 300 cerdos y 80 reses sacrificadas y 20 t de productos cárnicos elaborados, según los consumos máximos de los estándares internacionales se deberían consumir **530 m³ de agua/día**, lo que nos permite ver que actualmente se consumen **300 m³/día** por encima del máximo consumo de los estándares internacionales.

3.2- Salidas

Las aguas residuales procedentes de las industrias cárnicas representan entre el 80 y el 95 % del agua total consumida (López, 2015; FILTEC DEPURADORAS S.L., 2013 y Vidal, 2010), ya que existe poco aporte de agua al producto final.

Tomando como referencia el criterio de estos autores y basándonos en un 85 % del consumo de agua de la ECC, al sistema de tratamiento de residuales llegan en la actualidad aproximadamente **705.5 m³ de agua/día**.

3.2.1- Incorporaciones

Actualmente en la ECC se incorpora a las aguas de residuales la excreta generada por los animales en el tiempo de estabulación en corrales y un porcentaje de sangre no aprovechada, como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3: Incorporación de excreta y sangre a las aguas de residuales.

3.2.1.1- Excretas

La Excreta generada por los animales en el tiempo de estabulación en corrales debe ser recogida en seco para su posterior tratamiento y para evitar mayores daños medio ambientales. Actualmente en la ECC se incorpora al efluente líquido un promedio de **3.6 m³ de excreta generados por día** en el área de Recepción de Animales (Empresa de Proyecto de Ingeniería de Cienfuegos, 2013).

3.2.1.2- Sangre

La sangre es uno de los principales contaminantes de las aguas de residuales de industrias cárnicas por su elevada DQO, pero además tiene elevadas propiedades nutricionales lo cual hace que pueda ser aprovechada en múltiples alimentos tanto para humanos como para animales.

En el caso de la sangre generada del sacrificio de los animales de la ECC está establecido en su **Expediente de Merma y Rendimiento (EMR)** en los epígrafes 3 y 10 el % de obtención de la misma respecto al peso en pie del ganado vacuno y porcino los cuales se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 3.2. Obtención de sangre para ganado Vacuno en %/peso en pie

Ganado Vacuno	Rangos de peso en pie (kg.)			
	<300	301-350	351-400	>400
3.5 Sangre (%)	2.034	2.210	2.300	2.400

Fuente: Expediente de Merma y Rendimiento de la ECC.

Tabla 3.3. Obtención de sangre para ganado porcino en %/peso en pie

Ganado Porcino	Rangos de peso en pie (Kg)						
	30- 40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90
10.2.1 Sangre (%)	1.615	1.662	1.662	1.710	1.710	1.800	1.950

Fuente: Expediente de Merma y Rendimiento de la ECC.

Basándonos en los pesos promedios de los animales que se sacrifican en la ECC de 99 kg los cerdos y 360 kg las reses deberían de obtenerse un promedio mensual de **14.4 m³ de sangre de cerdo/mes y 15.36 m³ de sangre de res/mes.**

En la siguiente tabla se muestra la obtención de sangre en el año 2017 tanto para insumo en la industria como para venta a otros consumidores.

Tabla 3.4: Aprovechamiento de la sangre durante el Año 2017.

Año 2017	Insumo (m³)		Mercantil (m³)	TOTAL (m³)
Meses	Res	Cerdo	Res	
Enero	2.88	3.47	5.5	11.85
Febrero	4.11	3.58	3.4	11.09
Marzo	3.89	4.48	5.5	3.87
Abril	3.52	2.66	2.4	8.58
Mayo	2.49	3.32	3.2	9.01
Junio	3.55	4.5	3.6	11.65
Julio	4.03	4.13	3.9	12.06
Agosto	3.64	5.17	4.2	13.01
Septiembre	2.36	5.17	1.2	8.73
Octubre	3.39	3.76	3.3	10.45
Noviembre	3.46	2.96	5.1	11.52
Diciembre	3.08	2.82	48	10.7
PROMEDIO	3.37	3.84	3.84	11.04
TOTAL	40,4	46,02	46,1	132,52

Fuente: Registro Productivo, 2017.

Del análisis de estos resultados obtenidos del registro de producción llegamos a la conclusión que el consumo de sangre promedio para un mes en la ECC es aproximadamente de 11 m³ de los cuales 7.2 m³ son de res y 3.84 m³ de cerdo.

Una vez determinada la obtención de sangre promedio por mes según el EMR y la real según el registro productivo, se calculó en la tabla 3.5 los metros cúbicos de sangre que son vertidos al sistema de tratamiento de residuales.

Tabla 3.5: Sangre incorporada al sistema de Tratamiento de Residuales

Sangre	Obtención según EMR (m³/mes)	Obtención Real (m³/mes)	Diferencia (m³/mes)
Cerdo	14.4	3.8	10.6
Res	15.36	7.2	8.16
Total	29.76	11	18.76

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad se incorpora al sistema de tratamiento de residuales un promedio de 18.17 m³ de sangre/ mes, que representa **0.78 m³ de sangre/ día** laboral.

3.3- Evaluación del consumo de agua y su relación con el impacto ambiental.

La ECC tiene un consumo excesivo de agua de agua que promedia 830 m³/ día, lo que provoca elevados volúmenes de efluentes líquidos a ser tratados por el sistema de tratamiento de residuales.

El sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la ECC está diseñado para tratar como máximo 500 m³/ día, para poder cumplir con las normas establecidas respecto al medio ambiente. En la actualidad al sistema llega un promedio de **710 m³ de efluentes a tratar/ día**, es decir 210 m³ de residuales líquidos por encima de los parámetros de diseño de los cuales 3.6 son representado por la excretas generadas en los corrales para lo cual no está diseñado el sistema, lo que provoca un mal funcionamiento como se puede ver en la figura 3.4 donde se observa la primera laguna absorvada principalmente por la excreta.



Figura 3.4: Lagunas de oxidación 1 y 2 de la ECC.

Durante varios años la ECC viene incumpliendo con la NC: 27: 2012: VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A LAS AGUAS TERRESTRES Y AL ALCANTARILLADO, donde se encuentra clasificada como cuerpo receptor clase A, que es el de máxima exigencia, ya que nuestro sistema de tratamiento de residuales vierte al Rio Saladito el cual tiene uso intermedio en la pesca y riego inicialmente al contar con una micropresa aguas abajo cuyo destino final es en la bahía de Cienfuegos.

La principal causa de no cumplir con la NC: 27/2012 es el excesivo consumo de agua el cual no permite el funcionamiento correcto de las lagunas, ya que no tienen en la misma el tiempo de retención que es debida, para el cual están diseñadas. Además de la incorporación injustificada debido a malas prácticas de las excretas generadas por los animales en el tiempo de estabulación en los corrales y con la sangre no recuperada.

3.4- Evaluación del uso y consumo del agua.

La evaluación del consumo de agua fue realizada de acuerdo a lo planteado en el capítulo anterior aplicando el método volumétrico, y enfocándonos en las áreas que representan puntos críticos de consumo dentro del Ciclo del Agua en la ECC.

3.4.1- Método volumétrico.

Aplicando el método volumétrico con el empleo de un recipiente de 5 L graduado y un cronómetro se efectuaron las mediciones del flujo de agua en dos semanas de trabajo en las áreas de mayor consumo (área de recepción de animales, de sacrificio y subproducto, de deshuese y de productos elaborados cocidos).

3.4.1.1- Área de recepción de animales.

El Área de recepción de animales (Corrales) en la que los cerdos y las reses permanecen antes de ser sacrificados cuenta con 9 válvulas de agua, las cuales tienen un tiempo de operación promedio de 2 horas y 30 min como se puede apreciar en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Promedio de tiempo de trabajo que permanecen abiertas las válvulas.

Puntos de muestreo	Tiempo de trabajo
1	2.5
2	3
3	2
4	2.5
5	2.5
6	2.5
7	2.5
8	2.5
9	2.5
PROMEDIO	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Como se determinó las válvulas permanecen abiertas 2 horas y 30 min para una jornada de trabajo de 10 horas aproximadamente, ya que en esta área en particular se realiza la compra de los animales de 7:00 am – 11: 00 am y de 16:00 pm – 22:00 pm y durante todo ese período es usada el agua para la limpieza de los corrales y el refrescamiento de los animales. En la tabla 3.7 se muestran los resultados de las mediciones en una jornada de trabajo.

Tabla 3.7: Volumen de agua consumido en el área de Recepción de Animales.

Puntos de muestreo	Flujo (m³/ h)	Volumen consumido (m³/ día)
1	6.9	17.25
2	6	15
3	6.7	16.75
4	6	15
5	5.8	14.5
6	7.2	18
7	7.2	18
8	6	15
9	6	15
	TOTAL	144.5
	MES	3 468

Fuente: Elaboración propia

El consumo de agua en el área de *Recepción de Animales* en un día de trabajo es de 144.5 m³ y para un mes es de 3 468 m³ por lo que es identificada como punto crítico de consumo de agua en la ECC.

3.4.1.2- Área de Sacrificio y subproducto

El área de sacrificio y subproductos es considerada como punto crítico de incorporación de agua está compuesta por dos líneas de producción, una de cerdo y otra de res, además de contar con tres cubículos para tratar los subproductos donde son inspeccionadas las cabezas, lavadas las patas y los estómagos y obtenido los intestinos finos, en toda estas áreas se midió el tiempo de operación de las válvulas en las líneas de proceso obteniendo un promedio de trabajo de 5 horas como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Promedio de tiempo de trabajo que permanecen abiertas las válvulas de las líneas de proceso.

Puntos de muestreo	Tiempo de trabajo (h/día)		
	Línea de cerdo	Línea de res	Área Subproducto
1	5	5	5
2	5	5	5
3	5	4	6
4	5	4	5
5	5	5	4
6	5	6	6
7	6	6	6
8	6	5	5
9		6	5
10		5	6
11		6	4
12		5	6
13			4
14			6
15			6
16			4
PROMEDIO	5,25	5,17	5,19

Fuente: Elaboración propia

Como se determinó las válvulas permanecen abiertas 5 horas como promedio en una jornada de trabajo de 8 horas y 24 días al mes. Ambas líneas cuentan con un duchado de animales en su primera etapa los cuales son altos consumidores de agua (ver figura 3.5).



Figura 3.5: Duchado de los animales a la entrada del Área de Sacrificio.

La línea de res cuenta con 12 válvulas funcionando, la línea de cerdo con 8 y un tanque de escalde de 8.15 m³, y el área de subproducto con 16, en todas ellas se llevó a cabo las mediciones. Las tablas 3.9, 3.10 y 3.11 ilustran los resultados obtenidos.

Tabla 3.9: Volumen de agua consumido en la línea de sacrificio de cerdos.

Puntos de muestreo	Flujo (m ³ / h)	Volumen consumido (m ³ / día)
1-Duchado	6	30
2	2,25	11,25
3- Escalde	-	8,15
4	0,9	4,5
5	1,2	6
6	2,25	11,25
7	2,25	11,25
8	2,25	11,25
9	3	15
	TOTAL	108,65
	MES	2607,6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.10: Volumen de agua consumido en la línea de sacrificio de Res.

Puntos de muestreo	Flujo (m ³ / h)	Volumen consumido (m ³ / día)
1-Duchado	5,25	26,25
2	3,6	18
3	2	10
4	1,2	6
5	1,2	6
6	1,2	6
7	1,2	6
8	1,2	6
9	2,25	11,25
10	2,25	11,25
11	2,25	11,25
12	3	15
	TOTAL	133,00
	MES	3 192

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.11: Volumen de agua consumido en el área de subproducto.

Puntos de muestreo	Flujo (m ³ / h)	Volumen consumido (m ³ / día)
1	1.2	6
2	1.2	6
3	1.2	6
4	1.2	6
5	1.2	6
6	1.2	6
7	1.2	6
8	1.2	6
9	1.2	6
10	1.2	6
11	1.2	6
12	1.2	6
13	1.2	6
14	1.2	6
15	1.2	6
16	1.2	6
	TOTAL	96
	MES	2 304

Fuente: Elaboración propia.

El área de Sacrificio y Subproducto se idéntica como punto crítico de consumo de agua de la ECC como se puede apreciar en la tabla 3.12 teniendo consumos diarios de 358.65 m³ y para un mes de 8 607.6 m³.

Tabla 3.12: Volumen de agua consumida por el área de Sacrificio y Subproducto.

Sacrificio y Subproducto	Consumo (m³/ día)	Consumo (m³/ mes)
Línea de Cerdo	108.65	2 607.6
Línea de Res	133	3 192
Subproducto	96	2 304
TOTAL	337.65	8 103.6

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.3- Área de Deshuese.

El área de deshuese es donde se realizan los cortes de las carnes para su posterior utilización, en la misma existen 6 válvulas, las cuales son usadas para la limpieza del local antes, durante y concluida la jornada de trabajo, las mismas tienen un tiempo de operación promedio de 3 horas como se puede ver en la tabla 3.13.

Tabla 3.13: Tiempo de trabajo que permanecen abiertas las válvulas.

Puntos de muestreo	Tiempo de trabajo
1	2
2	5
3	2
4	4
5	3
6	2
PROMEDIO	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.14 se muestran los resultados de las mediciones en una jornada de trabajo de 8 horas y para un mes de 24 días hábiles.

Tabla 3.14: Volumen de agua consumido en el área de deshuese.

Puntos de muestreo	Flujo (m³/ h)	Volumen consumido (m³/ día)
1	2,5	7,5
2	0,8	2,4
3	1,8	5,4
4	4,5	13,5
5	2,25	6,75
6	2,25	6,75
	TOTAL	42.3
	MES	1 015.2

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de agua en el área de Deshuese en un día de trabajo es de 42.3 m³ y para un mes es de 1 015.2 m³ por lo que no es identificada como punto crítico de consumo de agua en la ECC.

3.4.1.4- Área de Productos Elaborados Cocidos

El área de productos elaborados cocidos en donde se producen todos los productos comercializados por la ECC como son (embutidos, jamones, jamonadas, chorizos, picadillo, masas, etc.).

Para calcular el volumen de agua de esta área nos basamos primeramente en los productos que más se realizan y las toneladas diarias que se producen de los mismo, sacando el % de agua que lleva cada uno en su formulación (tabla 3.15), además de sumarse a esto el agua de los tanques de escalde y de enfriamiento, la de refrescamiento y la de limpieza del local he instrumentos de trabajo antes, durante y concluido el proceso para la cual se cuenta con 9 válvulas con un tiempo de operación promedio de 3 horas como se puede ver en la tabla 3.16 y 3.17.

Tabla 3.15: Consumo de agua de los productos de mayor elaboración diaria.

Productos	Cantidad de Variantes	% de agua cada 100 kg	Producción diaria ≈ (ton)	m³/día
Mortadellas Novel	11	19	5	0.95
Jamonadas Cocida	2	16	1	0.16
Jamón Visking	6	8	1	0.08
Jamón Cocido	4	20	0.5	0.10
Picadillos Población	2	18	4.5	0.81
Masa Spam	4	18	3	0.54
Masa Albóndiga	3	20	2	0.40
Masa de croqueta	7	36	2	0.72
TOTAL			19	3.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.16: Tiempo de trabajo que permanecen abiertas las válvulas.

Puntos de muestreo	Tiempo de trabajo
1	3
2	2
3	3
4	5
5	2
6	5
7	3
8	4
9	3
PROMEDIO	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.17: Volumen de agua consumido en el área de Productos Elaborados Cocidos.

Puntos de muestreo	Flujo (m ³ / h)	Volumen consumido (m ³ / día)
1- Tanques de escalde		0.11
2- Tanques de enfriamiento		0.064
3- Refrescamiento		25
4	2.25	6.75
5	2.25	6.75
6	1.8	5.4
7	2.25	6.75
8	2.25	6.75
9	2.25	6.75
10	1.8	5.4
11	3	9
12	3	9
	TOTAL	87.724
	MES	2 105.38

Fuente: Elaboración propia

El consumo de agua en el área de Productos Elaborados Cocidos en un día de trabajo es de 91.48 m³ y para un mes es de 2 195.52 m³ por lo que es identificada como punto crítico de consumo de agua en la ECC.

Una vez determinado el consumo de agua por áreas de trabajo se calculó en la tabla 3.18 el agua total consumida en el Procesamiento Cárnico la cual representa el **74 %** del total consumido por la empresa para un día laboral.

Tabla 3.18 Consumo de agua en el Procesamiento Cárnico por áreas de trabajo.

Áreas	Consumo (m ³ / día)	Consumo Total del Procesamiento Cárnico (m ³ / día)	Consumo Total de la ECC (m ³ / día)	%
Recepción de Animales	144.5	615.93	830	74.21
Sacrificio y Subproducto	337.65			
Deshuese	42.3			
Productos Elaborados Cocidos	91.48			

Fuente: Elaboración propia

En el **Área de Procesamiento Cárnico** es donde ocurre el mayor consumo de agua la ECC, pero dentro de todo este proceso industrial se destacan las áreas de recepción de animales y de sacrificio y subproducto las cuales representan el **78.28 %** del consumo de la misma y el 58 % del consumo de la empresa como se aprecia en las tablas 3.19 y 3.20, por lo cual han sido tomadas como punto de referencia para comprobar los datos obtenidos mediante el método volumétrico con la utilización del método ultrasónico. Además de ser las áreas de mayor repercusión negativa sobre el medioambiental y las más estudiadas a nivel internacional por diferentes autores.

Tabla 3.19: Consumo de agua en las áreas que representan los puntos más críticos.

Áreas	Consumo (m ³ / día)	Consumo Total Recepción, Sacrificio y Subproducto (m ³ / día)	Consumo Total del Procesamiento Cárnico (m ³ / día)	%
Recepción de Animales	144.5	482.15	615.93	78.27
Sacrificio y Subproducto	337.65			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.20: Consumo de agua de las áreas de mayor repercusión con respecto al de la ECC.

Áreas	Consumo (m ³ / día)	Consumo Total Recepción, Sacrificio y Subproducto (m ³ / día)	Consumo Total de la ECC (m ³ / día)	%
Recepción de Animales	144.5	482.15	830	58
Sacrificio y Subproducto	337.65			

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2- Método ultrasónico.

La campaña de mediciones con el flujómetro ultrasónico **TDS-100** se realizó como se muestra en la figura 3.6 en las tuberías que se encuentra a la entrada del Área de Sacrificio y Subproducto y el área de Recepción de animales (corrales), las tuberías son de hierro con un diámetro de 2 pulgadas.

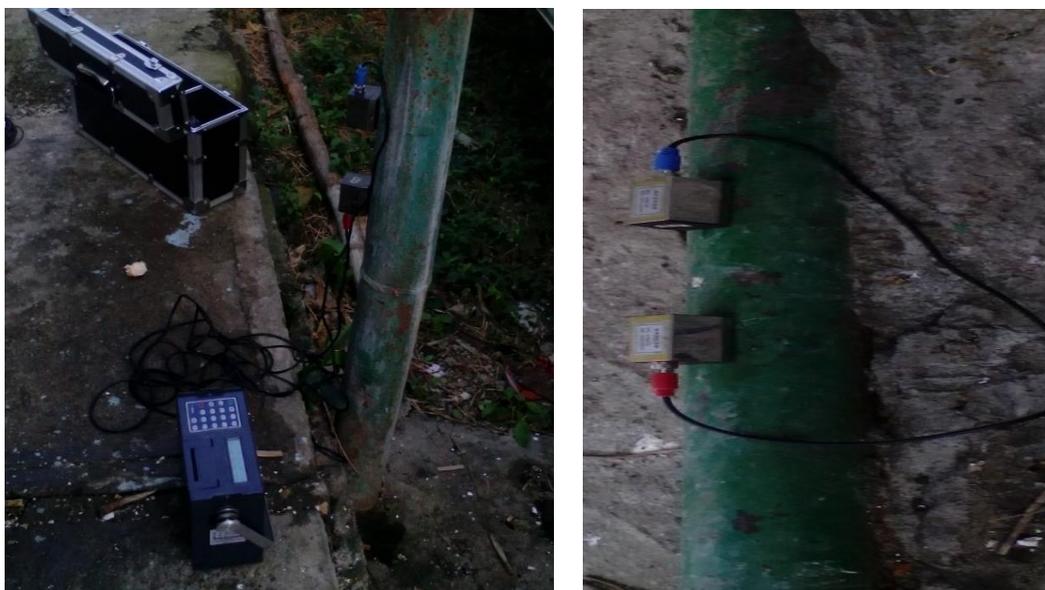


Figura.3.6: Mediciones con el flujómetro ultrasónico TDS-100.

3.4.2.1- Área de Recepción de Animales

En el **Área de Recepción de Animales** se realizaron las mediciones durante toda su jornada laboral comenzando a las 7:00 am y concluyendo a las 22:00 pm

como se puede observar en la figura 3.7, en la cual se aprecia que el mayor consumo de agua de esta área en el horario de la mañana, durante toda la jornada de trabajo el flujo medio diario es aproximadamente de 14.26 m³/h representando un consumo diario de 142.6 m³.

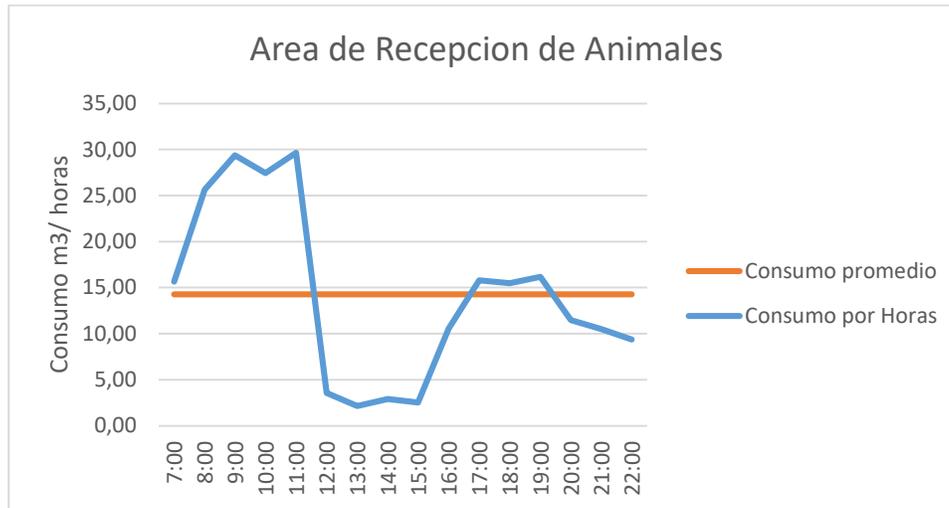


Figura.3.7: Comportamiento del consumo de agua en el Área de Recepción de Animales.

3.4.2.2- Área de Sacrificio y Subproducto

En el **Área de Sacrificio y Subproducto** es donde ocurre el mayor consumo de agua de toda la industria existiendo un flujo medio diario de 47.92 m³/h representando un consumo diario de 383.34 m³ como se muestra en la Figura 3.8.

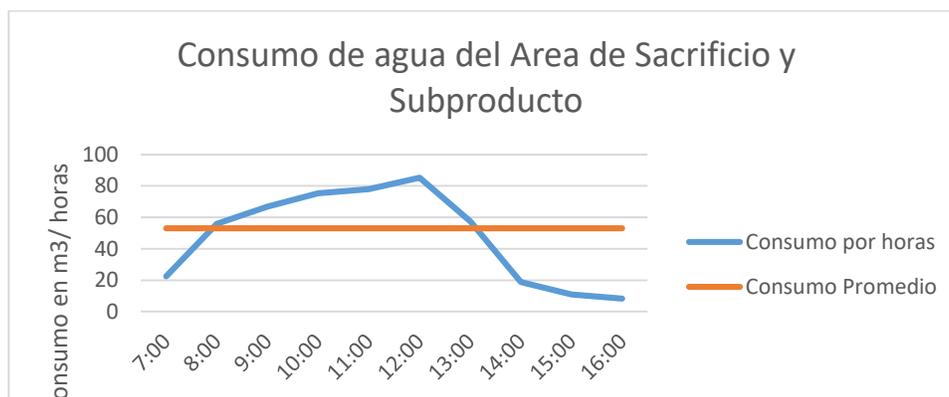


Figura 3.8: Comportamiento del consumo de agua en el Área de Sacrificio y Subproducto.

La siguiente tabla 3.21 muestra el resultado del balance realizado con la utilización del flujómetro ultrasónico **TDS-100**.

Tabla 3.21: Consumo de agua durante el Procesamiento Cárnico de las áreas de mayor consumo por la lectura del flujómetro.

Áreas	Consumo (m ³ / día)	Consumo Total Recepción, Sacrificio y Subproducto (m ³ / día)	Consumo Total de la ECC (m ³ / día)	%
Recepción de Animales	142.6	525.94	830	63.36
Sacrificio y Subproducto	383.34			

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación del consumo de agua permitió cuantificar el agua en las Área de **Recepción de Animales y de Sacrificio y Subproducto de la ECC**, mediante el método volumétrico y la lectura de un flujómetro ultrasónico mostrando un 8.3 % de variación entre ambos porque el primero es un método que depende de la apreciación del personal que efectúe las mediciones y el segundo es un método instrumental de mayor exactitud y precisión como se muestra en la Tabla 3.22:

Tabla 3.22: Porcentaje de variación entre método volumétrico y lectura del flujómetro.

Métodos	Consumo de Ambas Áreas m ³ /día	% de variación entre ambos
Volumétrico	482.15	8.3
Ultrasónico	525.94	

Fuente: Elaboración propia.

3.5- Análisis de los resultados del consumo de agua en la ECC.

En la ECC actualmente existe un metro contados que permite contabilizar el agua consumida, del mismo obtuvimos valores promedios de consumo promedio de **830 m³/ días laborales.**

Según indicadores internacionales como máximo deberían de consumirse 530 m³/ días para nuestras producciones promedios, es decir, en la actualidad se desperdician a diario 300 m³ de agua, que representan **pérdidas de 86 400 m³ anuales.** Desde el punto de vista económico no es un valor significativo para la empresa comparado con otros portadores energéticos como es la electricidad porque todo este sobreconsumo de agua solo representa económicamente pérdidas anuales de 9 504 CUP, debido al bajo precio que posee la misma, de 0.10 centavos moneda nacional el m³, mas 0.02 centavos del 50 % del consumo.

Además, existe en la entidad un sobre consumo de energía provocado por el bombeo innecesario del agua, el cual representa un consumo de 49 158 kW/año, lo cual suma a las pérdidas económicas 11 463 CUP. Representando de forma general pérdidas anuales para la empresa de 20 967 CUP siendo este un valor significativo.

No solo por las pérdidas económicas de la empresa sino por las afectaciones causadas al medio ambiente debido al mal funcionamiento de las lagunas de oxidación provocado por el volumen excesivo de agua que les llega, no teniendo el tiempo de retención necesario en las mismas y por ende un vertimiento de residuos líquidos al medio sin cumplir con los parámetros establecidos en normas cubanas.

Mediante el análisis del consumo de agua por áreas con la utilización de los métodos volumétricos y ultrasónicos obtuvimos los valores de máximo consumo dentro del **Ciclo del Agua** de la empresa, en el **Procesamiento Cárnico Industrial** que comprende las áreas de *Recepción de animales, Sacrificio y Subproducto, Deshuese y Productos Elaborados Cocidos*, todas ellas representan el **74.21%** del consumo de agua diario total de la ECC, pero en particular la primera etapa del proceso (Recepción y Sacrificio) representa aproximadamente el **60.72%**. En la tabla 3.23 se encuentran los valores reales estimados del consumo de agua de estas áreas para un mes de trabajo de 24 días hábiles y los que deberían de

consumir según los estándares internacionales para mataderos de este tipo (medianos).

Tabla 3.23: Consumo de agua en los puntos críticos de la ECC.

Consumo de Agua	Área de Recepción y Sacrificio (m ³ /día)	Área de Recepción y Sacrificio (m ³ /mes)
Real Estimado	504	12 097.08
Indicadores Internacional	230	5 520

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis de estos resultados podemos observar que de los 86 400 m³ de agua/ año usados innecesariamente por la ECC el **91.35 %** es derrochada en las áreas de Recepción de los Animales y de Sacrificio y Subproducto como se puede ver en la tabla 3.24 siendo estas los puntos más críticos de sobreconsumo de agua de la empresa.

Tabla 3.24: Porcentaje de pérdidas anuales de agua en los puntos críticos con respecto al de la ECC.

Áreas	Pérdida (m ³ / Año)	Pérdidas Totales de la ECC (m ³ / Año)	%
Recepción, Sacrificio y Subproducto	78 924	86 400	91.35

Fuente: Elaboración propia.

3.6- Intervención de PML para reducir el consumo de agua y la incorporación de materia orgánica.

Con la intervención de medidas de PML se puede alcanzar un mejor desempeño ambiental de la empresa mediante el uso racional y adecuado de todos los recursos disponibles, disminuyendo el impacto ambiental negativo que se ejerce sobre el medio ambiente los usos ineficientes de recursos naturales como el agua y la emisión de altos volúmenes de materia orgánica al medio.

3.6.1- Área de Recepción de animales

3.6.1.1- Malas Prácticas

El área de recepción de animales de la ECC en la actualidad ejerce un elevado impacto medio ambiental negativo provocado entre otras causas por la emisión directa de excreta a las aguas de residuales y por los altos volúmenes de agua que son consumidos en la misma teniendo valores promedios de 143.5 m³/día, debido a las malas prácticas existentes ejemplo de ellas las podemos ver en la figura 3.9, entre las cuales se encuentran:

- 1- La permanencia de válvulas de agua abiertas innecesariamente.
- 2- La no recogida en seco de las excretas generadas por los animales en el tiempo de estabulación en los corrales.
- 3- La existencia de salideros en tetinas de aguas y tuberías.
- 4- La falta de conocimiento de los obreros en la importancia del ahorro de agua y las causas medio ambientales provocadas por las malas prácticas.



Figura 3.9: Ejemplo de malas prácticas en el área de Recepción de los Animales.

3.6.1.2- Propuestas de medidas de PML

En el área de Recepción de los animales se pueden establecer medidas asociadas a la reducción en la fuente y a la valorización de residuos las cuales repercutirán directamente en la disminución de las cargas contaminantes que se generan en el proceso productivo y por ende disminuirán la carga contaminante a la planta de tratamiento de residuales, algunas de esas medidas son:

- 1- Realizar la recogida en seco de las excretas generadas por los animales en el tiempo de estabulación.
- 2- Ejecutar el proyecto del biogás, mediante el cual el gas generado puede ser utilizado en la caldera para su encendido mediante el precalentamiento del fueloil y precalentando el agua para ahorrarlo, en el flameado de los cerdos y en la cocción de los alimentos en el comedor de la empresa, disminuyendo las emisiones de gases efecto invernadero a la atmosfera.
- 3- Colocar válvulas de cierre automático en las mangueras utilizadas para la limpieza de los corrales.
- 4- Capacitar a los operarios sobre la importancia medio ambiental del ahorro de agua y de la recogida de los sólidos.
- 5- Realizar el mantenimiento sistemático a las tuberías y las tetinas de aguas de los corrales.

3.6.2- Área de Sacrificio y Subproducto.

3.6.2.1- Malas Prácticas.

En el área de Sacrificio y Subproducto ocurren a diario malas prácticas durante todo el proceso, ejemplo de ellas las podemos ver en la figura 3.10.



Figura 3.10: Ejemplo de Malas Prácticas en el Área de Sacrificio y Subproducto.

3.6.2.2- Propuestas de medidas de PML

En el área de Sacrificio y Subproducto la mayoría de las medidas de PML propuestas están asociadas a la reducción en la fuente, esencialmente en la prevención de la contaminación, lo cual puede ser posible con adopción de medidas simples de baja inversión. Algunos ejemplos son:

1. Capacitar a los obreros en la importancia del ahorro del agua para la empresa y para el medio ambiente.
2. Utilizar cuchillos tubulares para un mejor aprovechamiento de la sangre y menor carga contaminante emitida al sistema de tratamiento de efluentes líquidos.
3. Identificar los puntos que signifiquen ahorros inmediatos con pequeñas inversiones, así como los de mayor cuantía y evaluar su rentabilidad.
4. Crear un equipo de inspección para el uso eficiente del agua.
5. Designar un responsable del área de trabajo encargado del control del agua para evitar su derroche.
6. Inspeccionar periódicamente las líneas de la red de distribución de agua, para evitar fugas por válvulas, accesorios, etc., y realizar las reparaciones necesarias.
7. Uso de sistemas automáticos de limpieza para optimizar el consumo de agua.
8. Realizar limpieza del equipamiento en seco antes de lavar con agua.
9. Instalar válvulas automáticas para mangueras de agua utilizadas en la limpieza o uso de sistemas con alta presión, Ejemplos.
 - ✓ Limpieza de carne en bandas
 - ✓ Limpieza del área y de medios de trabajo.

3.7. Conclusiones Parciales.

- 1- El consumo de agua de la ECC se encuentra en el orden de los 830 m³/ día, superior a los indicadores internacionales, donde para industrias de este tipo medianas y basándonos en nuestras producciones promedios deberíamos de tener índices de consumos máximos de 530 m³/día.
- 2- Al sistema de tratamiento de los efluentes líquidos de la ECC están llegando un promedio de 210 m³ de residuales líquidos por encima de los parámetros de diseño, principal causa del incumplimiento constante de las NC: 27/2012 Vertimientos de Residuales Líquidos.
- 3- Dentro del Ciclo del Agua de la ECC la etapa de Procesamiento Cárnico es la responsable del 74.21 % del consumo de agua diario de la empresa.
- 4- Dentro del Procesamiento Cárnico, las áreas de Recepción de los Animales y de Sacrificio y Subproducto son las mayores consumidoras representando el 60.72% del consumo de la empresa diario.
- 5- La empresa tiene pérdidas anuales de 86 400 m³ de agua de los cuales el 91.35 % es derrochado en las áreas de Recepción de los Animales y de Sacrificio y Subproducto.
- 6- Las medidas de PML propuestas están asociadas a la reducción en la fuente, esencialmente en la prevención de la contaminación, lo cual puede ser posible con adopción de medidas simples sin inversión.

Conclusiones

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se logró cuantificar por primera vez en la ECC el consumo de agua por área dentro del proceso industrial con la utilización de los métodos volumétricos y ultrasónicos.
2. Se identifican como puntos críticos de consumo de agua dentro del proceso industrial, las áreas de Recepción de Animales y de Sacrificio y de Subproducto.
3. La cuantificación del consumo de agua dentro del proceso industrial mostro pérdidas anuales aproximadamente de 86 400 m³ y de 49 158 kW utilizados para bombearlas, las cuales representan económicamente **20 967 CUP**
4. Las propuestas de PML a implementar en las áreas de mayor contaminación están asociadas a la reducción en la fuente, esencialmente en la prevención, lo cual es posible con adopción de medidas simples de baja inversión, factibles económica y ambientalmente.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda utilizar este estudio para la planificación y consumo de agua de la Empresa Cárnica Cienfuegos.
2. Continuar el estudio de vertimiento de residuos orgánicos para los restantes procesos industriales en Empresa Cárnica Cienfuegos.
3. Profundizar en el estudio de nuevas tecnologías para el ahorro de agua que requieran pequeñas inversiones para su implementación.
4. Realizar la recogida en seco de la excreta generada por los animales en el tiempo de estabulación en corrales.
5. Se recomienda la utilización de cuchillos tubulares (vampiros) para recogida con mayor higiene de la sangre.
6. Capacitar al personal de trabajo en la importancia de los temas medioambientales.

Bibliografia

BIBLIOGRAFÍA

- (CAR/PL), C. d. (2006). *Prevención de la contaminación en la industria cárnica en la region mediterranea*. Barcelona, España.
- A, S. L. (2004). *Uso Eficiente Del Agua. IRC International Water and Sanitation Centre. Ponencia sobre una perspectiva general temática*. Holanda: Amberes.
- Acevedo, A. A. (2011). *Propuesta de Acciones de Producción Más Limpia para el ahorro de agua en Cementos Cienfuegos S.A. (Tesis de Maestría)*.
- AINIA, I. T. (2005). *MEJORES TECNICAS DISPONIBLES EN LA INDUSTRIA CARNICA*. España.
- Alejo, S. (2003). *Prevención y control integrados de la contaminación*. España: Sevilla - España E-41092 .
- Altolaquirre Bernacer, J. I., Gomez Fierro, M. A., & Carrascosa Lopez, E. A. (2011). *Guia de Ayuda para el Autocontrol en las Pequeñas Industrias Carnicas*. Asturias, España: Gobierno del Principado de Asturias.
- Álvarez Baldoquín, D., & Arias González, M. (2009). La Produccion mas Limpia una Herramienta Indispensable. *Revista Electronica Granma Ciencia*, Vol. 13, No. 3.
- Alvarez Leonard, M. (2016). *Evaluación de producción más limpia en el ciclo del agua en Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos. (EPICIEN).(TESIS DE MAESTRIA)*. Cienfuegos.
- Andrade Pérez, Á. (2004). *LINEAMIENTOS PARA LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE ECOSISTÉMICO A LA GESTIÓN*. México D.F., México.
- Arroqui Vidarrueta, C. (2011). *CRITERIOS GENERALES PARA UNA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA*. España.

- Barrera, A. M., & Borrás, L. M. (2008). Programa de producción más limpia para el mejoramiento de la planta de beneficio de ganado en Piapa, Boyacá. *Ciencia y Agricultura*, Vol 6, N 2, pag 49-54.
- Becerra Acuña, E. R. (2016). *Evaluación de Producción más Limpia en el área de matadero de la Empresa Cárnica Cienfuegos.*(TESIS DE MAESTRIA). CIENFUEGOS.
- Beekman, G. (2015). *Agua y Seguridad Alimentaria*. COREA: VII Foro Mundial Del Agua.
- BELTRÁN FERNÁNDEZ, C., & PERDOMO ROBAYO, W. F. (2007). *APROVECHAMIENTO DE LA SANGRE DE BOVINO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE SANGRE Y PLASMA SANGUÍNEO EN EL MATADERO SANTA CRUZ DE MALAMBO ATLÁNTICO*. BOGOTÁ D.C.: UNIVERSIDAD DE LA SALLE.
- Bongiorno, M. (2010). Buenas Prácticas Ambientales en la Industria Cárnica. Obtenido de www.produccion-animal.com.ar
- Canales Canales, C. (2005). *Guía de Mejores Técnicas*. España: Centro de Publicaciones, Ministerio de Medio Ambiente.
- Cárcel Carrasco, F. J., & Grau Carrión, J. (Diciembre '14 – marzo'15 2014). THE EFFICIENT USE OF WATER RESOURCES IN THE MEAT INDUSTRY. 3C *Tecnología*.
- Chaux, G., Rojas, G. L., & Bolaños, L. (2009). PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y VIABILIDAD DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA EFLUENTES DE MATADEROS. 13.
- CITMA. (2005). *Situación ambiental cubana*. Recuperado de: Cienfuegos. Obtenido de <http://www.medioambiente.cu/download/2004/informecompleto.pdf>.
- Condorchem envitech. (2008). Tratamiento de las aguas residuales en la industria cárnica.

- Condorchem Envitech. (2015). Tratamiento de emulsiones y aguas residuales aceitosas.
- CPMO, (. d. (2004). *Manual de Buenas Practicas Operativas de Produccion mas Limpia para Industria de Matadero*. Nicaragua.
- CPTS, Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2005). *GUIA TÉCNICA GENERAL DE PRODUCCIONES MAS LIMPIAS*. La Paz, Bolivia: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles.
- Daza Sánchez, F. (2008). *Demanda de agua en zonas urbanas de Andalucía*. Córdoba, Campus de Rabanales Ctra. Nacional IV, Km. 396 14071 Córdoba, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2008.
- Del Hoyo Gonzalez, M. d. (2012). *VALORIZACION DE SANGRE DE MATADERO MEDIANTE EL DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES Y PRODUCTOS (TESIS DOCTORAL)*. ESPAÑA: UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
- DUQUE GONZALEZ, C. O. (2005). *Producción Más Limpia para el Sector de Beneficio de Ganado Bovino y Porcino*. Panama.
- Falla Cabrera, L. H. (1994). *Desechos de Matadero como Alimento Animal en Colombia*. Santa Fe de Bogota, Colombia.
- Garcia Miniet, M. (2006). *Gestión del agua enfocada a la producción más limpia en la Industria*. ciudad habana.
- Garcia Simon, J., & Ortega Cruz, A. (2016). Depuracion de las aguar residuales en plantas de procesado de residuos carnicos y mataderos mediante tecnologias MBR. 3.
- Garzón, L. E. (2004). *Oportunidades de Producción Mas Limpias en el Sector de Cárnicos*.
- GEIA, (. E. (2015). *Programa de Recuperacion de las Capacidades. Industrias Carnicas*. Habana.

- GONZALEZ, C. O. (2005). *Producción Más Limpia para el Sector de Beneficio de Ganado Bovino y Porcino*.
- González, M. d. (2012). *Valoración de sangre de mataderos mediante el desarrollo de nuevos materiales y productos*. España : Universidad de Oviedo.
- GUERRERO E., J., & RAMIREZ F., I. (2004). MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS EN MATADEROS DE PEQUEÑOS MUNICIPIOS. *Scientia Et Technica*, 10.
- Hei Chia Wang, J.-L. G. (s.f.). Constructing a water quality 2.0 OLAP system in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*. Obtenido de www.elsevier.com/locate/jclepro
- Hernández Alfonso, M. (2012). *CARACTERIZACIÓN Y DEPURACIÓN BIOLÓGICA ANAEROBIA DE EFLUENTES DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO*. Madrid.
- HERNANDEZ SANCHO, F., MOLINOS SENANTES, M., & SALAS GORRIDO, R. (2010). ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVES DE UN ANALISIS COSTE BENEFICIO. *Electronica de Comunicacion y Trabajo de ASEPUMA*, Vol 11, pag 1-25.
- Hernandez Torres, D. A., & Sanchez Cuervo, L. S. (2014). *Diseño de una Planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Marcos- Departamento de Sucre (TESIS DE GRADO)*. Colombia: Universidad Catolica de Colombia.
- INE, (. N. (diciembre de 2013). *Uso del agua en la industria manufacturera*. Madrid: Instituto nacional de estadística, España.
- Jhoniers guerrero, I. R. (2004). Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. . *scientia et technica. volumen no 26 universidad tecnológica de pereira*, pp. 199 - 204.
- Jordi, P., & Rodriguez, A. (2010). *Digestion Anaerobia de subproductos de la Industria Carnica*. Universidad Politecnica de Catalunya.

- Jutzi, S. C. (2007). *BUENAS PRÁCTICAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CARNE*. Roma, Italia: FUNDACIÓN INTERNACIONAL CARREFOUR.
- Las aguas residuales en mataderos. (ago 27, 2013). Obtenido de <https://www.depuradoras.es/>
- León, J. d. (2011). *Libro Blanco de las TIC en el Sector Agroalimentario*. España, castillo y león: Imprenta Cervatina.
- LLAMAS MADURGA, R. (2005). LOS COLORES DEL AGUA, EL AGUA VIRTUAL Y LOS CONFLICTOS HÍDRICOS. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, Vol. 99 N°. 2, pp 369-389.
- Lopez Navaja, R. (2015). *Diseño de un Sistema de tratamiento de agua de una Industria Carnica*. Madrid: Universidad de Carlos II.
- Marcelo Signorini Porchietto, S. C. (Julio de 2006). *EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LOS RASTROS Y MATADEROS MUNICIPALES*. México, D.F.
- Martinez Hernandez, T. (2017). *Evaluación de un proyecto integral de solución al abasto de agua por gravedad a la ciudad de Cienfuegos.(TESIS DE MAESTRIA)*. Cienfuegos.
- Martinez Ruiz, P. M., & Cosme Moñino, J. M. (2014). *Eficiencia Energetica en Empresas del Sector Agroalimentario*. Agencia Extremeña de la Energía.
- MEJIA TRUJILLO, J. (2011). *OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL EN LA PLANTA DE DERIVADOS CARNICOS COLANTA. CALDAS, ANTOQUIA*.
- Montalván Estrada, A. (2014). Tecnología para la gestión integrada de aguas residuales en industrias alimentarias. *Avanzada Científica*, p -24.
- MUÑOZ MUÑOZ, D. (2005). SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO:. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán. Grupo de Investigación en Diseño, Proceso y Energía.*, 12.

- Muñoz Unión, A. (2013). *El derecho internacional del agua potable y el saneamiento. Un debate de derecho de cuarta generación en la encrucijada*. IU S7 -32.
- Muñoz, V. H. (2002). *La industria cárnica en México*. México.
- Nakasima López, M. O., Velázquez Limón, N., & Ojeda Benítez, S. (2011). *Tecnologías para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial y su aprovechamiento como fuente de energía*.
- Paredes Concepcion, P. (2014). Produccion mas Limpia y el Manejo de Efluentes en Plantas de Arina y de Aceite de Pescados. *Revista de la Facultad de Ingenieria Industrial*, 80.
- Peñaloza, J. (2004). *OPORTUNIDADES DE PRODUCCION MAS LIMPIA EN EL SECTOR DE CARNICOS, Guia para Empresarios*.
- PNUMA. (20 de marzo de 2006). *Manual de Producciones más Limpias. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*. Obtenido de <http://www.pnuma.org/industria/produccionlimpia-manual.php>
- Portillo, S. N. (2014). *Tratamiento de Efluentes Liquidos en la Industria Frigorifica*. Universidad Nacional de la Plata.
- Restrepo Gallego, M. (2006). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria.
- Ríos V., M., & Ramírez H., L. (Diciembre de 2012). Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto. *Prospect*. Vol. 10, No. 2, págs. 56-63.
- Rivero Muñoz, S. (2013). *Rediseño del Sistema de Tratamiento de los Residuales Líquidos en el Matadero-Empacadora de la Empresa Pecuaria Macún*. Cuba, Villa Clara: UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS.
- Rodríguez de los Santos, J. A. (marzo de 2012). *PROPUESTA DE UN DISEÑO PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L) UTILIZANDO BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS*

CÁRNICOS. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Rodríguez, A. (2000). Mejoras técnicas disponibles en las industrias cárnicas. España: AINIA.

ROMANO PÉREZ, M. A. (MAYO DE 2012). *PREDISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS CÁRNICOS CON ENFOQUE DE SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN*. SALVADOR: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Salas C., G., & Condorhuamán C., C. (2008). TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UN CENTRO DE BENEFICIO O MATADERO DE GANADO. *rev. Per. Quím. Ing. Quím.* vol. 11 n.º 1, 2008. Págs. 29-35.

Santiago. (1998). *GUÍA PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL*.

Vallejo Solís, M. Á., Garnier Zamora, L. A., & Nájera Fernández, J. (Octubre 2013). *Guía metodológica para gestionar la huella de carbono en la industria cárnica*. San José, Costa Rica.: Deutsche Gesellschaft für.

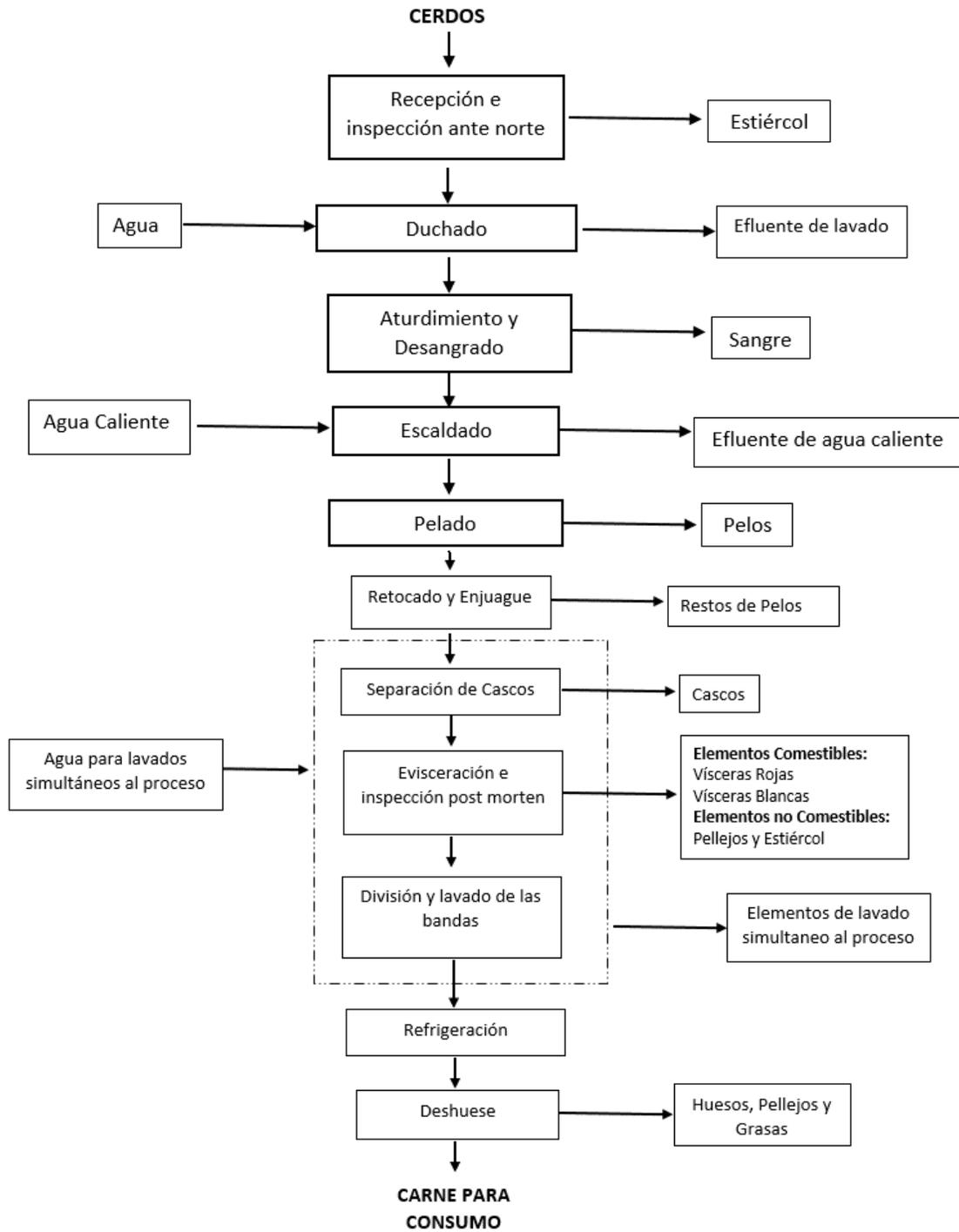
Vega, R. (2010). *Tecnologías de Tratamiento de agua para su Reutilización*.

Veras Carballes, P. P. (2015). *Alcance del EDC lagunas del Carcico Palmira*. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Villa Clara (IPH).

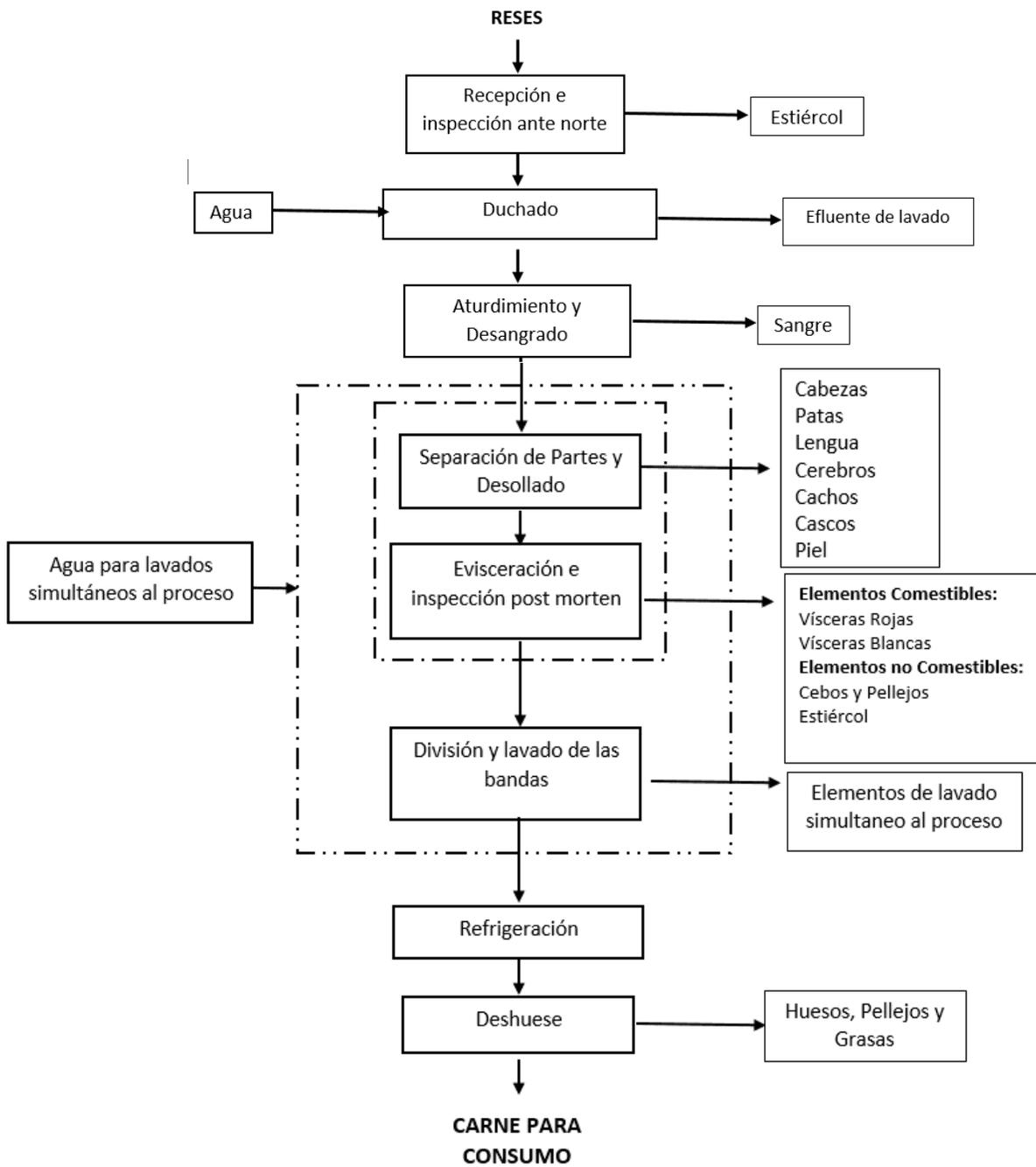
Anexos

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de flujo de la línea de sacrificio de cerdo.



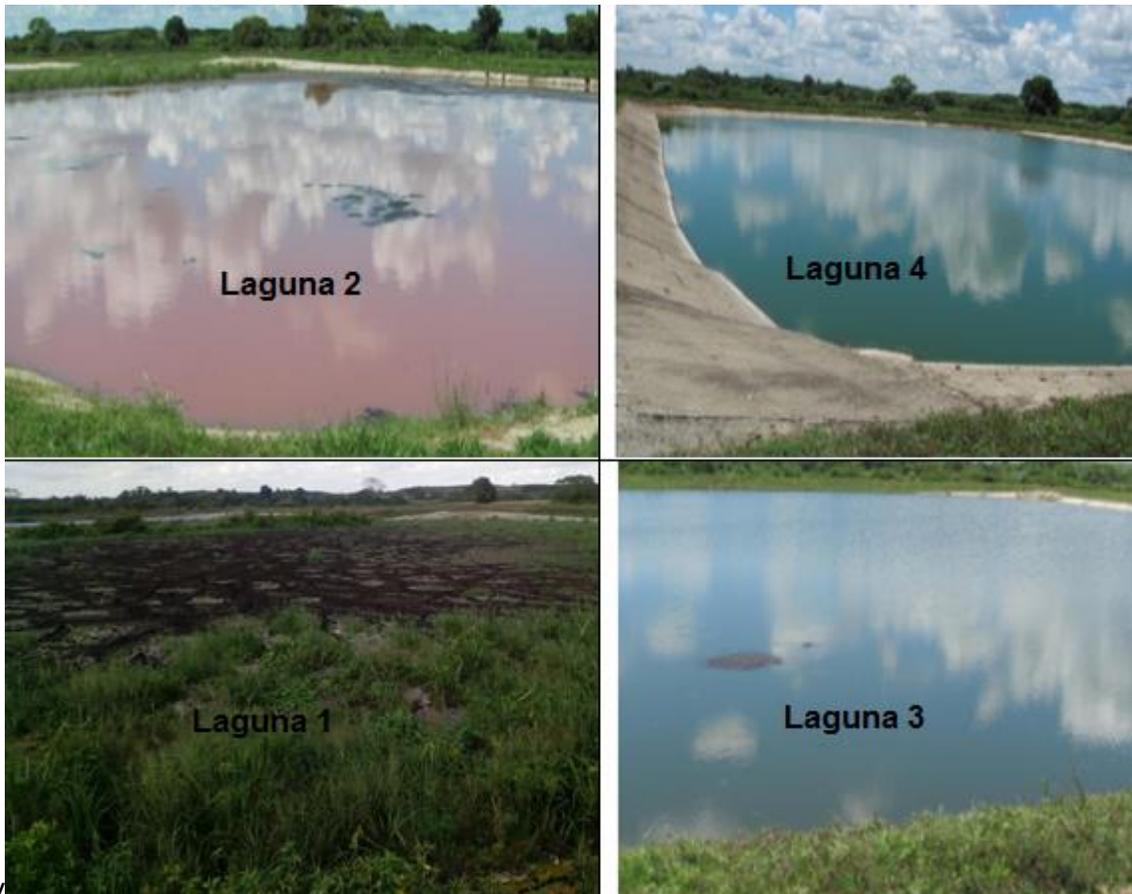
Anexo 2: Diagrama de flujo de la línea de sacrificio de reses.



Anexo 3: Foso de precipitación y cribas de residuales



Anexo 4: Lagunas de oxidación.



v

Anexo 5: Análisis realizados a las aguas de residuales durante el período 2011-2017 en la entrada y salida del sistema de tratamiento de residuales.

Años	Análisis	PH	CE(µs/cm)	DBO(mg/l)	DQO(mg/l)
19/12/2011	Entrada	7.8	1455	478	713
	Salida	8.39	1480	23	186
07/05/2012	Entrada	7.48	1408	877	1058
	Salida	8.09	2120	32	243
30/08/2012	Entrada	7.22	1353	10	955
	Salida	9.23	1114	2	258
20/12/2012	Entrada	7.61		674	1540
	Salida	8		13	243
21/05/2013	Entrada	7.59	1495	350	905
	Salida	8.11	2130	61	365
16/06/2013	Entrada	7.36	1460	79	1208
	Salida	7.9	1758	8	245
15/08/2013	Entrada	7.45	1580	580	1013
	Salida	8.23	1693	28	304
18/12/2013	Entrada	7.06	1895	786	1450
	Salida	8.24	2660	66	346
30/01/2014	Entrada	7.61	1805	951	1699
	Salida	8.26	2500	41	134
09/05/2014	Entrada	7.46	1374	788	1550
	Salida	8.33	1986	50	432
04/09/2014	Entrada	7.37	1620	300	53
	Salida	8	1914	225	162
23/12/2014	Entrada	7.65	1932	790	1860
	Salida	7.84	2310	41	383
13/03/2015	Entrada	7.33	1666	1051	1492
	Salida	7.87	2670	42	235
28/07/2015	Entrada	7.01	2080	648	1658
	Salida	7.9	2320	17	123
12/02/2016	Entrada	7.43	1605	589	1450
	Salida	8.27	2080	54	138
20/11/2016	Entrada	7.46	2740	1353	3796
	Salida	9.26	1786	42	226
20/09/2017	Entrada	7.09	1 854	1 921	3 666
	Salida	7.16	1 141	48	140