

Lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al
tratamiento de agua residual para la empresa Avícola Santa
Bárbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth



LINEAMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS AVÍCOLAS ORIENTADAS AL
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA EMPRESA AVÍCOLA
SANTA BÁRBARA, GUAYABAL DE SIQUIMA, CUNDINAMARCA

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá de 2019

Lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al
tratamiento de agua residual para la empresa Avícola Santa
Bárbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth

Lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al tratamiento de agua residual para la
empresa Avícola Santa Bárbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Claudia Patricia Gómez Rendón

Línea de Investigación:
Salud y Medio Ambiente

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019

Acta de Sustentación



SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

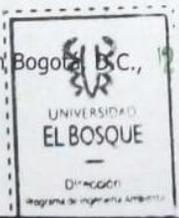
ACTA No: 1111

El día **28 OCT 2019**, en las instalaciones de la Universidad El Bosque, se desarrolló la sustentación del trabajo de grado titulado **LINEAMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS AVÍCOLAS ORIENTADAS AL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA EMPRESA AVÍCOLA SANTA BÁRBARA, GUAYABAL DE SÍQUIMA, CUNDINAMARCA**, escrito por **KATHERINE BLANQUICET ORTEGA, C.C. 1018486378** y **SALLY YIETH ROTA SERRANO, C.C. 1013658152**, bajo la dirección de **CLAUDIA PATRICIA GÓMEZ RENDÓN, C.C. 51768432**, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental. El trabajo fue evaluado por los jurados **HUMBERTO JOSÉ VERGARA ARRIETA, C.C. 72276638** y **JOSÉ LUIS ESPINOSA REINA, C.C. 79601710**, quienes deliberaron y concluyeron que cumple con los criterios de calidad, por lo que se determina que el trabajo es **Aprobado**.

En constancia, se firma en Bogotá, D.C., el **28 OCT 2019**

KENNETH OCHOA VARGAS
Director
Programa de Ingeniería Ambiental

GERMÁN AGUDELO ASCENCIO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería



Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

Primero que todo a mis padres Luz Mary Serrano y Argemiro Rotta quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y sacrificio en todos estos años me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía y de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi compañera de tesis y mi novio quienes me apoyaron en el transcurso de estos años, por extenderme su mano en momentos difíciles y por el amor brindado en cada día.

Sally Yiceth Rotta Serrano

A mis padres, familiares, amigos y docentes que me acompañaron durante este proceso, quienes me brindaron su apoyo incondicional y me aportaron grandes enseñanzas a nivel profesional, social y ético, gracias a ustedes me voy formando como una mejor persona capaz de aportar ideas al mundo.

Katherine Blanquicet Ortega

Dedicamos este mérito a ti, Alejita porque sembraste en nosotros un motivo de lucha.

Agradecimientos

Queremos agradecerle a todas las autoridades y personal que hacen parte de la Universidad El bosque, especialmente a la profesora Claudia Patricia Gómez quien fue nuestra directora de tesis y nos brinco su acompañamiento, apoyo y cariño en el trascurso de la elaboración de esta investigación. A la institución educativa le agradecemos por abrirnos sus puertas confiar en nosotras y permitir culminar con éxito la meta de ser ingenieras ambientales.

1. Tabla de Contenido

2. Listado de Tabla	9
3. Listado de figuras	9
4. Listado de Ecuaciones	10
4. Resumen	12
5. Abstract	12
6. Introducción	12
7. Planteamiento del problema	13
8. Justificación.....	16
9. Objetivos	17
9.1 Objetivo general	17
9.2 Objetivos específicos.....	17
10. Marco de referencia.....	17
10.1. Antecedentes	17
10.2. Estado del Arte	19
10.3 Marco conceptual	21
10.3.1 Tratamiento de aguas residuales.	21
10.3.2 Aguas residuales.....	21
10.3.3 Aguas superficiales.	21
10.3.4 <i>Calidad del agua.</i>	21
10.3.5 <i>Contaminación del agua.</i>	21
10.3.6 <i>Características de las aguas residuales.</i>	21
10.4 Marco teórico	22
10.4.2 <i>Tratamiento terciario.</i>	24
10.5. Marco normativo	24
10.6 Marco geográfico	28
10.6.1 Descripción del territorio.	28
10.6.2 Descripción ambiental.....	30
10.7 Marco Institucional	31
11. Metodología	32
11.1 Metodología por objetivos	34
11.1.1 Objetivo Específico 1: Identificar las principales etapas del proceso que afectan de forma crítica el vertimiento de las aguas residuales en la Granja Avícola Santa Barbara	34
11.1.2 Ecobalance	36
11.1.3 Cuantificación de aguas residuales	38

11.1.4 Cuantificación de residuos sólidos o semisólidos	39
11.2 Objetivo 2: Definir los lineamientos de buenas prácticas para el proceso productivo de la Granja Avícola Santa Barbara.....	39
11.2.1 Lineamientos de Buenas Prácticas.	40
11.3 Objetivo 3: Definir los lineamientos del prediseño técnico de tratamiento de aguas residuales de Granja Avícola Santa Bárbara	41
14. Resultados	43
14.1 Resultado de Objetivo específico 1	43
14.1.1 Aforo Volumétrico	46
14.2 Resultados Objetivo 2	49
14.3 Resultados Objetivo 3	58
14.3.1 Pretratamiento	63
14.3.2 Tratamiento primario.....	64
14.3.3 Tratamiento secundario.....	65
15. Análisis y discusión de resultados.....	75
16. Conclusiones	81
17. Recomendaciones.....	82
18. Referencias Bibliográficas	82
19. Anexos.....	¡Error! Marcador no definido.

2. Listado de Tabla

tabla 1. <i>Marco normativo para el proyecto</i>	24
Tabla 2. <i>Quebradas principales</i>	31
Tabla 3. <i>Guía para la elaboración de un ecomapa</i>	36
Tabla 4. <i>Representación de la Matriz MED</i>	40
Tabla 5. <i>Lineamientos de Buenas Prácticas</i>	40
Tabla 6. <i>Valor de ponderación</i>	41
Tabla 7. <i>Matriz MED</i>	49
Tabla 8. <i>Lineamientos de buenas prácticas avícola</i>	50
Tabla 9. <i>Matriz comparativa de evaluación primaria</i>	59
tabla 10. <i>Matriz comparativa de evaluación secundarios</i>	60
tabla 11. <i>Matriz comparativa de evaluación primaria terciaria</i>	61
Tabla 12. <i>Parámetros físicoquímicos del efluente del proceso de beneficio animal</i>	62
Tabla 13. <i>Carga contaminante del efluente</i>	63
tabla 14. <i>Criterios de diseño para tanque de aireación</i>	66
tabla 15. <i>Criterios de diseño para los lechos de secado de arena</i>	70
tabla 16. <i>Criterios de diseño para los lechos de secado de arena</i>	71
tabla 17. <i>Criterios de diseño para el sedimentador secundario</i>	71

3. Listado de figuras

Figura 1. <i>Diagrama de residuos líquidos y sólidos</i>	15
Figura 2. <i>Ubicación de avícola Santa Bárbara en el Departamento de Cundinamarca</i>	29
Figura 3. <i>Ubicación de la granja Avícola Santa Bárbara</i>	29
Figura 4. <i>Salida de la planta</i>	30
Figura 5. <i>Área de estudio</i>	30
Figura 6. <i>Marco institucional</i>	32
Figura 7. <i>Diagrama del diseño metodológico</i>	32
Figura 8. <i>Representación gráfica de un proceso</i>	34
Figura 9. <i>Símbolos para un diagrama de flujo de procesos</i>	35
Figura 10. <i>Diagrama de las entradas y salidas del proceso de producción</i>	37
Figura 11. <i>Diagrama del consumo volumétrico</i>	38
Figura 12. <i>Proceso de cuantificación de aguas residuales método aforo</i>	38
Figura 13. <i>Esquema de la metodología para Objetivo 3</i>	41
Figura 14. <i>Matriz de doble entrada para la selección del método</i>	42
Figura 15. <i>Diagrama de flujo del proceso productivo</i>	44

Figura 16. <i>Ecomapa de la empresa Avícola santa bárbara</i>	45
Figura 17. <i>Ecobalance de Avícola Santa Bárbara</i>	46
Figura 18. <i>Medición del caudal por cada etapa del proceso productivo</i>	47
Figura 19. <i>Diagrama de tuberías</i>	48
Figura 20. <i>Características de rejillas</i>	63
Figura 21. <i>Diagrama de la planta tratamiento para avícola santa bárbara</i>	73
Figura 22. <i>Rejillas</i>	74
Figura 23. <i>Tanque de aireación</i>	74
Figura 24. <i>Clarificador Secundario</i>	74
Figura 25. <i>Portada de la guía de Buenas Prácticas Avícolas para la granja avícola Santa Bárbara</i>	78
Figura 26. <i>Aspectos de evaluación de lineamientos de buenas prácticas avícolas</i>	79
Figura 27. <i>Planes y programas para la Granja Avícola Santa Bárbara</i>	80

4. Listado de Ecuaciones

ecuación 1. <i>Carga contaminante</i>	63
Ecuación 2. <i>Perdida de la energía de la rejilla</i>	64
Ecuación 3. <i>Perdida de la energía de la rejilla</i>	64
Ecuación 4. <i>DBO soluble del afluente</i>	66
Ecuación 5. <i>Biomasa en el reactor</i>	66
Ecuación 6. <i>Volumen del reactor</i>	67
Ecuación 7. <i>Producción de lodo</i>	67
Ecuación 8. <i>Cantidad de lodo seco</i>	67
Ecuación 9. <i>Caudal de lodo de desecho</i>	67
Ecuación 10. <i>Caudal de recirculación</i>	68
Ecuación 11. <i>Relación de recirculación</i>	68
Ecuación 12. <i>Tiempo de retención hidráulica</i>	68
Ecuación 13. <i>Cantidad de oxígeno requerido</i>	68
Ecuación 14. <i>Caudal del aire</i>	69
Ecuación 15. <i>Eficiencia de transferencia de oxígeno del equipo</i>	69
Ecuación 16. <i>Volumen de aire requerido por unidad de d_{90}</i>	69
Ecuación 17. <i>Carga orgánica volumétrica</i>	69
Ecuación 18. <i>Relación alimento / microorganismo</i>	70
Ecuación 19. <i>Eficiencia</i>	70
Ecuación 20. <i>Área del sedimentador</i>	72
Ecuación 21. <i>Flujo por picos</i>	72
Ecuación 22. <i>Área de sedimentación</i>	72
Ecuación 23. <i>Área del círculo</i>	72
Ecuación 24. <i>Diámetro</i>	72
Ecuación 25. <i>Volumen de sedimentador</i>	73
Ecuación 26. <i>Tiempo de retención hidráulica</i>	73

Lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al
tratamiento de agua residual para la empresa Avícola Santa
Bárbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth

4. Resumen

El trabajo de investigación consistió en la elaboración de la propuesta de buenas prácticas avícolas orientadas al tratamiento del agua residual para la empresa avícola Santa Bárbara localizada en el municipio de Guayabal de Siquima en Cundinamarca, y para ello se realizó la identificación de las etapas del proceso, de las cuales se establecieron las de mayor afectación en la calidad del vertimiento de las aguas residuales, siendo el escaldado, enfriado con aire o chiller y el lavado de bodega las que generan una mayor cantidad de agua contaminada. Se definieron lineamientos de buenas prácticas en el proceso de beneficio animal, realizando una guía de seguimiento y control con el fin de reducir impactos generados en aras de la optimización vertimientos en fuentes receptoras. Para la selección de la tecnología más adecuada de tratamiento de aguas residuales se llevó a cabo una matriz comparativa de metodologías donde finalmente se seleccionó un proceso de tratamiento biológico aerobio de lodos activados con aireación extendida, antecedido de un sistema de pretratamiento mediante cribado grueso o rejillas y finalizado con un sedimentador secundario. Los lodos digeridos se plantean someterlos a deshidratación a través de lechos de secado de arena.

Palabras clave: Tratamiento de aguas, lodos activados, sedimentación, salud ambiental.

5. Abstract

The research work consisted in the elaboration of the proposal of good poultry practices oriented to the treatment of wastewater for the poultry company Santa Bárbara located in the municipality of Guayabal de Siquima in Cundinamarca, and for this purpose, the identification of the stages of the process was carried out, of which the ones with the greatest effect on the quality of the wastewater discharge were established, with scalding, cooling with air or chiller and washing the winery those that generate the greatest amount of contaminated water. Good practice guidelines were defined in the animal benefit process, carrying out a monitoring and control guide in order to reduce impacts generated for the sake of optimization of discharges into receiving sources. In order to select the most appropriate wastewater treatment technology, a comparative matrix of methodologies was carried out, where finally an aerobic biological treatment process of activated sludge with extended aeration was selected, preceded by a pre-treatment system by means of coarse screening or grids and finished with a secondary sedimentation tank. The digested sludge is considered to be dehydrated through sand drying beds.

Key words: Water treatment, sedimentation, environmental health

6. Introducción

El consumo de pollo per cápita en el país se estima en 32,8 kg según lo estima para el año 2017 la Federación Nacional de Avicultores de Colombia – Fenavi, consecuentemente al estar la avicultura tan tecnificada y aportando solvencia económica al sector agropecuario, se vuelve más dependiente de los recursos naturales, generando de una forma considerable emisiones, vertimientos y residuos incidiendo en la transformación de la variable medioambiental en un reto para el sector en los próximos años y una oportunidad de mejora que puede optimizar recursos dentro de las organizaciones (FENAVI, 2017). Las aguas residuales de tipo industrial son una problemática

ambiental debido a que tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente, específicamente sobre el recurso hídrico: Lo más considerable de esta problemática es con una tecnología de tratamiento adecuada se puede hacer un vertimiento de agua con altos estándares de calidad, como la que se pretende verter con la aplicación de la siguiente propuesta. (Parra y Peñuela, 2017) Un tratamiento adecuado de las aguas residuales trae muchos beneficios para el medio ambiente y puede traerlos también para las industrias que aprovechan todos los subproductos que se obtienen del tratamiento.

La empresa avícola Santa Bárbara no cuenta con un tratamiento eficiente de las aguas residuales generando contaminación bacteriológica, orgánica, química del agua y en general una afectación al ecosistema. El alcance del proyecto tiene como fin mejorar el tratamiento de aguas, es decir, realizar estrategias, diseñar y evaluar la calidad del agua de la empresa para que cumpla con la normalidad vigente pertinente para los vertimientos de fuentes puntuales, como lo establece la Resolución 0631 de 2015.

7. Planteamiento del problema

Existen dos tipos de avicultura, una tradicional y otra industrial; la primera se realiza con fines productivos y lucrativos, pero no se desarrolla a gran escala, además su modelo de negocio no es complejo y la exigencia de las normas no es estricta, mientras la segunda, comprende la explotación de mediana a gran escala, lo que significa que se involucran plantas de transformación con alta tecnología y los centros de beneficio son vigilados (Aguilera, 2014).

Durante las actividades de producción avícola, el consumo de agua se incrementa ya que se utiliza desde el proceso de engorde y cría hasta en las últimas etapas, como las plantas de beneficio, generando aguas residuales que en esta actividad provienen de dos puntos, cría o engorde y planta de beneficio. En la primera se generan aguas residuales por el lavado de los galpones donde a su vez son contaminadas con desechos de animales, en el segundo punto, a la planta de beneficio entra el pollo y al final del proceso sale como carne (Gómez, 2012).

Avícola Santa Bárbara es una microempresa dedicada al sacrificio de aves en una producción entre 500 y 1.000 animales semanales, su proceso de producción consiste en las siguientes etapas:

La primera es el aturrido del pollo para proceder a degollar pasando por un canal donde se recolecta la sangre, posteriormente son sumergidos en agua caliente (escaldado) con el fin de facilitar la extracción de plumas, la cual se realiza mecánicamente a través de una peladora centrífuga y así dar paso a la etapa de evisceración, en la cual se extrae algunas de sus partes, luego se enfría el ave a través del water chiller (contenedor de agua para enfriamiento) en el que se mantiene por un promedio de dos horas para lograr la temperatura ideal y su posterior almacenamiento en cajas para la comercialización.

En la granja, las aguas residuales provenientes del proceso de sacrificio son dirigidas mediante una tubería independiente hacia la trampa de grasas, ubicada en la parte posterior de la empresa y de allí son depositadas en una dársena, la cual no cuenta con parámetros ambientales definidos, pero gracias; a los efectos de la evapotranspiración y la percolación, disminuyen los niveles de contaminantes.

Es preciso mencionar que las unidades de evacuación y tratamiento de residuos líquidos fueron construidas directamente por los propietarios. Además de que el incipiente manejo de residuos líquidos y ambiental de la actividad avícola, no cuenta con los permisos exigidos por la Autoridad Ambiental, a pesar de los requerimientos formulados por esa entidad.

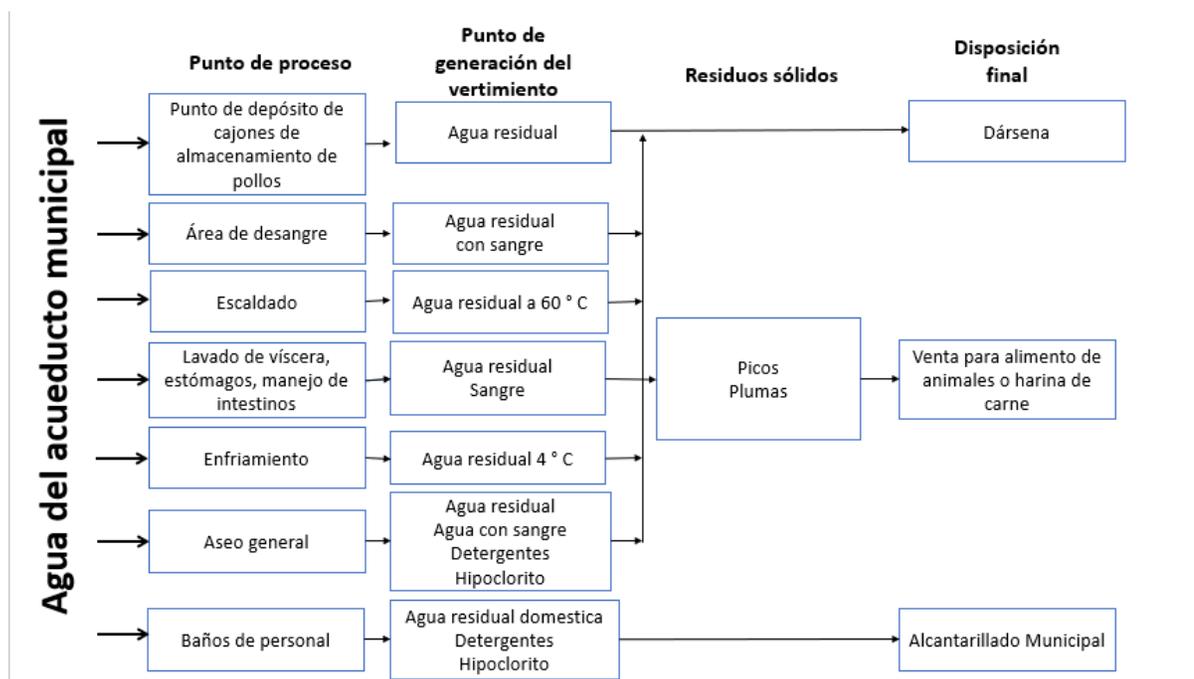
Al depositar las aguas residuales provenientes del sacrificio en una dársena, se presentan afectaciones ambientales como la generación de vectores, contaminación de cuerpos hídricos subterráneos y superficiales, afectaciones en la flora y fauna de la zona, así como problemas de saneamiento.

Se señala que las aguas de las actividades avícolas poseen características físicas como la densidad, el olor, el color y la cantidad total de sólidos y químicas particulares, tales como: la cantidad de materia orgánica y cantidad de fosfatos, nitritos, nitratos, sulfatos, cloruros; gases como el oxígeno, metano, dióxido de carbono, amoníaco (Aranda J, 2018), que obligan a someterlas a remoción de las cargas orgánicas, no solo para el cumplimiento de la norma, sino también por la responsabilidad ambiental y sanitaria, que este tipo de microempresas debe tener con su propio proceso productivo, comunidad aledaña y consumidor final.

Adicional a las aguas industriales, se generan otras de origen orgánico correspondiente a las tres (3) unidades sanitarias (ducha, lavamanos, sanitarios) utilizados por el personal de la planta que son colectadas separadamente y conectadas al alcantarillado sanitario del municipio.

Para efectos de identificar los puntos de generación de residuos (líquidos y sólidos) se presenta la figura 1 que señala los residuos generados en la planta de beneficio de pollos como lo son las plumas, sangre y aguas residuales.

FIGURA 1. DIAGRAMA DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS



(Autoras, 2019)

En la figura 1 se evidencia que avícola Santa Bárbara tiene no solo un manejo inadecuado de sus aguas residuales sino también de los residuos sólidos, provocando entre otros, olores inadecuados en virtud a que adolece de buenas prácticas avícolas, así como de seguridad y salud en el trabajo que repercute directamente en la calidad del producto que comercializa.

A partir de lo anterior, se plantea como pregunta de investigación:

¿De qué manera la formulación de lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al tratamiento de aguas residuales contribuye al mejoramiento ambiental de la empresa y entorno?

Y como Subpreguntas las siguientes:

¿Cuáles son las etapas del proceso productivo que afectan de forma crítica el vertimiento de las aguas residuales?

¿De qué manera la formulación de lineamientos de buenas prácticas avícolas - BPA y el predimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, para la empresa avícola Santa Barbara, contribuye a mejorar las condiciones sanitarias y ambientales?

¿Cuál es el prediseño de tratamiento de aguas residuales más apropiado para el matadero de Granja avícola Santa Bárbara?

8. Justificación

En Colombia la avicultura a pequeña escala se desarrolla en varias regiones del país, y ha incrementado como consecuencia del aumento progresivo del consumo de pollo, por esta razón se observa proporcionalmente la cantidad de residuos generados en sus procesos, a su vez los altos niveles de consumo de agua, de modo que cualquier estudio sobre el impacto debe ir enfocado al tratamiento de sus efluentes (Aranda J, 2018).

La ubicación de la Avícola Santa Bárbara es en un sector suburbano poco habitado, se entiende que el mayor impacto ambiental se da por las altas concentraciones de materia orgánica que se provoca por la actividad sobre el agua superficial y subterránea donde también se puede ver afectada la calidad del suelo. (Castillo B, 2018).

En el planteamiento del problema se puede evidenciar que la granja Avícola Santa Bárbara realiza un inadecuado manejo ambiental sobre el recurso hídrico, la solución actual del problema no es la apropiada ni la más eficiente, porque se está incumpliendo con la legislación ambiental relacionada a los vertimientos, pues estos luego de ser almacenados en la dársena, por infiltración, potencia la afectación de la fuente hídrica Balu. (Guerrero 2004).

Debido a las afectaciones generadas por los vertimientos e infiltraciones de sustancias contaminantes en altas concentraciones, surge la necesidad de mitigar y controlar el impacto ambiental, siguiendo lo preceptuado en el decreto 1500 de 2007, “Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación” el cual muestra los requerimientos que debe cumplir una planta sacrificio de animales de abasto público o para consumo humano y los lineamientos para el procesamiento, transporte y comercialización de sus carnes.

La granja Avícola Santa Bárbara actualmente no cumple con los requerimientos técnicos para realizar una buena práctica avícola, lo que afecta la calidad de su producto. El sistema actual de tratamiento de aguas no cumple con las condiciones adecuadas para el tratamiento de este tipo de aguas residuales debido a sus altos niveles de materia orgánica.

La empresa ha presentado problemas con la Corporación Autónoma Regional debido a la disposición final de sus vertimientos sin previo tratamiento, lo que causó problemas económicos y legales, ya que, por la falta de condiciones adecuadas, la avícola estuvo sellada por un tiempo, causando suspensión en los procesos y generando pérdidas monetarias. Por esto, surge la necesidad de implementar medidas de manejo ambiental que permitan reducir el impacto ambiental generado por los vertimientos con altas cargas contaminantes sobre los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos, a través de un prediseño de mejora al sistema de tratamiento actual.

En el sector donde se encuentra la empresa, existen otras granjas que desarrollan la misma actividad productiva, de estas no se conoce muy bien el estado actual de los vertimientos y su tratamiento, sin embargo; es pertinente reconocer que si estas tampoco cumplen con los requerimientos necesarios para mitigar los contaminantes que se caracterizan por poseer altas cantidades de materia orgánica y

al alterar los sistemas hídricos, no solo se generan afectaciones sobre el ambiente, sino también a la salud humana.

Otro punto importante es que estas granjas se ven amenazadas por grandes empresas del sector avícola, ya que son pequeñas y tienen la necesidad y el interés de seguir produciendo sin embargo; las alternativas de solución ambiental, en su mayoría son muy costosas; la empresa se ve perjudicada para obtención de nuevas prácticas o tecnologías que mejoran la calidad de su producto, por lo cual proponer lineamientos de buenas prácticas que se ajusten a la situación económica de la empresa contribuirá en la optimización no solo del proceso de sacrificio de aves sino también, procurará la realización de la actividad bajo estándares mínimos ambientales.

Con respecto a la elección de la temática a desarrollar, esta se adoptó a partir de la salida de campo de séptimo semestre en la materia Fotointerpretación donde se realizó una visita técnica a la Granja Avícola Santa Bárbara ubicada en Albán, Cundinamarca. Se evidenció la problemática de afectación al medio biótico y abiótico por el vertimiento de las aguas residuales provenientes del sacrificio de los animales en la planta procesadora procediendo a trabajar en colaboración con el propietario para fomentar una solución a su problemática ambiental

9. Objetivos

9.1 Objetivo general

Establecer lineamientos de buenas prácticas avícolas al tratamiento de aguas residuales para la empresa avícola Santa Barbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca.

9.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales etapas del proceso productivo que afectan de forma crítica el vertimiento de las aguas residuales en la Granja Avícola Santa Bárbara.
- Definir los lineamientos de buenas prácticas para el proceso productivo de la Granja Avícola Santa Bárbara.
- Definir los lineamientos del prediseño técnico de tratamiento de aguas residuales de Granja Avícola Santa Bárbara.

10. Marco de referencia

10.1. Antecedentes

La avicultura es una actividad relacionada con el cuidado y manejo de especies avícolas presentándose de forma productiva a nivel mundial durante varios siglos. El origen de esta actividad se remonta a los romanos y egipcios, quienes descubrieron la incubación artificial y lo aplicaban a través del criterio industrial, es decir; para generar más producción de aves poseían pequeñas granjas de gallinas y gansos, así surgió una economía rural a partir del comercio de huevos y aves. Varios autores interesados en esta actividad realizan textos en cuanto al cuidado de las granjas, el tipo de

aves que se deben tener, las condiciones y la alimentación adecuada para el sustento de las granjas (Rivera, 2003).

Esta actividad con el paso del tiempo se ha dividido en dos conceptos: el primero la avicultura tradicional y el segundo la avicultura industrial, en donde se caracteriza la primera por la cría de aves de raza la cual persigue un lucro, más no presenta un plan de negocios de complejidad, sino que se realiza a menor escala y no representa un impacto a la economía; lo contrario que la avicultura industrial, que se caracteriza principalmente por la explotación del pollo como alimento: desarrollándose de dos formas una para la producción de carne de pollo y otra para producción de huevos, de tal forma que son dos diferentes mercados visto desde el diseño organizacional y la estructura de modelo de negocio (Velandia, 2016).

En Colombia esta actividad llega por los conquistadores en el siglo XVI, donde se introdujeron al país por primera vez varias especies de gallinas, gallos y patos. Los registros reportan que durante los siglos XVI a XIX los colonizadores entregaban a los indígenas las aves para la crianza que usaban como alimento y trueque para obtener otros productos. Con el tiempo los campesinos incluyeron en sus comidas el huevo o carnes de aves, que para su entonces sólo era asequible para las familias más pudientes (Aguilera, 2014).

Para el siglo XX comienza la avicultura comercial y el interés por conocer el desarrollo de la actividad aumenta cuando aparecieron textos donde se informaba el cuidado de las aves y la producción de sus huevos. Hacia 1913 Tulio Ospina publicó un manual con el fin de cambiar la costumbre de dejar las gallinas en libertad sugiriendo la explotación en corrales y algunas recomendaciones de alimentación según tipos de especies (Aguilera, 2014).

En 1926 el entonces Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio fomentó la educación agrícola y la regionalización de las granjas en algunos lugares del país, en el año 1931 se creó la Caja Agraria, dando paso a un gran número de empresas, lo cual fomentó una integración de los productores para una economía más competitiva bajándose los precios; con el paso de los años se incorporaron más granjas y a su vez también se instalaron cerca de los mercados urbanos, se continuó la economía rural, es decir, la avicultura campesina para la alimentación de la familia (Aguilera, 2014).

En Colombia la Ley 75 de 1947 creó el Ministerio de Agricultura y Ganadería abriendo una sección avícola para el fomento y capacitación técnica con el fin de fomentar una producción efectiva en pequeñas granjas. Para la década de los 50's surgió el texto escrito por Camilo Bretón titulado "*Avicultura tropical, rural, industrial y científica*", donde se exhiben las formas de instalaciones de las granjas tecnificadas y la potencial rentabilidad que representan con el tiempo; para el año 1955 en la ciudad de Medellín, se dictaron cursos con el fin de promover un nuevo sistema, siendo tema la construcción de galpones para confinar las aves, posteriormente se introdujeron mejores razas, alimentos especiales y vacunas para prevenir enfermedades.

Para los años 60's a 80's se conformaron grandes granjas con una producción de 100.000 aves, los avances obtenidos a partir de esta actividad se dieron a partir del aprendizaje continuo de las empresas y los pequeños productores, donde se aplicaron los conocimientos para nuevas tecnologías en genética y automatización de procesos, permitiendo de tal forma fortalecer la avicultura en el país,

ya que hoy en día el huevo y la carne de pollo son alimentos fundamentales en las familias colombianas (Aguilera, 2014).

La granja avícola Santa Bárbara surge en los años 1998 como una empresa familiar para el sacrificio y comercialización de aves como pollos, pollos criollos y gallinas. La constitución de esta empresa la realizó el señor César Barón actual propietario el cual a la fecha sigue trabajando por esta, para lograr un funcionamiento óptimo y con los lineamientos ambientales requeridos.

10.2. Estado del Arte

Este proyecto pretende hacer un estudio de las diferentes técnicas utilizadas para el tratamiento de aguas residuales de la industria avícola, siendo revisados, leídos, evaluados y analizados artículos de investigación para diseñar un sistema que se ajuste a las condiciones ambientales.

Generalmente, los principios tradicionales para el tratamiento de aguas residuales se dividen en: primario, secundario y terciario, en el cual; el tratamiento primario consiste en tres procesos relevantes: coagulación, floculación y sedimentación, caracterizados por ser capaces de remover materiales, como lo son, los surfactantes o floculantes que permiten la sedimentación de los sólidos suspendidos. Que permiten la formulación de lineamientos técnicos que se ajusten.

Para el tratamiento secundario se utilizan microorganismos que tienen como fin remover gran parte de la materia orgánica presente en el agua: en este procedimiento, regularmente se deja que la flora microbiana propia del afluente realice esta acción (Aranda, 2018).

El artículo de Martelo (2012) titulado “*Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte*”, menciona el uso de las macrófitas flotantes para el tratamiento de aguas residuales, dado por su eficiencia en cuanto a la remediación de agua con altos contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas. El sistema con especies flotantes son estanques a una profundidad variable donde se busca el desarrollo natural de las macrófitas siendo las especies más utilizadas el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna spp*).

El artículo denominado “*Sistema de flotación para aguas residuales de un matadero de pollos*” de Yaxcelys Caldera realizado en Venezuela en el año 2010, indica que las aguas residuales provenientes de la actividad de beneficio de aves se caracterizan por presentar altas concentraciones de aceites y grasas, sólidos suspendidos y demanda química de oxígeno, por lo tanto; propone un sistema de flotación en el tratamiento primario, proceso que se utiliza para separar sólidos o líquidos que flotan en el agua a partir de la inyección de burbujas de aire finas, en los cuales, se demuestra que el uso de sistemas de flotación son eficientes para remover aceites y grasas debido a la ventaja de separar partículas livianas o muy pequeñas en cortos periodos de tiempos. Sin embargo, la eficiencia de estos sistemas depende de las características del agua como material en suspensión, materia disuelta, entre otros (Caldera et al, 2010).

El artículo del autor Arnold Arias Hoyos (2017) denominado “*Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la M. oleífera como coagulante natural*”, trata sobre el uso de la semilla pulverizada de la *M. oleífera* utilizada en una muestra de agua residual proveniente del sacrificio de pollos, en la cual en cada ensayo se midió el pH color, temperatura, turbiedad, DQO, DBO₅, coliformes totales y fecales, sólidos suspendidos con el fin de

calcular la remoción obtenida por la semilla pulverizada. Los resultados más relevantes mostraron que una dosis óptima (7.500 mg/L) y una concentración óptima del 5%, se puede lograr una eficiencia de remoción del color y turbidez de aproximadamente 87 % y 80 %, respectivamente (Arias A, 2017).

En la tesis titulada “*Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) con lenteja de agua*” publicada en el año 2013, se muestra cómo por medio de un sistema compuesto en dos fases a partir de una trampa de grasas como un tratamiento preliminar tiene una unión del afluente de las aguas negras en un sedimentador para conectarse a un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) con lenteja de agua (*Lemna minor*). Las remociones obtenidas para SS el 84%, DBO el 79%, N el 40% y P el 30% la calidad de este efluente se puede utilizar para riego de cultivos (Carrera, 2013).

El artículo de Ricardo Parra publicado en el año 2015, titulado “*Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria*”, expone cómo a través de la digestión anaerobia en reacción con microorganismos hidrolíticos como *Clostridium*, *Acetovibrio*, *Micrococcus*, *Staphylococcus* y *Bacillus*, en acción con microorganismos acidógenos como *Acinetobacter Lwoffii*, *Acinetobacter sp*, *Actinomyces sp*, *Alcaligenes* entre otros y microorganismos metanógenos como: *Methanosaeta* y *Methanosarcina* aplicados en diferentes etapas de la bioquímica de la digestión anaeróbica, busca la síntesis de los contaminantes toda vez que son capaces de degradar compuestos orgánicos.

Menciona que la hidrólisis es el tratamiento de materia orgánica compleja en la etapa de acidogénesis, seguido de este se depuran los ácidos orgánicos volátiles en la acetogénesis y finalmente, son convertidos a metano en la metanogénesis. La implementación de esta metodología en el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del pollo puede resultar efectiva o eficiente, sin embargo, se han presentado problemas debido al contenido de lípidos, componentes micro celulares, ácidos lácticos, niveles de amonio, sulfuros y ácidos grasos que impiden la estabilidad de la digestión (Parra, 2015).

El artículo “*Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro*” de Lauraceli Romero (2011) menciona que las aguas residuales municipales y de origen orgánico presentan altas concentraciones de materia orgánica, proteínas, grasas y nutrientes, que utiliza como sistema de tratamiento reactores anaerobios que degradan estos contaminantes. Sin embargo, los compuestos provenientes del nitrógeno y fósforo no son removidos en su totalidad, por lo tanto, en el artículo proponen la implementación de hidrófitas como *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Myriophyllum aquaticum* para la remoción de los componentes; el tiempo de estudio fue de 15 días, dando como resultado para la remoción de amonio el 98% con *Lemna gibba* y *Eichhornia crassipes* y de 100% con *Myriophyllum aquaticum* (Romero, et al., 2011).

La remoción de ortofosfato fue de 63% con *Myriophyllum aquaticum* y finalmente un 82% para la remoción de los nitratos con *Myriophyllum aquaticum*. Se concluyó que la combinación de los dos métodos utilizados, es decir, el sistema anaerobio y la implementación de hidrófitas son capaces de mejorar la calidad del agua (Romero, et al., 2011).

10.3 Marco conceptual

En la elaboración del marco conceptual se tuvo en cuenta referentes presentados por diferentes autores y trabajos de investigación relacionados con la temática de tratamiento de aguas residuales, como puede apreciarse a continuación:

10.3.1 Tratamiento de aguas residuales.

Corresponde a los procesos y operaciones químicas, físicas o biológicos en los cuales su finalidad es la depuración, eliminación o reducción de los contaminantes, para obtener aguas con características adecuadas según el uso que se les vaya a dar.

10.3.2 Aguas residuales.

Son aquellas que han sido previamente usadas, su calidad se ha visto afectada negativamente pues contienen sólidos o sustancias que por algún medio se introducen en el colector y son transportados generalmente por un sistema de alcantarillado bien sea natural o artificial que conduce hacia algún cuerpo de agua superficial (Rojas, 1999).

10.3.3 Aguas superficiales.

Es aquella que se encuentra en la superficie o exterior de la tierra, tienen características de circulación continua o con corrientes en una misma dirección como quebradas, arroyos ríos o las que se encuentran sin movimiento o estancadas como lagunas, pantanos y lagos (CAR, 2019).

10.3.4 Calidad del agua.

Se define como el proceso donde una masa de agua superficial o subterránea se ve afectada por factores naturales como la evapotranspiración, sedimentación de lodos, lixiviación natural de materia orgánica, nutrientes del suelo y procesos biológicos o acciones antropogénicas (ONU, 2014).

10.3.5 Contaminación del agua.

Es la acción de introducir material físico, biológico y químico en un cuerpo hídrico, degrada la calidad del agua afectando de esta manera a los organismos que habitan en el ecosistema como a quienes la consumen. En este proceso se presenta la adición de sólidos suspendidos o disueltos como los pesticidas, metales pesados y compuestos químicos no degradables y bioacumulativos (Gómez C, s.f.).

10.3.6 Características de las aguas residuales.

Demanda química de oxígeno (DQO). Este término hace referencia al volumen de oxígeno necesario para oxidar una fracción de materia orgánica químicamente susceptibles de oxidación al dicromato o permanganato de potasio (Romero, 2004).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Es una medida de la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica en el agua en 5 días a 20 °C. Sólo evalúa la

demanda ejercida por la fracción carbonada, la de los sulfuros y del ion ferroso; excluye la fracción nitrogenada. La DBO no mide un compuesto en especial, sino todos los biodegradables. Por vía aerobia; se expresa en mg O₂/L. En la actualidad, existen varios métodos para detectar la DBO, desde el de diluciones hasta los de técnicas respirométricas. El agua de calidad potable tiene DBO promedio mensual del orden de 0,75 a 1,5 mg O₂/L (Jiménez, 2001).

Grasas y aceites. Compuestos de carbono, oxígeno e hidrógeno que flotan en el agua residual, causando problemas de actividad biológica o de recubrimiento de las superficies con las cuales entra en contacto. Cargas altas de grasas o aceites provenientes de mataderos, frigoríficos u otro tipo de industrias pueden causar graves afectaciones al medio ambiente (Romero, 2004).

pH. Indica la alcalinidad o la acidez es decir la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada (IDEAM, 2019).

Turbiedad. Es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida en vez de transmitida sin cambios en la dirección del nivel de flujo a través de la muestra. En otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión (IDEAM, 2019).

Color. Depende de las sustancias disueltas, como partículas en suspensión las cuales clasifican el color como uno verdadero cuando solamente existe el agua y sustancias disueltas, otra se clasifica como aparente que incluye partículas en suspensión que generan turbidez (Goyenola, 2007).

10.4 Marco teórico

Teniendo en cuenta que la gestión ambiental son los planes, programas o prácticas que se realizan para llevar una mejor administración de los recursos, las acciones de mejora que se tienen en una planta de beneficio avícola están relacionadas con la gestión del agua y sus residuos, es decir; se deben realizar estrategias que permitan reducir el consumo de agua en sus procesos y aguas residuales contaminantes.

Como estrategia de gestión ambiental se utiliza la producción más limpia, conocido en la industria como las condiciones tecnológicas que se usan para volver los procesos más eficientes en cuanto al uso de los materiales, insumos y recursos naturales. Este tipo de tecnologías limpias permite minimizar los residuos y desperdicios (Fúquene, 2007). La formulación de una propuesta de buenas prácticas ambientales ayuda a contribuir a la prevención, control y seguimiento de los vertimientos generados en el proceso productivo del beneficio animal, como un modelo, aprobado y validado que se repite con frecuencia en cualquier ambiente debido a que presentan buenos resultados y merece ser adoptado por el mayor número de empresas (FAO, 2014).

En el procesamiento de las aves se generan contaminantes potenciales como las plumas, vísceras, órganos de animales, aguas residuales y biosólidos, los cuales generan subproductos orgánicos e inorgánicos, de tal manera que se ve afectada la calidad del agua, obligando a la empresa a realizar un sistema de tratamiento para sus aguas residuales,

El enfoque de este proyecto se basa en proponer lineamientos de buenas prácticas avícolas para que el vertimiento de aguas residuales se realice en el marco de un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado que cumpla con la normatividad ambiental para la protección de la salud ambiental y la de los ecosistemas y para ello, se hizo necesario identificar ambientalmente el proceso de beneficio de pollos, porque a partir de la puesta en marcha de mecanismos de producción más limpia, se minimicen los vertimientos y se somete a tratamiento previo descarga. En el sacrificio del ave, el agua se usa en las etapas de escaldado, evisceración, lavado, enfriamiento (chiller), también en la limpieza y saneamiento de las instalaciones y maquinaria utilizada dentro la empresa, donde se cree que el consumo de agua está alrededor de 8 y 15 litros por pollo, las características principales que poseen las aguas residuales de esta actividad son altas concentraciones de materia orgánica, materias coloidales y suspendidas, como grasas, proteínas y celulosa; la calidad del agua varía según el proceso industrial, el consumo de agua, el tamaño de la maquinaria utilizada, la eficiencia de recolección de sangre en la etapa de degüelle y del número de animales sacrificados (Caldera, 2010).

Por lo tanto, para el tratamiento de las aguas residuales de la industria avícola, es necesario realizar un diagnóstico y una caracterización del agua contaminada con el fin de conocer el método más efectivo para su tratamiento.

10.4.1 Tratamiento primario y secundario.

Es el conjunto de procesos que se llevan a cabo para recuperar la calidad del agua y así cumplir con la normatividad vigente, con el fin de no generar afectaciones en el medio ambiente. La planta de tratamiento consta de una infraestructura civil y electromecánica, el cual debe tener un diseño especial según las condiciones ambientales de la empresa. Este tratamiento se basa en dos partes: la primera parte consta de un tratamiento físico químico (primario) que busca la remoción de sólidos fundamentalmente y la segunda parte consta de un tratamiento biológico (secundario).

Por lo tanto, para las aguas residuales provenientes de la industria avícola, fue necesario un tratamiento primario en cual se puedan eliminar los sólidos suspendidos, de tal forma que pueda homogeneizar la calidad del agua, acondicionar de forma química el efluente, estabilizar el pH y promover los nutrientes esenciales para poder realizar el tratamiento biológico, es decir donde los microorganismos se encargan de depurar la materia orgánica. (López M, 2007).

El tratamiento secundario, es decir el tratamiento biológico, se basa en la estabilización de la materia orgánica contaminante remanente del tratamiento primario, realizado a través de procesos de absorción biológica

De acuerdo con esto se realizan dos tipos de tratamiento secundario: la depuración aerobia y la depuración anaerobia (López, 2007). Para el proceso de depuración anaerobia que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, se usan microorganismos que trabajan en serie o en paralelo, encargados de degradar la materia orgánica en varias etapas, la estabilización anaeróbica de este tipo utiliza poca energía y es de bajo crecimiento poblacional lo que hace que su producción de lodos sea menor a la aerobia dado a su rendimiento celular y a su velocidad de generación microbiana es lenta. Se utilizan digestores de mezcla completa con tiempo de retención de sólidos, seguido de un decantador para clarificar el efluente y recircular los lodos; lo ideal es que el tiempo de retención hidráulico sea menor que el tiempo de retención de los sólidos para mejorar la eficacia del proceso (Ruiz, et al, 2010).

10.4.2 Tratamiento terciario.

Conocido como el tratamiento avanzado, el cual cumple como función completar los tratamientos primarios y secundarios con el fin de lograr efluentes más puros, es decir; lograr que el efluente posea una menor carga contaminante para así darle un posterior uso al agua ya sea como agua industrial, recarga de acuíferos, recreación y demás. Entre los compuestos más comunes de remover son los fosfatos, nitratos, algas, bacterias, virus, sólidos totales y sólidos disueltos. Los procesos que se realizan en este tratamiento comprenden procesos físicos, químicos y biológicos siendo los más usuales la filtración, carbón activado, precipitación química, intercambio iónico, lagunas, desnitrificación y nitrificación (Rojas, 2002).

10.5. Marco normativo

En la tabla 1 se muestran las normas y leyes que se tuvieron en cuenta en la elaboración del proyecto, presentando los artículos más relevantes en el tema para definir la justificación de la investigación.

TABLA 1. MARCO NORMATIVO PARA EL PROYECTO.

Norma	Tipo	Aplicabilidad
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Art 3. Manejo de los recursos naturales.
		Art 8. Consideran los factores que deterioran el ambiente, contaminación del aire, agua, suelo y los demás recursos naturales.
		Art 11. Utilización directa o indirecta de ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, industriales, entre otras.
		Art 132. Sin permiso no se pueden alterar los cauces, el régimen o la calidad del agua.
		Art 133. Obligaciones de los usuarios del agua.
		Artículo 121. Las obras de captación de aguas públicas o privadas deberán estar provistas de aparatos y demás elementos

		que permitan conocer y medir la cantidad de agua derivada y consumida, en cualquier momento.
Decreto 1541 de 1978	Concesión de aguas. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973	Art 124. Protección de las fuentes de agua o medidas para las zonas se realizan actividades que generen vertimiento de aguas negras.
		Art 176. Prevención de la contaminación o deterioro de aguas subterráneas a causas de actividades antropogénicas.
		Art 177. Se realizarán estudios para identificar las fuentes contaminadas y se tomarán acciones de restricción, condicionamiento o prohibición de actividades
		Art 206. Quienes realicen actividades que requieran el uso del agua e impliquen la posibilidad de verter en aguas susceptibles de contaminarse debe presentar la Declaración de Efecto Ambiental o el Estudio Ecológico y Ambiental.
		Art 211. Se prohíbe verter, sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos que pueda contaminar o eutroficar las aguas.
Ley 9 de 1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias. (Código Sanitario)	Art 3. Control sanitario de los usos del agua como el uso industrial.
		Art 58. Para evitar la contaminación del agua subterránea por aguas de mar salobres, aguas residuales o contaminadas, se deben tomar medidas higiénicas y de vigilancia necesarias para el correcto aprovechamiento.
		Art 352. En el sacrificio de aves las labores de escalado se harán con agua potable que, durante su utilización, se mantendrá caliente y en condiciones higiénicas para evitar la contaminación.

		Art 358. En los procesos de escaldado y enfriado de aves se utilizarán desagües que evitan salida de agua a los pisos.
Ley 99 de 1993	Se crea el Ministerio del Ministerio de Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.	Art 31. Funciones de las corporaciones autónomas regionales.
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua	Art 6. De los medidores de consumo. Todas las entidades que presten el servicio de acueducto y riego deben tener medidores de consumo.
		Art 15. Tecnología de bajo consumo. Los sectores que utilizan el recurso hídrico deben implementar sistemas o equipos de bajo consumo de agua
CONPES 3177 de 2002	Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales.	Acciones y lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las fuentes hídricas, así como la capacidad de pago de la población y la sostenibilidad financiera para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.
Decreto 1500 de 2007	Establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne y los requisitos sanitarios de inocuidad que se deben cumplir en su producción.	Art 26. Sistema de aseguramiento de la inocuidad. Se determinan las condiciones de obtención de los productos cárnicos, se establecen prerrequisitos de instalaciones sanitarias, manejo de residuos líquidos y sólidos.

		<p>Art 28. Fijación de la norma de vertimiento. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijará los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo.</p>
<p>Resolución 0631 de 2015</p>	<p>Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.</p>	<p>La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.</p>
	<p>Capítulo II.</p>	<p>Disposiciones aplicables a los vertimientos puntuales de aguas residuales.</p>
	<p>Capítulo III.</p>	<p>Valores límites máximos permisibles microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.</p>
	<p>Capítulo VI</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.</p>
	<p>Capítulo VIII</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (arnd) al alcantarillado público</p>

Resolución 0330 de 2017. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.	Se establecen los requisitos técnicos a cumplir para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura que se relacione con los servicios de alcantarillado, aseo y servicios públicos. Sección 3: Tecnologías y procesos unitarios de tratamiento. Sección 4: Gestión de subproductos de la potabilización.
--	--	---

(Autoras, 2019)

10.6 Marco geográfico

El sector pecuario es importante para el desarrollo municipal en Guayabal de Siquima puesto que realiza grandes aportes para el desarrollo económico, estimándose 60 mil millones para el año 2013 como aporte al Producto Interno Bruto (PIB).

10.6.1 Descripción del territorio.

El municipio de Guayabal de Siquima se encuentra ubicado en el Departamento de Cundinamarca en el costado noroccidental de Bogotá está a 69 km hacia el oeste. Se encuentra la cabecera municipal a los 4°52'53'' de latitud Norte, a 74°28'10'' de longitud al Oeste de Greenwich, posee una altitud de 1.630 m.s.n.m. Se localiza en Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental, en la región del Valle del Magdalena, la cual pertenece a la provincia del Magdalena Centro (Delgado y Gómez, 2016).

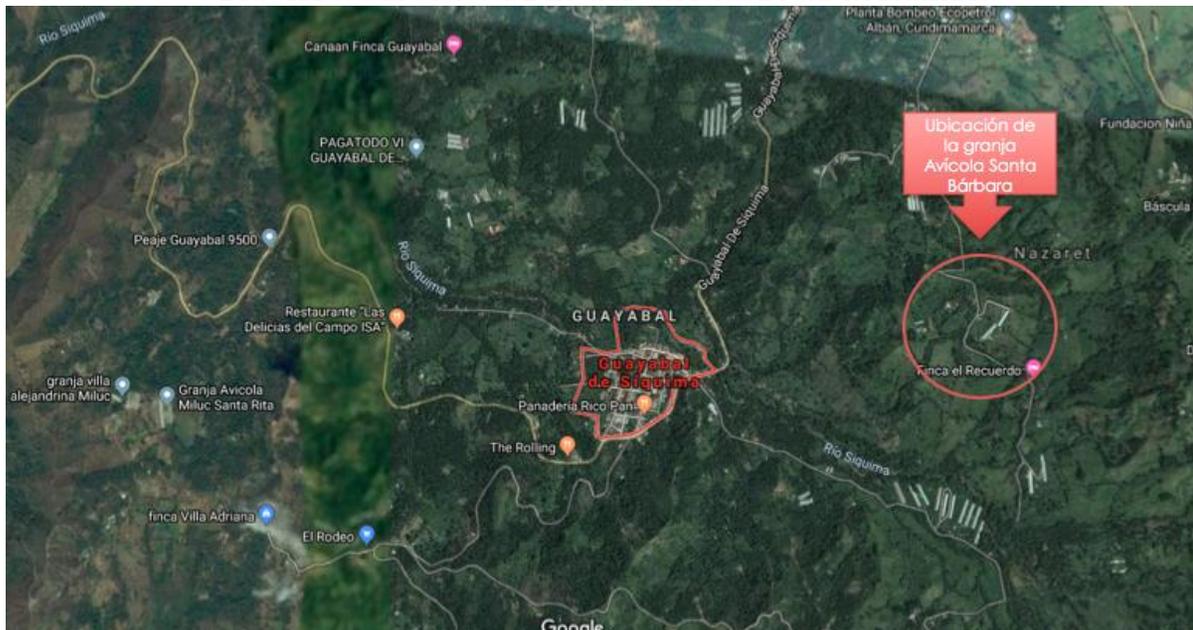
FIGURA 2. UBICACIÓN DE AVÍCOLA SANTA BÁRBARA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.



(SIGOT, 2019)

El municipio limita al Nororiente con los municipios de Villeta y Albán, al occidente con Bituima, al sur con Anolaima y al oriente con Albán (Alcaldía municipal de Guayabal de Siquima, s.f.). El lugar de estudio se encuentra en este municipio Guayabal de Siquima, en el cual, se va a realizar en la Granja Santa Bárbara, ubicado en el predio “El Recuerdo”, ubicado en la vereda Robledo, la cual cuenta con un área de 3 fanegadas.

FIGURA 3. UBICACIÓN DE LA GRANJA AVÍCOLA SANTA BÁRBARA



(Google Maps, 2019)

FIGURA 4. SALIDA DE LA PLANTA



(Google Maps, 2019)

FIGURA 5. ÁREA DE ESTUDIO



(Google Maps, 2019)

10.6.2 Descripción ambiental.

10.6.2.1 Relieve y topografía.

Territorio de topografía quebrada, montañosa, la cual hace parte del macizo andino de la cordillera oriental con pendientes que oscilan entre 30% 60% y algo más (Chavarro, 2008).

10.6.2.2 Geología y Suelos.

Fallamientos de tipo predominantemente inverso con pliegues anticlinales y sinclinales, corresponde a la era mesozoica periodo cretáceo de la época tardío superior la cuales están conformadas de sucesiones de areniscas, lutita y calizas. Sus suelos son de montaña, de cenizas volcánicas depositadas de textura gruesa hasta fina, tiene relieve ondulado hasta quebrada bien drenados con fertilidad media a baja. Son suelos rocosos con presencia de aluminio y pobres en fósforo (Chavarro, 2008).

10.6.2.3 Hidrografía.

En la microcuenca del Río Contador se encuentra el municipio Guayabal de Siquima, el cual contribuye con la mayor densidad de tributarios a esta microcuenca, aunque su cauce no recorre el municipio. Esta microcuenca hace parte de la subcuenca del Río Villeta, la cual hace parte de la cuenca del Río Tobia con un área de 954 km², contribuye a la hoya del río Negro que posee un área de 4.261 km², estas a su vez hacen parte de la vertiente del Atlántico y la microcuenca del Río Magdalena. En el municipio de Guayabal de Siquima los cuerpos hídricos que son tributarios al Río Contador son: la quebrada Caralote, el Piñal, Chinata y el Río Siquima (Delgado y Gómez, 2016).

TABLA 2. QUEBRADAS PRINCIPALES.

PRINCIPAL RIO SÍQUIMA	AFLUENTES	EXTENSIÓN (KM) 5,58KM
	Quebrada El Piñal	5,50
	Quebrada debogotacion	0,80
	Quebrada Chiqui	1,20
	Quebrada la Georgina	0,90
	Quebrada El Molino	2,10
	Quebrada las Ánimas	1,20
	Quebrada Calabita	1,10
	Quebrada de la Salud	1,70
	Quebrada careperro	1,90
	Quebrada el balú	0,60
	Quebrada la ovejera	0,70
	Quebrada Garbanzal	3,30
	Quebrada de Betania	2,20

(Consejo municipal Guayabal de Siquima, 2012)

10.6.2.4 Vegetación del municipio de Guayabal de Siquima.

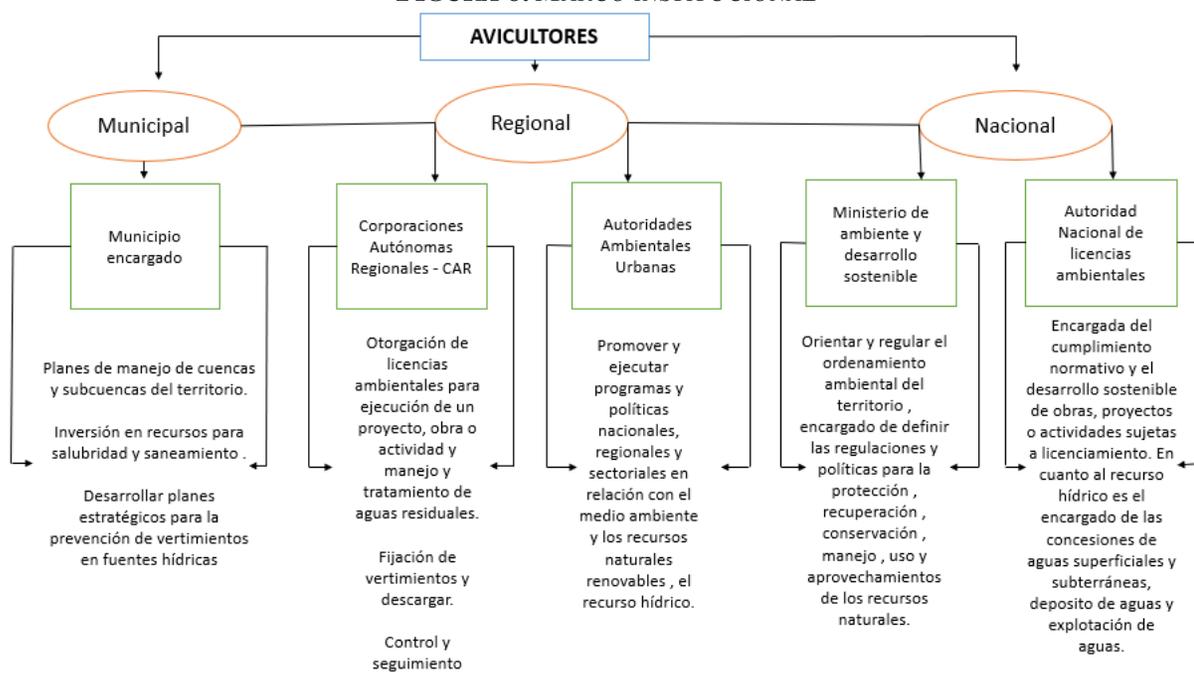
Posee áreas forestales productoras, es decir hay presencia de bosque naturales y/o artificiales con el fin de obtener productos forestales para comercializar y consumir. También hay áreas forestales protectoras- productoras que son aquellas áreas que deben ser conservadas con bosques naturales y a su vez puede utilizar para la producción como los cafetales, en esta se utiliza especies como sombrío. En el municipio el componente rural son zonas de ronda hidráulica, recarga de acuíferos, zonas de bosque nativo y gran variedad de zonas de rastrojos, es decir pastos y malezas (Sistema de documentación e información municipal, s.f.).

10.6.2.5 Clima

Se denomina por distintos pisos térmicos, con una temperatura que oscila entre los 6 °C y 25 °C según la altura sobre el nivel del mar. Presenta una temperatura media de 16° C (Chavarro, 2008).

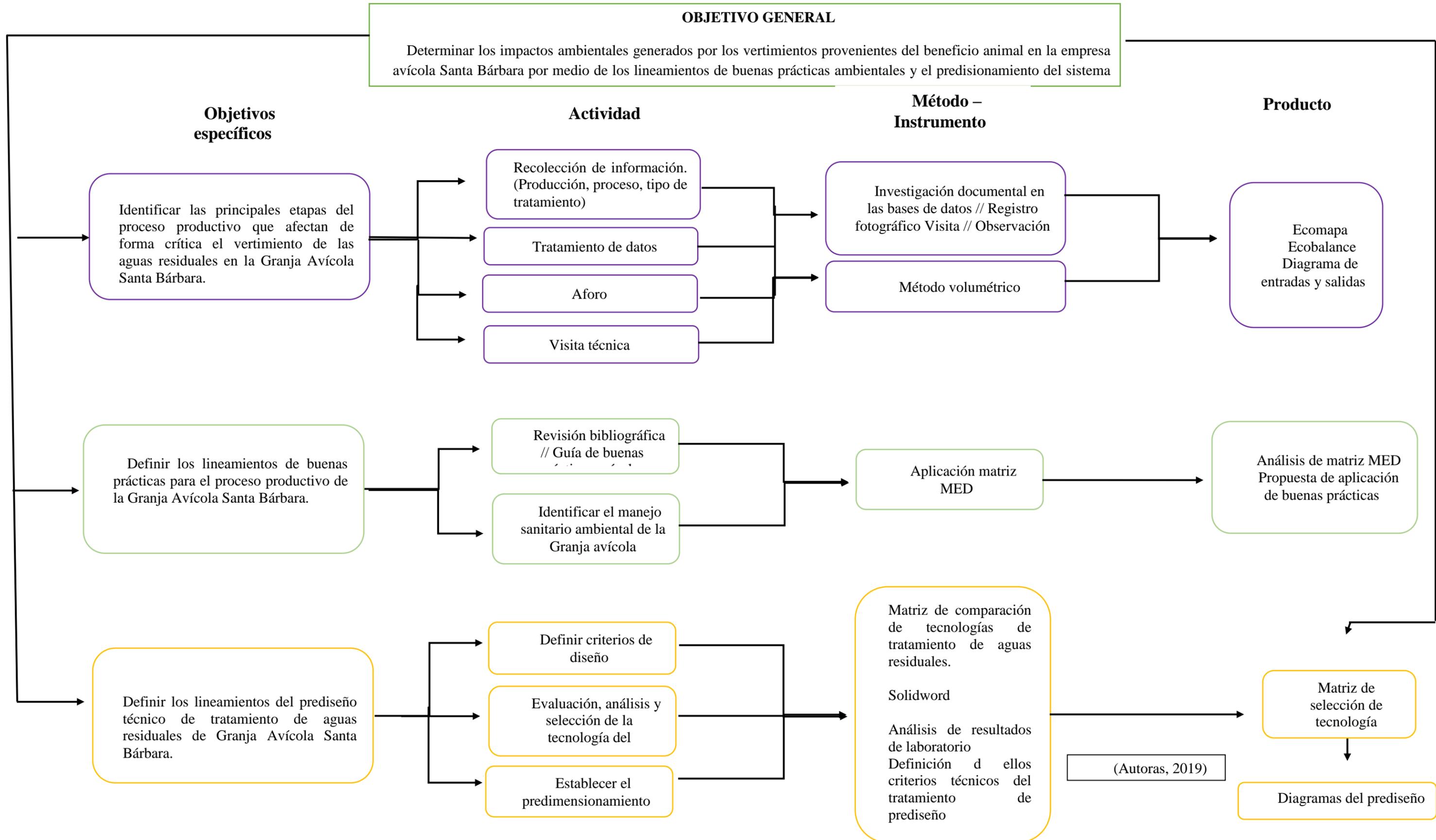
10.7 Marco Institucional

FIGURA 6. MARCO INSTITUCIONAL



11. Metodología

Para definir la metodología de este trabajo fue necesario identificar el alcance de estudio a realizar, el cual, según Hernández, Fernández y Baptista (2010), es explicativo ya que trasciende de la descripción de conceptos o fenómenos. Este estudio responde a las causas de los eventos, sucesos, fenómenos físicos o sociales, a través de un prediseño para el tratamiento de las aguas residuales con el fin de disminuir la carga contaminante. La investigación vincula lo cualitativo y cuantitativo, es decir; es un modelo mixto que representa un modelo sistemático para recolectar y analizar la información, estos datos son numéricos, verbales, textuales y visuales que permiten entender el problema (Hernandez y Mendoza, 2018). La información obtenida proviene de visitas técnicas a la empresa, trabajo de campo, análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales, revisión bibliográfica de tratamientos previos aplicados en otros contextos, cálculo de la producción de residuos entre otros. En el estudio se aborda el tratamiento de las aguas residuales de la granja Avícola Santa Bárbara, mediante una postura de pensamiento de tipo inductivo, para llegar a una generalización que permita elaborar una propuesta de mejora aplicable (Eyssautier, 2007).



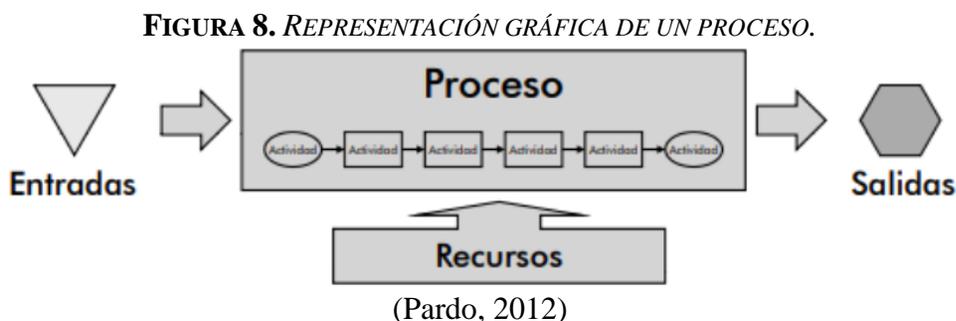
11.1 Metodología por objetivos

Para orientar la metodología de forma clara, se realizó un procedimiento para cada uno de los objetivos específicos, como se muestra en la **Figura 7**, donde se refieren las actividades, métodos o instrumentos a utilizar y lo que se espera obtener (producto). Para ello, se estableció un código de colores así: el color morado representa el primer objetivo específico, el color verde representa el segundo y el color amarillo el último objetivo específico.

11.1.1 c

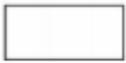
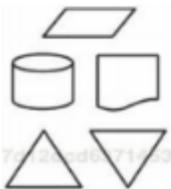
Se realizó una recolección de información mediante una revisión bibliográfica de fuentes secundarias (artículos, trabajos de grado, documentos, libros de interés) que abordan temáticas como las características y el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la actividad avícola, los parámetros fisicoquímicos, la calidad del agua, así como conceptos básicos para el entendimiento del problema, antecedentes de la actividad productiva y teorías que abordan el caso estudio. Para ello fueron consultadas las bases de datos de la Universidad el Bosque como ResearchGate, Sciencedirect, Proquest y Google Académico así como libros disponibles en la biblioteca Juan Roa Vásquez. La variable de tiempo para la recolección de datos fue desde el año 2000 hasta el presente. La información primaria se obtuvo a través de visitas técnicas a la empresa Avícola Santa Bárbara.

En cuanto al método se realizó un diagrama de flujo de procesos, el cual consistió en una representación gráfica que permitió entender el funcionamiento del proceso productivo en virtud a que poseen un conjunto de recursos y actividades que están relacionadas entre sí, las cuales son sistemáticas, donde unas entradas se convierten en salidas (Pardo, 2012).



Como se ve en la **figura 8**, los procesos se representan gráficamente como diagrama de flujo los cuales, permiten mejorar la gestión del proceso, ya que define con exactitud cada una de sus etapas. Para la representación gráfica se utilizan símbolos que expresan una función, como se muestra a continuación (Pardo, 2012).

FIGURA 9. SÍMBOLOS PARA UN DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Elipse u óvalo	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo. Representa la primera y la última actividad.
	Rectángulo o caja	Es usado para definir cada actividad o tarea, estas pueden ser enumeradas.
	Rombo	Aparece cuando se debe tomar una decisión, siempre incluye una pregunta.
	Flecha	Se usa para unir los símbolos entre sí, donde se indica la dirección de los procesos.
	Símbolos de entradas y salida	Se usan para representar entradas o salidas, donde se describen los elementos de entrada del proceso y sus respectivas salidas.

(Pardo, 2012) Modificado por (Autoras, 2019)

Para mayor entendimiento del proceso y de las fases propias dentro de él, se realizó un ecomapa con el fin de conocer e identificar el proceso generador de contaminación. Esta es una herramienta que permite hacer un inventario de los problemas de diferentes variables por medio del uso de figuras. Para la construcción de un ecomapa se utilizan símbolos definidos para diferenciarse de las otras situaciones de la planta, donde se tiene en cuenta las entradas y salidas (Fagua y Méndez, 2013). En este caso se elaboró un ecomapa con tema específico para el uso del agua en la Granja Avícola Santa Bárbara a partir de los direccionamientos emitidos por los autores anteriormente mencionados quienes diseñaron una guía para este propósito, la cual indica la información a tener en cuenta para efectos de identificar los puntos de alto nivel de consumo, el tipo de vertimientos y los residuos entre otros. En la **Tabla 3** propuesta en la guía, menciona los aspectos que se deben tener presentes, en cuanto a la observación del proceso, la información, lo que se debe evaluar y los indicadores.

TABLA 3. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN ECOMAPA.

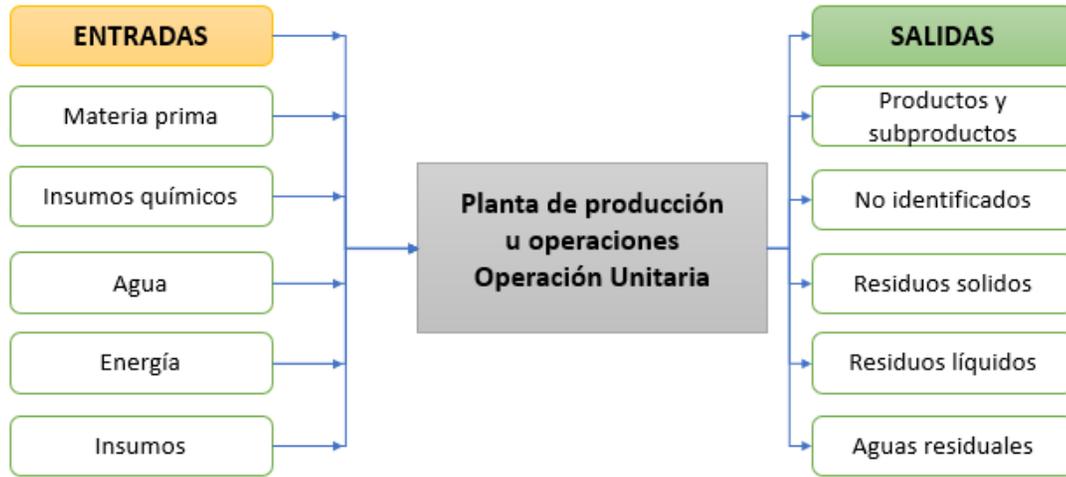
Eco mapa del agua	¿Qué observar?	¿Qué información reunir?	¿Qué evaluar y estimar?	Indicadores e información
	<p>Las áreas donde los líquidos se vierten.</p> <p>Las tuberías y sistema de drenaje · Equipo de tratamiento.</p> <p>Las principales áreas de consumo (máquinas lavadoras)</p> <p>Bombeo de aguas subterráneas</p> <p>El uso de agua de lluvia</p>	<p>Facturas anuales de agua</p> <p>Permisos para la descarga de aguas residuales</p> <p>Permiso para el bombeo de las aguas subterráneas</p> <p>Plan de aguas residuales sistema Si se utiliza equipos de tratamiento:</p> <p>información técnica del proveedor.</p>	<p>Pérdidas</p> <p>Las actividades que requieren agua</p> <p>Las tarifas del agua</p> <p>Malas prácticas Los contaminante s y el impacto de los contaminante s</p> <p>La caracterización de los vertimientos</p> <p>Operación adecuada del equipo de tratamiento de agua.</p>	<p>Las principales fuentes de consumo, % (doméstico, proceso, refrigeración)</p> <p>Resultados de las mediciones de los vertimientos</p> <p>El costo del consumo de agua.</p> <p>Impuestos de los vertimientos</p>

(Fagua y Méndez, 2013)

11.1.2 Ecobalance

Para identificar las pérdidas significativas del proceso de producción de la granja Avícola Santa Bárbara se realizó un ecobalance, para identificar las áreas que requieren mayor intervención en el proceso productivo, cuantificando las entradas y las salidas.

FIGURA 10. *DIAGRAMA DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN*



(Autoras, 2019)

Inicia con el análisis de la empresa como una caja negra a la cual se desea intervenir, determinando que entre en ella y que sale, evaluando las disposiciones finales de productos y subproductos. Se debe continuar con la identificación los aspectos ambientales de los materiales y energías utilizadas en el proceso productivo del beneficio animal, luego se asignan las entradas y salidas (insumos, desechos, productos) a las distintas unidades del proceso. Finalmente se identifican los impactos ambientales de las actividades que no están directamente relacionadas con el proceso. A través del ecobalance se entiende la importancia del proceso como parte del impacto global de la cadena de producción.

Al tener el control de las entradas netas de insumos al proceso y a cada operación unitaria, se especifica el consumo de agua en cada uno de los procesos, efectuando intervalos en un tiempo determinado con el fin de contar con valores confiables. Se debe especificar el consumo de agua por cada uno de los procesos tanto como el proceso global (Rios, Escobar y Herrera, 2010).

FIGURA 11. *DIAGRAMA DEL CONSUMO VOLUMÉTRICO*

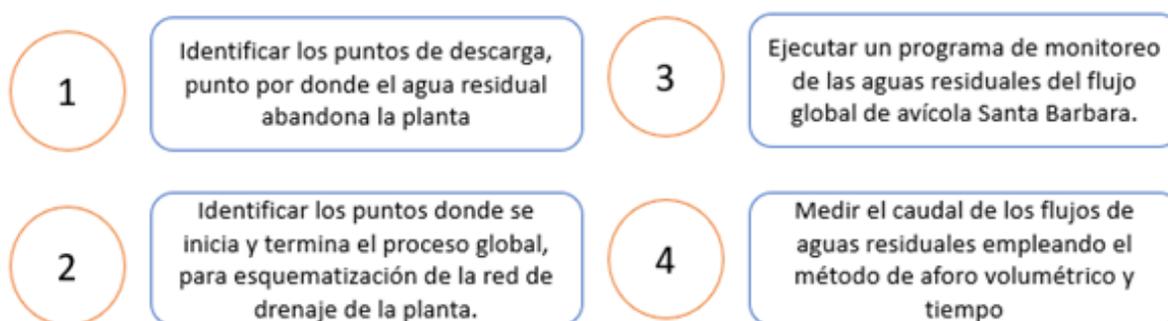


(Ríos, Escobar y Herrera, 2010) Modificado por (Autores, 2019)

11.1.3 Cuantificación de aguas residuales

Las aguas residuales se presentan de forma directa o indirecta, implicando un costo de tratamiento; para cada uno de los flujos de la operación se deben cuantificar, muestrear y analizar (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS), 2003).

FIGURA 12. *PROCESO DE CUANTIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MÉTODO AFORO*



(Autoras, 2019).

Para determinar el caudal de la granja Avícola Santa Bárbara, se realizó aforo volumétrico y la empresa que analizó las características del agua también lo hizo. Para el primer aforo, la medición del caudal se hizo de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente aforado. De este procedimiento se tomaron 4 mediciones por cada etapa del proceso para garantizar datos homogéneos y confiables finalizando en un promedio aritmético (Ríos, Escobar y Herrera, 2010).

El caudal instantáneo se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_i = V/t$$

y el caudal promedio con la siguiente expresión:

$$Q_p = Q_i/n$$

Dónde: Q_p : Caudal Promedio en L/s / Q_i : Caudal Instantáneo en L/s / V : Volumen / t : Tiempo / n : Número de mediciones realizadas

A fin de cuantificar el consumo de agua en cada proceso se determinó por medio del coeficiente de retorno, el cual es la relación entre el volumen de agua residual y el volumen de agua abastecida (OPS, 2005). Este coeficiente se establece a partir del consumo del agua para zonas industriales que se emplea en los procesos representada entre el 85% y 95%.

11.1.4 Cuantificación de residuos sólidos o semisólidos

El proceso productivo del sacrificio de pollos en Avícola Santa Bárbara genera residuos sólidos y semisólidos, peligroso o no peligroso que no se gestionan, debiéndose caracterizar, cuantificar y conocer su composición, así como la forma de almacenamiento y disposición final. (Ríos, Escobar y Herrera, 2010).

11.2 Objetivo 2: Definir los lineamientos de buenas prácticas para el proceso productivo de la Granja Avícola Santa Barbara.

Para la metodología del segundo objetivo, con el fin de evaluar los impactos ambientales se utilizó la matriz MED (Materiales, Energía, Desechos) y para conocer las falencias de buenas prácticas se utilizó como referencia la guía de buenas prácticas avícolas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, así como el Código de Buenas Prácticas Avícolas (BPAV) de la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI).

Matriz MED: Implementa e integra impactos ambientales, sus iniciales corresponde a Materiales, Energía y Desechos, los cuales corresponden de un área determinada o servicio. Conlleva la relación entre procedimientos, actividades y utilización de materiales, relacionándose con los desechos e insumos y detallando las etapas del proceso. Se representa por el análisis del flujo de recursos, energías y materias primas y producción de desechos en un área del proceso específico, en el cual se encuentran las actividades que están generando residuos, pérdidas de energías o prácticas inadecuadas de operación que generan fugas y pérdidas en la eficiencia del proceso productivo (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010). Esta matriz permite analizar el proceso productivo y establece un perfil ambiental del producto, con ello; se identifican las principales afectaciones ambientales o problemáticas en granja Avícola Santa Bárbara.

El tipo de información que ofrece esta matriz es cualitativa, con la cual se puede determinar el impacto ambiental del producto buscando así la reducción del impacto generado (Romero, 2008).

TABLA 4. REPRESENTACIÓN DE LA MATRIZ MED

Etapas	Materias	Energía	Desechos
Procesos o actividades en secuencia en un proceso determinado o área específica	Materia prima, insumos que entran en el proceso productivo	Energía necesaria para la transformación de la materia prima en el proceso productivo	Residuos provenientes de la producción como emisiones o vertimientos

(Autoras, 2019).

11.2.1 Lineamientos de Buenas Prácticas.

La evaluación de los lineamientos de Buenas Prácticas se realizó por medio de una revisión documental de las Guías de Buenas Prácticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Código de Buenas Prácticas Avícolas (BPAV) de la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). Principalmente lo que se buscó hacer fue definir los lineamientos que se deben presentar en el sector avícola propuestos en estas diferentes guías, con el fin de establecer una propuesta de mejora para la granja Avícola Santa Bárbara. La forma en que se presentaron los resultados fue en la tabla 5, la cual especifica el lineamiento, el estado de cumplimiento por parte de la empresa y la cuantificación del estado que se da por parte de las autoras.

TABLA 5. LINEAMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS

Lineamiento	Cumplimiento	Observaciones	Ponderación
Se especifica el objetivo que debe cumplir la granja Avícola Santa Bárbara.	Se determina de acuerdo al cumplimiento de la empresa con respecto al lineamiento (Alto, Intermedio, Bajo ó Nulo)	Se describe el estado que tiene la granja Avícola con respecto al lineamiento	Es la cuantificación del lineamiento con respecto a su nivel de cumplimiento, el cual tiene un valor de 0 a 5

(Autoras, 2019)

En cuanto a la ponderación de cada lineamiento con el fin de cuantificar y evaluar el estado de la granja se pondera con los siguientes valores que corresponden según su cumplimiento (Tabla 6).

TABLA 6. VALOR DE PONDERACIÓN

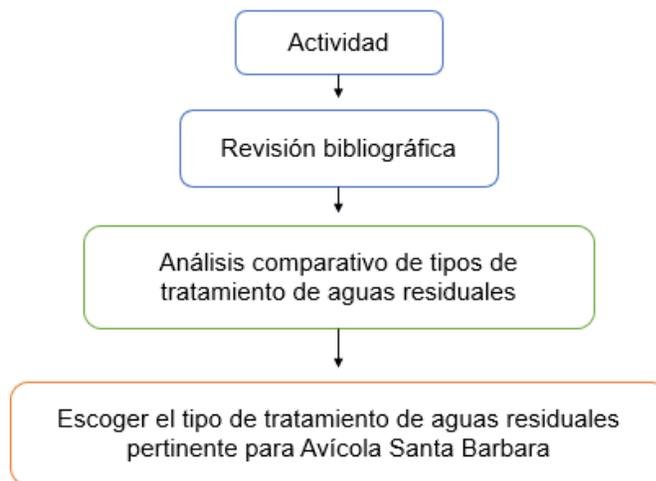
Cumplimiento	Ponderación
Nulo	0
Bajo	1,0 - 2,9
Intermedio	3,0 - 3,9
Alto	4,0 - 5,0

(Autoras, 2019)

11.3 Objetivo 3: Definir los lineamientos del prediseño técnico de tratamiento de aguas residuales de Granja Avícola Santa Bárbara.

Se realizó una revisión bibliográfica con los tipos de tratamiento de aguas residuales (primarios, secundarios y terciarios) de los cuales se seleccionaron los más pertinentes para el tratamiento de aguas residuales en Avícola Santa Bárbara.

FIGURA 13. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA PARA OBJETIVO 3



(Autoras, 2019)

Para la evaluación, análisis y selección de la tecnología del tratamiento a utilizar, se determinó por medio de una matriz comparativa de tratamiento de aguas residuales, la cual permitió organizar y sistematizar la información a través de columnas horizontales y

verticales, teniendo en cuenta temas y subtemas, ubicando los primeros en columnas y las segundas en filas (Pimienta, s.f.). En este caso los temas a tratar son los tipos de tratamiento y los aspectos son el tipo de tecnología, proceso de tratamiento (físico, químico o biológico), ventajas, desventajas, criterios de diseño, entre otros.

FIGURA 14 .MATRIZ DE DOBLE ENTRADA PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO

Matriz comparativa de tratamiento de aguas residuales								
Tipo de tratamiento	Tipo de tecnología	Proceso del tratamiento	Criterios de diseño	Social	Economico	Ambiental	Eficiencia	Ponderacion
Primario								
Secundario								
Terciario								

(Autoras, 2019)

En la matriz de comparación de tratamiento de aguas residuales se realizó una ponderación en el cual se asigna un valor de 1, 6 y 10, donde: 1 se tipifica como Inadecuado, 6: Adecuado y 10: Indicado, con el fin de justificar la elección del método de tratamiento que se ajuste a la empresa.

Con el fin de tener un diagnóstico del efluente, la empresa Laboratorio Quimicontrol Ltda, realizó aforo y análisis físico-químico del agua residual a partir de los siguientes parámetros:

- pH
- Demanda Química de oxígeno (DQO)
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos Sedimentables
- Grasas y aceites
- Fósforo total (P)
- Nitrógeno total (N)
- Acidez Total
- Caudal (Q)

Para conocer la carga contaminante generada por la granja Avícola Santa Bárbara en el proceso de beneficio animal, se estimó por medio de la siguiente ecuación:

Carga contaminante (Kg/d)

$$= (\text{Concentración (Kg/L)}) \times (\text{Caudal(L/d)}) \times \frac{t}{24 h}$$

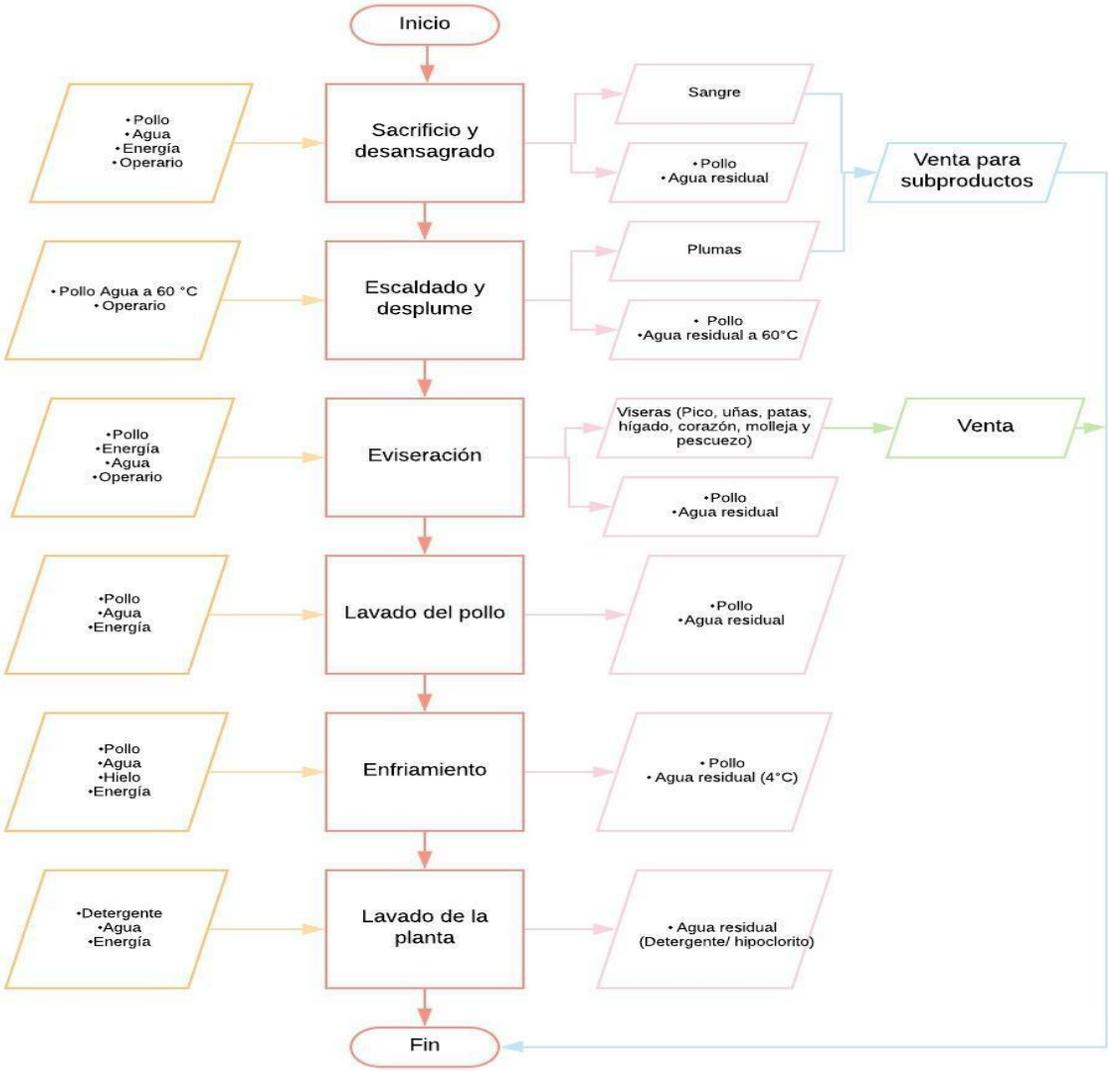
A partir del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS (2017) se establecen los criterios de diseño, ideales para el tipo de tratamiento mejor desarrollado en la matriz comparativa. Finalmente, el resultado del prediseño se presenta por medio de un programa de edición gráfica conocido como solidworks, el cual es utilizado por ingenieros y diseñadores con el fin de resolver problemas con habilidad y eficacia, a través de este se puede visualizar el resultado del diseño (Solidworks, s.f.).

14. Resultados

Para el objetivo 1, el cual, es “Identificar las principales etapas del proceso que afectan de forma crítica el vertimiento de las aguas residuales en la Granja Avícola Santa Bárbara”, se realizó un diagrama de flujo para conocer cuáles son las entradas y salidas del proceso del beneficio, con el fin de realizar un ecomapa para poder demostrar las principales etapas del proceso que afectan de forma negativa al proceso productivo.

14.1 Resultado de Objetivo específico 1

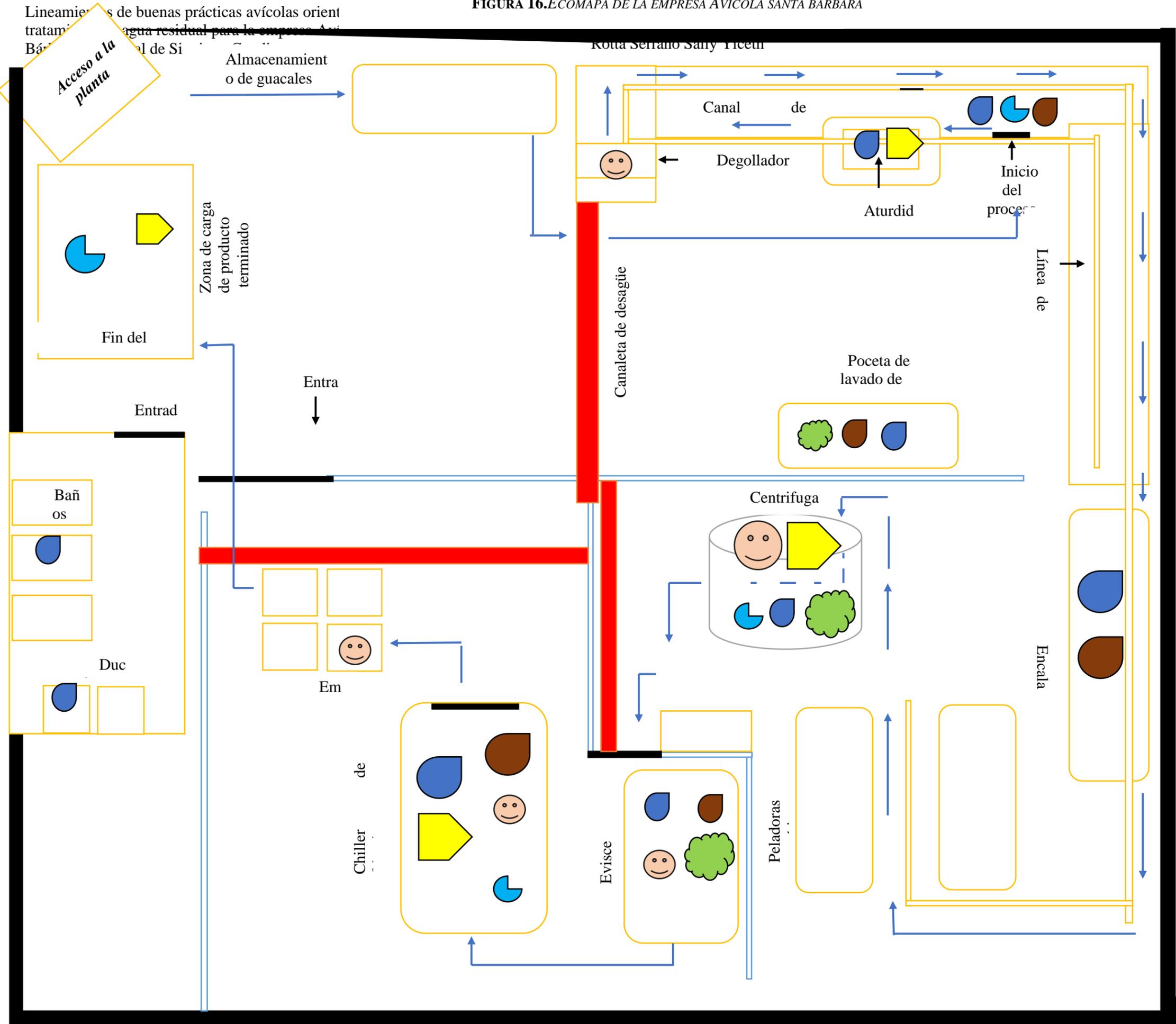
FIGURA 15. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO



(Autoras, 2019)

Para puntualizar los puntos críticos ambientales se usó la técnica de diagramación de ecomapa, construyéndose un plano de vista superior que dispone de una simbología para la identificación de Puntos Críticos Ambientales (PCAs) (Arrieta J, 2015).

FIGURA 16. ECOMAPA DE LA EMPRESA AVÍCOLA SANTA BÁRBARA



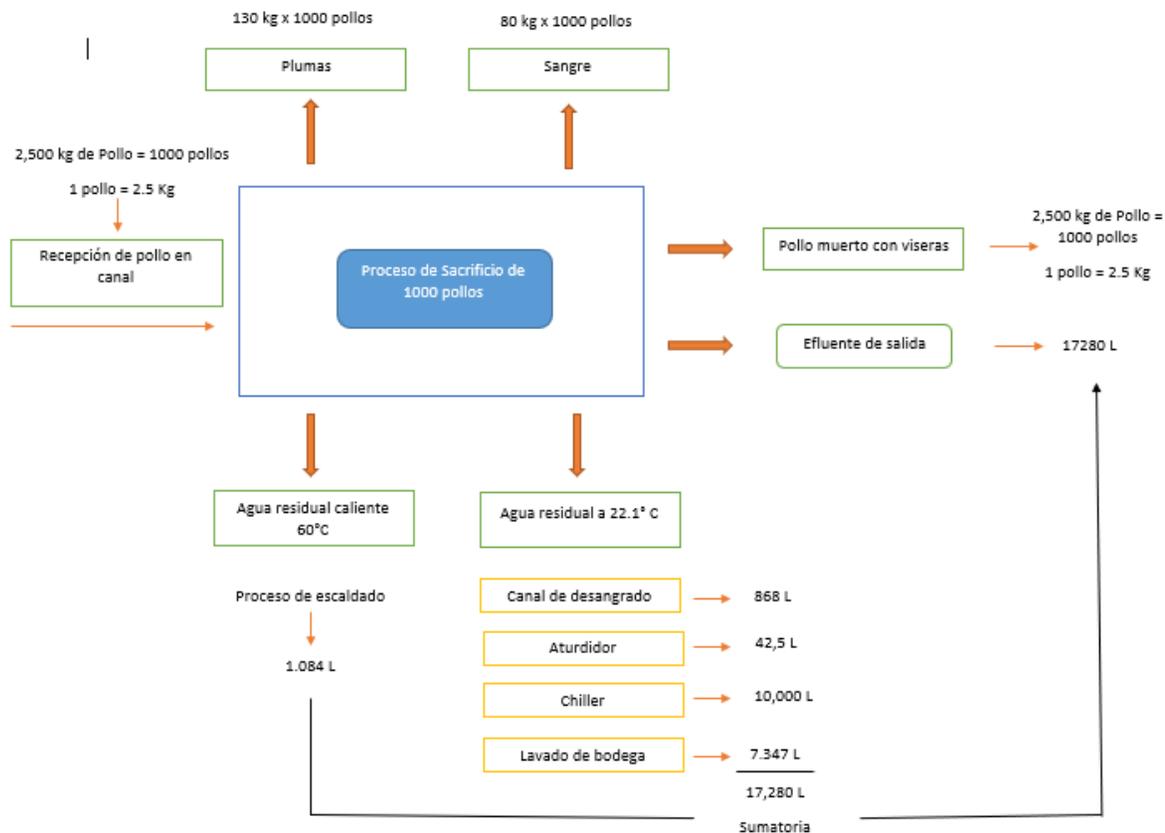
CONVENCIONES

	De 4 a	Operario
	De 1 a	
	61-90	Consumo de agua
	31-60	
	kW	Consumo de energía
	kW	
	61-90	Agua residual
	31-60	
	Kg	Residuos solidos
	Kg	

(Autoras, 2019)

Se tuvo en cuenta el diagrama de flujo del proceso y el ecomapa para la construcción del eco balance, ya que este busca identificar cuáles son las entradas y salidas del proceso y en donde se encuentran los puntos críticos como se evidencia en la **figura 16**.

FIGURA 17. ECOBALANCE DE AVÍCOLA SANTA BÁRBARA



(Autoras, 2019)

14.1.1 Aforo Volumétrico

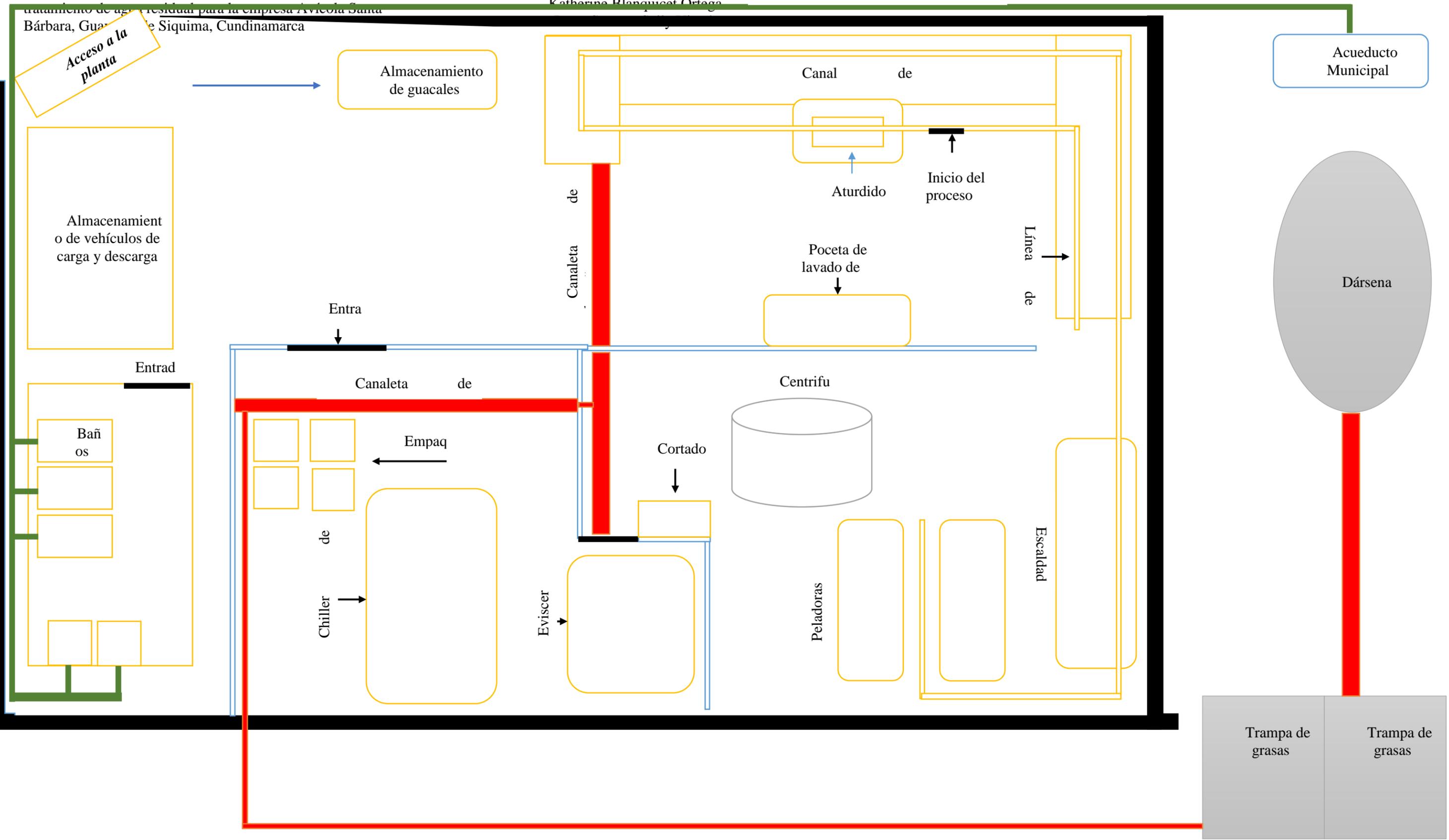
Para conocer el caudal de la empresa se realizó un aforo volumétrico, procediendo hacerlo por cuadruplicado, se realizó una visita técnica a la empresa, se tomaron cuatro muestras de caudal de cada etapa del proceso, como se puede evidenciar en la **Tabla 7**

FIGURA 18. MEDICIÓN DEL CAUDAL POR CADA ETAPA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Etapa	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal	Caudal promedio por etapa
			L/s	L/s
Proceso inicial	20	100	0,20	0,21
	20	99,6	0,20	
	20	97,6	0,20	
	20	93,1	0,21	
Escaldado	20	96,5	0,21	0,21
	20	94,5	0,21	
	20	93,5	0,21	
	20	89,9	0,22	
Evisceracion	20	80,8	0,25	0,28
	20	78,8	0,25	
	20	68	0,29	
	20	63,6	0,31	
Lavado del pollo	20	55,7	0,36	0,48
	20	40,6	0,49	
	20	40,2	0,50	
	20	34,5	0,58	
Enfriamiento	20	20,4	0,98	0,99
	20	19,8	1,01	
	20	18,8	1,06	
	20	22,5	0,89	
Lavado de bodega	20	28,6	0,70	0,62
	20	29,6	0,68	
	20	27	0,75	
	20	55,6	0,36	
Caudal por L/ s				2,79
Litros por proceso de sacrificio				20054,86
Duracion del proceso de sacrificio 2 horas / 7200 segundos				

(Autoras, 2019)

Se realizó un diagrama de la tubería de la empresa con el fin de identificar la disposición final de cada uno de los efluentes, en este caso domésticos e industriales de la planta de beneficio animal.



CONVENCI

- Tubería de desagüe de aguas residuales provenientes de baños, deposito Acueducto
- Tubería de desagüe de aguas residuales provenientes del sacrificio animal, deposito

14.2 Resultados Objetivo 2

Para los resultados del objetivo 2 el cual es “Definir los lineamientos de buenas prácticas para el proceso productivo de la Granja Avícola Santa Bárbara”, como primera medida se realizó una matriz MED en la cual se identificó los procesos, materiales, energía y desechos del proceso productivo de granja avícola Santa Barbara.

TABLA 7. MATRIZ MED

Proceso	Materiales	Energía	Desechos
Recepción de aves	Agua Pollos Guacales	No aplica	Guacales sucios Heces fecales de pollo
Sacrificio y desangrado	Agua Maquina aturdidora Cuchillos de corte Líneas mecánicas con ganchos	Eléctrica	Agua residual Sangre
Escaldado y desplume	Agua caliente 60°C Caldera Centrífuga	Eléctrica	Plumas Agua residual Caliente promedio de 40 - 60 °C
Evisceración	Cuchillos de corte Maquina despresadora	Eléctrica	Picos
Lavado de pollo	Agua Mesón en acero inoxidable	No aplica	Agua residual
Enfriamiento	Chiller Agua Potable Hielo	No aplica	Agua residual
Lavado de Bodega	Hidrolavadora Escobas Hipoclorito de sodio Desengrasante	Eléctrica	Agua residual Hipoclorito de sodio Desengrasantes Residuos sólidos

(Autoras, 2019)

A continuación (Tabla 7) se presentan los lineamientos de Buenas Prácticas que se deben considerar en la granja Avícola Santa Bárbara con su respectiva ponderación.

TABLA 8. LINEAMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS AVÍCOLA

	Lineamiento	Cumplimiento	Observaciones	Ponderación
Gerencia	Registro de responsabilidades de buenas prácticas, el cual debe dirigirse al comité de buenas prácticas, eligiendo sus miembros basándose en educación e información sobre el tema correspondiente.	Nulo	No cumple con un registro de responsabilidades de buenas prácticas vigente en donde se evidencie sus miembros respectivamente.	0
	Se debe contar con un Manual de calidad el cual contenga, título, secciones, subsecciones, historial de revisiones, descripción de procesos operativos, flujograma de operaciones, organigrama con el detalle de los cargos, descripción de las responsabilidades y funciones de cada uno de los miembros del Comité de Buenas Prácticas Avícolas, descripción de los documentos internos	Nulo	No cuenta con un Manual de calidad adecuado para sus procesos productivos.	0
			No cuenta con un comité de cuentas prácticas avícolas, sin registro de revisiones, organigrama y documentos actualizados.	

	y externos y verificar cómo se controla la distribución de los documentos y el listado maestro de documentos actualizado.			
Auditorías	Informes de auditorías internas de la granja con lista de chequeos diligenciados y seguimiento de acciones tomadas de las no conformidades detectadas durante las auditorías.	Bajo	Cuenta con informes realizados mediante auditorías internas, con seguimientos durante las visitas realizadas por las autoridades competentes, se realizan cambios a infraestructura locativa para aprobación de términos de apertura de la granja.	2
Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST)	Se debe contar con una política de salud y seguridad laboral, ubicada en áreas comunes de las instalaciones.	Alto	Cuenta con política de salud y seguridad laboral para sus empleados los cuales cuentan con seguro de eps y arl.	4,5
	Identificar y realizar la evaluación de priorización de los riesgos laborales en cada una de las etapas productivas del proceso.	Alto	Se presenta un manual de evaluación y priorización de riesgos laborales por las etapas del proceso de sacrificio animal	4,5
	Se debe contar con plano de la ubicación de los botiquines, camilla, extintores, suministros de electricidad, gas y fuentes de agua para apagar un posible incendio.	Alto	Cuenta con planos de ubicación de emergencia, con sus respectivos botiquines por áreas de trabajo, 2 botiquines se encuentran en la planta.	4

	Evidencia de suministro de los elementos de protección personal a cada uno de los operarios que lo requieran.	Alto	Cada uno de los empleados cuenta con sus elementos de protección personal (gorro, tapabocas industrial, uniformes, botas de caucho, tapa oídos industrial, delantales de plástico)	5
Educación laboral	Cuenta con el programa de formación y capacitación para todo el personal de la organización.	Bajo	Se realiza una información previa a los empleados por parte del propietario, el cual les explica su rol en la empresa la cual no es una capacitación técnica.	2
	La empresa debe contar con un programa de capacitación para el personal encargado de manipular medicamentos veterinarios, agentes desinfectantes, equipos, herramientas y maquinarias.	Intermedio	La empresa no tiene un programa interno, sin embargo, los empleados poseen certificados de bioseguridad y manipulación de equipos.	3,3
	Se cuenta con instrucción de higiene en la granja que incluyan como mínimo: a. Lavado y desinfección de manos y botas. b. Baño obligatorio al ingresar a la granja. c. Protección de heridas o cortes en la piel. d. No fumar, escupir, comer, masticar chicle, consumir bebidas o alimentos en las áreas de trabajo. e. Corte de uñas.	Alto	Cuenta con 3 baños, 2 duchas para el uso del personal, se mantiene las áreas de producción en buen estado de limpieza y desinfección, en las áreas de producción no se puede fumar ni comer alimentos.	4

	<p>f. Uso de elementos de protección cuando se requiera, como tapabocas, guantes, delantal, que sean desechables o de fácil limpieza.</p> <p>g. Limpieza y desinfección de vehículos a la entrada y salida de la granja</p>			
	<p>Se debe tener un plano actualizado con las diferentes áreas de la empresa, con sus distintos procesos productivos.</p>	Alto	<p>Cuenta con un plano de las áreas de la empresa, en sus diferentes procesos productivos desde el engorde hasta el sacrificio.</p>	4,5
	<p>Se requiere una evidencia visual de la aplicación de normas de higiene en las diferentes áreas de la planta.</p>	Nulo	<p>No hay evidencia visual de la aplicación de normas de higiene en la planta.</p>	0
	<p>Se requiere una persona capacitada en primeros auxilios, el cual debe ser identificado por el personal de la granja.</p>	Nulo	<p>No hay</p>	0
Instalaciones de la planta	<p>Se debe contar con señalización de las diferentes áreas con las normas de seguridad industrial, las cuales deben estar en bodegas, galpones, circulación de personas, zonas sanitarias, áreas de procesamientos de las aves.</p>	Intermedio	<p>Las únicas zonas de señalización están en el proceso productivo de sacrificio animal y son escasas en otras áreas de la granja.</p>	3

	<p>Servicios sanitarios desinfectados y con instalaciones adecuadas para la capacidad del personal que se encuentre en la granja.</p>	Alto	<p>Instalaciones sanitarias en buen estado adecuados para el personal de la granja avícola Santa Barbara.</p>	5
	<p>Se debe contar con instalaciones para el suministro de alimentos de los trabajadores, dotados con piso, techo, mesas y sillas. Debe permanecer limpio, desinfectado, separado de las áreas de producción de la empresa.</p>	Bajo	<p>Cuenta con área para el suministro de los alimentos de los empleados, falta dotación ya que solo cuenta con 1 mesa y 6 sillas.</p>	2,5
	<p>Instalaciones para el adecuado cambio de ropa de los trabajadores y visitantes, dotado con casilleros para el almacenamiento de sus objetos personales.</p>	Alto	<p>Cuenta con área específica para los casilleros de los empleados para el almacenamiento de sus objetos personales, con 3 vestidores para su respectivo cambio de ropas.</p>	5
Especificaciones de forma general	<p>Se debe demostrar que la ubicación de la granja se encuentra en una zona permitida para el uso agropecuario o agroindustrial, definido por el municipio en el plan básico de ordenamiento territorial o Plan de Ordenamiento según corresponda.</p>	Alto	<p>Se encuentra situada en un área semi-rural con poca población cercana. La planta se encuentra a más de 50 metros de distancia del cuerpo hídrico más cercano</p>	5
	<p>Debe contar con reporte de visitas</p>	Alto	<p>Cuenta con todos los reportes realizados</p>	5

	realizadas por las autoridades competentes.			
	Mantiene aves de la misma especie en su galpón, alojando aves de la misma edad.	Alto	Se evidencia un tipo de ave el cual es Ross con una edad promedio de 35 a 45 días.	5
Mantenimiento e infraestructura	Se presenta la evidencia de procesos documentados de mantenimientos preventivo y correctivo de las instalaciones, equipos y herramientas con las que cuenta la empresa, de acuerdo a las normas de seguridad.	Alto	Existe un mantenimiento técnico para las herramientas, instalaciones y equipos de la granja los cuales cumplen con requerimientos de la norma de seguridad	5
	Se presenta evidencia de mantenimientos eléctricos de todas las instalaciones, las cuales deben estar fuera del alcance de las aves de los galpones y las personas.	Alto	Se evidencia un mantenimiento eléctrico de la granja cada tres meses en sus instalaciones y equipos correspondientes.	5
	Se establecen mecanismos para delimitar las áreas perimetrales de la granja, evitando así el ingreso de personal no autorizado, vehículos no autorizados.	Intermedio	Existe una delimitación del área de la granja mediante una cerca, pero no cuenta con un sistema de alta seguridad.	3,5

	<p>Se presenta evidencia de mantenimiento de vías y drenajes evitando así encharcamientos en los alrededores de la granja y en ella misma.</p>	Intermedio	<p>La vía de acceso principal a la granja es una secundaria y terciaria la cual cuenta con tramos pavimentados y no pavimentados sin drenajes con posibilidad a encharcamiento, pero dentro de las instalaciones si cuenta con un sistema de drenaje.</p>	3
	<p>Se cuenta con techos en buenas condiciones, equipos móviles para la ejecución del plan de limpieza y desinfección, pisos con buen drenaje y con baldosa y mallas anti-pajaros.</p>	Alto	<p>Cuenta con techos en buenas condiciones equipos movibles ejerciendo un plan de limpieza y desinfección y pisos con drenaje, pero no se evidencia la malla anti-pajaros.</p>	4,4
	<p>Cuenta con permiso se usó de suelos</p>	Alto	<p>La empresa cuenta con permiso de uso de suelos para la actividad productiva.</p>	5
Control sanitario	<p>Se establece un sistema de limpieza y desinfección documentado, este debe tener alcance sobre personas, maquinarias, herramientas, vehículos, dotaciones, utensilios (incluidas jaulas o guacales, cuchillos de degollé), instructivos de higiene y las acciones tomadas para dar cumplimiento. Y contar con un registro permanente de dichas actividades.</p>	Alto	<p>Cuenta con un horario específico para el sistema de limpieza y desinfección de los galpones de la granja avícola Santa Bárbara, y en la planta de beneficio se realiza una limpieza y desinfección por cada sacrificio realizado.</p>	5

	<p>El agua utilizada en la avicultura y en el sacrificio de los animales debe cumplir con las características fisicoquímicas y microbiológicas que garantizan que es potable.</p>	Alto	<p>El agua proviene del acueducto municipal principal del municipio de Albán.</p>	5
Ambiental	<p>Para el manejo de los residuos sólidos deben ser en lugares aprobados por la autoridad sanitaria ambiental o darles un manejo interno el cual no representa ningún tipo de riesgo y afecte la comunidad o el ambiente. En la remoción de los residuos sólidos se debe hacer diariamente y debe disponer de recipientes e instalaciones apropiadas para la recolección y almacenamiento de los residuos sólidos.</p>	Alto	<p>La empresa busca la subproducción de sus residuos sólidos mediante la venta de estos (los cuales son recogidas diariamente en recipiente con tapa para su almacenamiento y venta).</p>	5
	<p>Para el manejo de los residuos líquidos estos no deben representar un riesgo de contaminación a fuentes hídricas cercanas, también se debe contar con sistemas que optimice el uso del agua.</p>	Bajo	<p>El sistema de tratamiento de aguas residuales actual no cuenta con los requerimientos de remoción eficiente de los contaminantes.</p>	2
Nivel de cumplimiento para la granja Avícola Santa		Intermedio		3,57

Bárbara		
---------	--	--

(Autoras, 2019)

14.3 Resultados Objetivo 3

Para el objetivo 3, el cual es “Definir los lineamientos del prediseño técnico de tratamiento de aguas residuales de Granja Avícola Santa Bárbara”. Se presenta una matriz comparativa de doble entrada que permitió evaluar, analizar y seleccionar el tipo de tecnología para el tratamiento de las aguas residuales de la granja Avícola Santa Bárbara.

TABLA 9. MATRIZ COMPARATIVA DE EVALUACIÓN PRIMARIA

Matriz comparativa de tratamiento de aguas residuales							
Tipo de tratamiento	Tipo de tecnología	Proceso del tratamiento	Social	Economico	Ambiental	Eficiencia	Ponderacion
Primario	Rejillas	Remoción de sólidos gruesos	Altos niveles de ruido y vibraciones en sistemas automatizados.	La implementación del método es económica, pero se necesita mano de obra para la recolección de los sólidos, por lo tanto, el costo de	Reducción de sólidos.	80%	6
	Trampa de Grasas	Separación de grasas y agua.	Generación de olores ofensivos por acumulación de grasas y sólidos suspendidos.	Es un tratamiento económico, con un fácil mantenimiento.	Evita la contaminación de vertimientos de grasas y sólidos suspendidos en cuerpos de agua.	60%	10
	Desarenado	Separación de partículas pequeñas en alta tensión.	No aplica	Es un tratamiento económico, con un fácil mantenimiento.	Evita la sedimentación de arenas al final del efluente.	75%	1
	Torres de enfriamiento					%	10
	Sedimentación	Remoción sólidos en suspensión entre 1mm-1m Proceso físico de separación por gravedad.	Generación de olores ofensivos por fango putrecible.	Sistemas con alto costo económico, comprenden grandes longitudes de terreno.	Producción de fango putrecible que requiere un tratamiento de estabilización para no generar contaminación ambiental.	85%	6
	Flotación	Proceso físico de separación sólido-liquido fundamentado, en la diferencia de densidades.	Generación de olores ofensivos por acumulación de sólidos suspendidos.	Altos costos de construcción y de mantenimiento.	Generación de químicos para formar el floc, lo cual genera una contaminación extra a las aguas residuales	70%	1
	Coagulación/ Floculación	Sedimentación de coloides formando flóculos con masa suficiente para sedimentar.	Generación de olores ofensivos por los compuestos del floculante.	Es un tratamiento económico, con un fácil mantenimiento.	No aplica	75%	1

TABLA 10. MATRIZ COMPARATIVA DE EVALUACIÓN SECUNDARIOS

Matriz comparativa de tratamiento de aguas residuales							
Tipo de tratamiento	Tipo de tecnología	Proceso del tratamiento	Social	Economico	Ambiental	Eficiencia	Ponderacion
Secundario	Tratamiento biológico aerobio	Descomposición de la materia mediante microorganismos aerobios.	Generación de olores ofensivos.	Costos más elevados por traslado acondicionamiento y disposición.	Pueden generarse infiltraciones al suelo.	87%	6
	Proceso de lodos activados	Depuración mediante cultivos de microorganismos.	No genera vectores, ni olores ofensivos para la población aledaña.	Se necesitan equipos de aeración que poseen un alto consumo de energía.	No se establece un control del flujo del agua, oxígeno y la densidad bacteriana.	80%	10
	Laguna de sedimentación	Remoción sedimentación y separación de las fracciones líquidas y sólidas de los lodos.	Generación de olores ofensivos por la fermentación de sustancias concentradas.	Se deben disponer de más de una laguna en serie, lo que eleva su costos de disposición y mantenimiento.	Pueden generarse infiltraciones al suelo y así mismo la generación de algas, subproducto que puede ser alimento para animales de la zona.	95%	6
	Tratamiento anaerobios	Proceso fermentativo, para la conversión de la materia orgánica, con ausencia de oxígeno e interacción de bacterias.	Generación de olores y gases contaminantes.	Resulta económico en aguas residuales con alto contenido de grasas y carbohidratos.	No requiere de energía para su funcionamiento.	70%	1
	Electrocoagulación	Desestabilización mediante corrientes eléctricas de bajo voltaje por la acción de electrodos metálicos.	No aplica	Tiene un costo elevado en volúmenes grandes cantidades de agua.	Generación de compuestos químicos como subproducto.	96%	1
	Biofiltro de lecho escurrido	Deposito en forma de columna empacado con un soporte inerte de material cerámico o plástico donde se desarrolla la biopelícula.	No aplica	Altos costos de inversión, operación y mantenimiento.	Genera grandes volúmenes de agua residual.	77%	1

TABLA 11. MATRIZ COMPARATIVA DE EVALUACIÓN PRIMARIA TERCIARIA

Matriz comparativa de tratamiento de aguas residuales							
Tipo de tratamiento	Tipo de tecnología	Proceso del tratamiento	Social	Economico	Ambiental	Eficiencia	Ponderación
Terciarios	Intercambio Iónico	Desmineralización o ablandamiento, mediante un proceso químico específico removiendo iones disueltos no deseados por iones de carga similar.	No aplica	Altas capacidades de tratamiento, económicas y compactantes.	Tecnología no ecológica con generación de efluentes alcalinos y ácidos.	50%	1
	Absorción en carbón activado	Absorción de sustancias solubles en la superficie de las partículas del carbón.	No aplica	Altos costos de implementación y mantenimiento puesto a que se debe cambiar el carbón con frecuencia.	Tecnología ecológica	41%	1
	Cámara de cloración	Desinfección	No aplica	Altos costos de inversión equipos costosos.	No aplica	95%	6
	Ósmosis inversa	Movimiento de moléculas mediante presión, la cual retiene los sólidos suspendidos y permite el paso del agua.	No aplica	Altos costos de inversión, equipos costosos.	Requieren grandes cantidades de agua.	95%	1
	Oxidación con ozono	Oxidación mediante la generación de ozono como como tratamiento de desinfección, decoloración y desodorización.	No aplica	Altos costos de inversión equipos costosos	Tratamiento ecologico respetuoso con el medio ambiente que no necesita productos quimicos adicionales	85%	1
	Electrodialisis	Eliminación de sales, mediante membranas de tecnologías que utilizan los movimientos de los iones para desalinizar el agua	No aplica	Altos costos de inversión, equipos costosos.	No aplica	96%	1

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la muestra del efluente específicamente del proceso de beneficio animal, con el fin de conocer las características físicoquímicas del agua en la granja Avícola Santa Bárbara

cómo se puede evidenciar en el Anexo 1.

TABLA 12. *PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL EFLUENTE DEL PROCESO DE BENEFICIO ANIMAL*

Variable	Unidad	Resultado
Caudal	L/s	2,44
ph	No aplica	6,51
Temperatura	°C	21,7
Sólidos sedimentables	mg/L	1,5
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	1318,5
Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	879
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	392,5
Grasas y aceites	mg/L	80,3
Acidez total	mg/L CaCO ₃	6,6
Nitrógeno total (N)	mg/L	105,8
Fósforo total (P)	mg/L	18,7

(Laboratorio quimicontrol LTDA, 2019)

Los resultados de la carga contaminante para los parámetros de DBO₅, DQO y SST se encuentra en la tabla y se calcularon de la siguiente manera:

ECUACIÓN 1. CARGA CONTAMINANTE

$$CC = Q \times C \times \frac{t}{24 h}$$

$$CC_{DBO_5} = (2,44 \frac{L}{s}) \times (879 \frac{mg}{L}) \times (\frac{2h}{24 h}) \times (\frac{1Kg}{1 \times 10^{-6} mg}) \times (\frac{86400 s}{d}) = 15,4 kg/día$$

TABLA 13. CARGA CONTAMINANTE DEL EFLUENTE

Parámetro	Carga contaminante	Unidades
DBO ₅	15,4	Kg/día
DQO	23,1	Kg/día
SST	6,9	Kg/día

(Autoras, 2019)

A través de la matriz de comparativa de tratamiento de aguas residuales se seleccionó los métodos más pertinentes para el tratamiento de las aguas residuales de Avícola Santa Bárbara, teniendo en cuenta las necesidades de la empresa y el tipo de efluente:

14.3.1 Pretratamiento

Rejillas: Retenedores de material grueso transportado por el agua formados de barras de hierro o acero. El método de limpieza de las rejillas es manual, con rejillas finas que tiene aberturas menores a 0,64 cm (Romero, 2013). Las características de rejillas deben ser las siguientes

FIGURA 20. CARACTERÍSTICAS DE REJILLAS

Característica	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,5 - 1,5 cm	0,5 - 1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5 - 7,5 cm	2,5 - 7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5 - 5,0 cm	1,5 - 7,5 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1 m/s
Pérdida de energía permisible	15 cm	15 cm

(Romero, 2013)

Para la pérdida de energía en la rejilla se tiene en cuenta la siguiente ecuación de Kirschmer:

ECUACIÓN 2. PERDIDA DE LA ENERGÍA DE LA REJILLA

$$h_v = \beta * \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \sin \alpha$$

Dónde:

h_v : Pérdida de carga en m

w : Ancho de las barras en m

b : Espaciamiento libre de las barras en m

v : Velocidad aguas arriba de las rejas en m/s

α : Ángulo de inclinación de la rejilla respecto a la horizontal

β : Factor de forma

g : Gravedad (9,8 m/s²).

Reemplazando en la anterior fórmula, para un espaciamiento de 0,05 m, una velocidad aguas arriba de las rejas de 0,6 m/s, el factor de forma es 1,79 para barras circulares, un ángulo de inclinación de la rejilla respecto a la horizontal de 35° y la gravedad de la tierra es de 9,8 m/s².

ECUACIÓN 3. PERDIDA DE LA ENERGÍA DE LA REJILLA

$$h_v = 1,79 * \left(\frac{5 * 10^{-3} m}{0,05 m}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{(0,6 m/s)^2}{2(9,8 m/s^2)} * \sin 35^\circ$$
$$h_v = 8,6 * 10^{-4} m$$

14.3.2 Tratamiento primario.

Enfriamiento: Se enfría el agua por medio de un equipo de refrigeración, el efecto que se obtiene en este proceso es la extracción de calor proveniente de una fuente de alta temperatura para conducirlos a una temperatura más baja por medio del ciclo de refrigeración donde se remueve el calor de una sustancia. Este equipo consta de un ciclo de compresión, condensación, expansión y evaporación. En este proceso se utiliza un refrigerante, el cual es un fluido que se en carga de absorber calor cuando está a baja temperatura y presión durante la evaporación (Aguilar, 2008).

Equipo

FIGURA 21. MÁQUINA DE ENFRIAMIENTO



(Climax refrigeración industrial, 2019)

14.3.3 Tratamiento secundario.

Lodos activados: Tratamiento de remoción por medio de procesos biológicos, los compuestos orgánicos son degradados, manteniendo una gran cantidad de microorganismos que convierten la materia orgánica degradable (Romero, 2013). Este tratamiento se hace mediante tanques de aireación los cuales condicionan el ambiente de tal forma que los microorganismos puedan depurar el agua, este tanque debe contar con un sistema de aireación donde se especifique el tamaño de las burbujas de oxígeno necesarias para los microorganismos.

TABLA 14. CRITERIOS DE DISEÑO PARA TANQUE DE AIREACIÓN

<i>Parametros de diseño</i>	
DBO5 Resolucion 0631 de 2015	300 mg/L
<i>Criterios de diseño</i>	
DBO5	20 mg /l Efluente
SST	20mg/L Efluente
DBO5	879mg/l Afluente
Caudal	0,20 m3/s 200 L/S
Y	$0,65 \frac{mg/SSV}{mg/DBO}$
Kd	$0,05 d^{-1}$
Tr	4 d
Concentracion de SSVLM	2500 mg /L
Porcion volatin de los solidos	80%
Concentracion de solidos suspendidos	15000 mg/L
Concentracion en Y	0,65

(Romero, 2013)

Se estima el DBO₅ soluble del afluente de la siguiente manera:

ECUACIÓN 4. DBO SOLUBLE DEL AFLUENTE

$$Se = DBO \text{ Efluente} - 0,63 \text{ SST}$$

$$Se = 20 \text{ mg/L} - 0,63 (20\text{mg/L}) = 7 \text{ mg/L}$$

Cálculo de la biomasa en el reactor.

ECUACIÓN 5. BIOMASA EN EL REACTOR

$$XV = \frac{\theta c YQ (So - Se)}{1 + kd (\theta c)}$$

$$XV = \frac{4d (0,65 \text{ mg/L}) (200 \text{ L/s}) (300\text{mg/L} - 7 \text{ mg/L})}{1 + 0,05(4d)} = 0,15 \text{ kg/L}$$

Volumen del reactor.

ECUACIÓN 6. VOLUMEN DEL REACTOR

$$XV = \frac{\theta c YQ (S_o - S_e)}{1 + kd (\theta c)}$$
$$XV = \frac{4d (0,65 \text{ mg/L}) (200 \text{ L/s}) (300\text{mg/L} - 7 \text{ mg/L})}{1 + 0,05(4d)} = 0,15 \text{ kg/L}$$

Producción de lodo.

ECUACIÓN 7. PRODUCCIÓN DE LODO

$$V = \frac{XV}{X}$$
$$V = \frac{0,15 \text{ Kg/L}}{0,025 \text{ Kg/L}} = 61 \text{ m}^3$$

Cantidad de lodo seco.

ECUACIÓN 8. CANTIDAD DE LODO SECO

$$Px: \frac{XV}{\theta c}$$
$$Px = \frac{0,15 \text{ Kg}}{4 \text{ d}} = 0,0375 \text{ Kg SSV/d}$$

Caudal de lodo de desecho.

ECUACIÓN 9. CAUDAL DE LODO DE DESECHO

$$Ls = \frac{Px}{0,8}$$
$$Ls = \frac{0,0375 \text{ KgSSV/d}}{0,8} = 0,05 \text{ m}^3/\text{d Lodo}$$

Caudal de recirculación.

ECUACIÓN 10. CAUDAL DE RECIRCULACIÓN

$$Q_w = \frac{Px}{XV}$$

$$Q_w = \frac{0,0375 \text{ Kg SSV } L \text{ } 10 \text{ } 6 \text{ mg } 1m^3}{d * 15000 \text{ mg} * 1 \text{ Kg} * 1000 \text{ L}} = 0,0025 \text{ m}^3/d$$

Relación de recirculación.

ECUACIÓN 11. RELACIÓN DE RECIRCULACIÓN

$$R = \frac{Q_R}{Q}$$

$$R = \frac{0,042 \text{ m}^3/d}{17280 \text{ m}^3/d} = 2,43 \times 10^{-6} * 100\% = 0,00024 \%$$

Tiempo de retención hidráulica.

ECUACIÓN 12. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

$$\theta = \frac{61 \text{ m}^3/d}{17280 \text{ m}^3} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 0,08 \text{ h}$$

Cantidad de oxígeno requerido.

ECUACIÓN 13. CANTIDAD DE OXÍGENO REQUERIDO

$$DO = 1,5(Q) (S_o - S_e) - 1,42 XR (Q_w)$$

$$DO = \frac{1,5(200 \text{ L}) (300 \text{ mg} - 7 \text{ mg}) - 1,42 (0,8 * 15000) (0,0025 \text{ m}^3)}{S * L * L * L * d}$$

$$DO = 87857 \text{ mg/d} * \frac{1 \text{ Kg}}{100000 \text{ mg}} = 0,087 \text{ KgO}_2/d$$

Caudal del aire.

ECUACIÓN 14. CAUDAL DEL AIRE

$$Q_{aire} = \frac{DO}{0.232 (1.20)}$$

$$Q_{aire} = \frac{0,087}{0,232(1,20)} = 0,45 \text{ m}^3/d$$

Eficiencia de transferencia de oxígeno del equipo.

ECUACIÓN 15. EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE OXÍGENO DEL EQUIPO

$$Q_{aire} = \frac{0,45 \text{ m}^3/d}{0,08} = 5.625 \text{ m}^3/d$$

Volumen de aire requerido por unidad de DQO.

ECUACIÓN 16. VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO POR UNIDAD DE DQO

$$VDQO = \frac{Q_{aire}}{DQO}$$

$$VDQO = \frac{5,625 \text{ m}^3 \text{ L} \cdot d \cdot 1 \text{ m}^3 \cdot 10^6 \text{ mg}}{d \cdot 879 \text{ mg} \cdot 86400 \cdot 1000 \text{ L} \cdot 1 \text{ Kg}} = 6,39 \text{ m}^3/\text{Kg} /d \text{ DQO}$$

$$VE = \frac{5,625 \text{ m}^3 \text{ L} \cdot \text{L} \cdot 1 \text{ m}^3 \cdot 1000000 \text{ mg}}{d \cdot (300 \text{ mg} - 7 \text{ mg}) \cdot 1000 \text{ L} \cdot 1 \text{ Kg}} = 19,19 \text{ m}^3/\text{Kg} d$$

Carga orgánica volumétrica.

ECUACIÓN 17. CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA

$$COV = \frac{Q(S_o)}{V}$$

$$COV = \frac{200 \text{ L} (300 \text{ mg}) \cdot 1000 \text{ g} \cdot 86400 \text{ s}}{\text{s} \cdot \text{L} \cdot 61 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ mg} \cdot 1 \text{ día}} = 8,49 \times 10^{10} \text{ g DBO}/\text{m}^3 d$$

Relación alimento / Microorganismo.

ECUACIÓN 18. RELACIÓN ALIMENTO / MICROORGANISMO

$$\frac{A}{M} = \frac{Q (S_0)}{V (X)}$$

$$\frac{A}{M} = \frac{200 \text{ L} * 300 \text{ mg} * \text{L} * 1 \text{ m}^3 * 86400}{s * L * 61 \text{ m}^3 * 2500 \text{ mg} * 1000 \text{ L} * 1 \text{ día}} = 2,45 \text{ d}^{-1}$$

Eficiencia

ECUACIÓN 19. EFICIENCIA

$$\frac{\text{Afluente} - \text{Efluente}}{\text{Afluente}} * 100$$

$$\frac{879 \text{ mg/L} - 7 \text{ mg/L}}{879 \text{ mg/L}} * 100 = 99,2 \%$$

Secado de lodos. Es un sistema de desaguado de lodos que busca reducir el contenido de agua de los lodos a menos de un 85 %, el objetivo principal del secado de lodos es la reducción de costos por el transporte del lodo al sitio de disposición, minimiza la producción de lixiviados a disponer el lodo en un relleno sanitario.

Lechos de secado de arena. Reducen el contenido de humedad de los lodos de forma natural, el lecho típico para es rectangular poco profundo con fondos porosos encima de un sistema de drenaje (Romero, 2013).

TABLA 15. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LOS LECHOS DE SECADO DE ARENA

Ventajas	Desventajas
No requiere operación especial	Areas de mayor extencion
Bajo consumo de energia	Perceptible a cambios climaticos
Bajo consumo de quimicos	Altos costos de mantenimientos
Alto contenido de solidos	Evidente al publico

TABLA 16. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LOS LECHOS DE SECADO DE ARENA

Características	Criterio
Altura sobre la arena	0.5 - 0,9 m
Diametro de tubería de drenaje principal	< 0,10 m
Pendiente de tubería de drenaje principal	< 1%
Distancia entre drenajes principales	2,5 - 6 m
Distancia entre tuberías laterales de drenaje	2,5 - 3 m
Espesor de grava	20- 45 cm
Tamaño de grava	3- 25 mm
Profundidad de arena	20 - 46 cm
Coficiente de uniformidad de la arena	< 4
Tamaño efectivo de la arena	0,3- 0,75 mm
Ancho del lecho para limpieza manual	7,5 m
Longitud de lecho de secado	< 60 m
Profundidad	20 - 40 cm

(Romero, 2013)

Sedimentador secundario. Este tratamiento busca la remoción de sólidos suspendidos (SST) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) presentes en las aguas residuales, por medio de un proceso físico de sedimentación, donde se hay un asentamiento de los lodos en tanques, se establece un tiempo de retención mínimo de una hora, la profundidad puede estar entre 2,5m a 4 m (Orozco, 2017).

TABLA 17. CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Criterios de diseño	Valor	Unidades
Caudal pico (Q_{pico})	600	L/s
Carga superficial (CS)	15	m/d

Concentración de SST	250 0	mg/L
Carga de sólidos (Cs)	245	Kg/d m ²

(Autoras, 2019)

Para calcular el área se aplica la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 20. ÁREA DEL SEDIMENTADOR

$$A = \frac{Q_{pico}}{CS} = \frac{600 \frac{L}{s}}{15 \frac{m}{d}} \times \frac{86400 s}{1 d} \times \frac{1 m^3}{1000 L} = 3456 m^2$$

El cálculo del flujo por picos de sólidos (Carga contaminante), se tiene la concentración de sólidos suspendidos totales (SST), se tiene la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 21. FLUJO POR PICOS

$$Q_{Flujo\ picos\ de\ sólidos} = Q_{pico} \times CSST = 600 \frac{L}{s} \times 2500 \frac{mg}{L} \times \frac{1 Kg}{1000000 mg} \times \frac{86400 s}{1 d} = 129600 Kg/d$$

El área de sedimentación por carga de sólidos se determina de la siguiente manera, según Jairo Romero (2013) se tiene una carga de sólidos (Cs) de 245 Kg/dm².

ECUACIÓN 22. ÁREA DE SEDIMENTACIÓN

$$A_{sedimentación} = \frac{Q_{Flujo\ picos\ de\ sólidos}}{Cs} = \frac{129600 \frac{Kg}{d}}{245 \frac{Kg}{dm^2}} = 529 m^2$$

La forma del sedimentador es circular, por lo tanto, se calcula de la siguiente manera:

ECUACIÓN 23. ÁREA DEL CIRCULO

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Despejando se obtiene el diámetro:

ECUACIÓN 24. DIÁMETRO

$$d = \sqrt{\frac{4 A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (529 m^2)}{\pi}} = 26 m$$

Para cuantificar el volumen para el sedimentador, se estima una profundidad (h) de 4 m.

ECUACIÓN 25. VOLUMEN DE SEDIMENTADOR

$$V = A \times h = 529 \text{ m}^2 \times 4 \text{ m} = 2116 \text{ m}^3$$

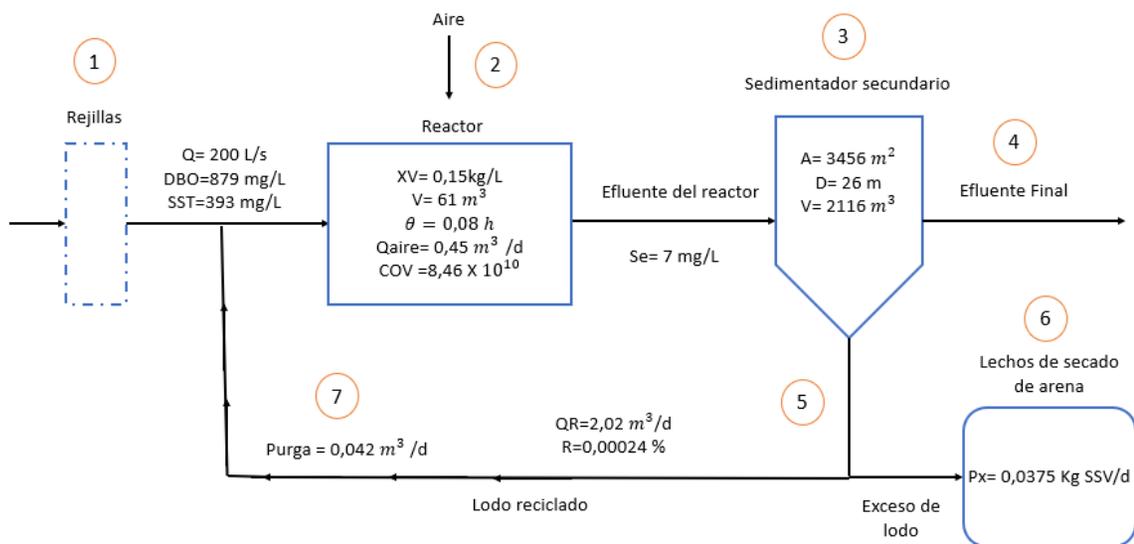
A fin de establecer el tiempo de retención hidráulica se tiene:

ECUACIÓN 26. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

$$Tr = \frac{V}{Q_{pico}} = \frac{2116 \text{ m}^3}{600 \frac{\text{L}}{\text{s}}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,97 \text{ h} \approx 1 \text{ h}$$

Finalmente, el resultado para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del sacrificio de aves se tiene en la figura el diagrama del proceso de tratamiento.

FIGURA 22. DIAGRAMA DE LA PLANTA TRATAMIENTO PARA AVÍCOLA SANTA BÁRBARA



(Autoras, 2019)

Por medio del programa solidword, se tienen las estructuras a utilizar con sus respectivas dimensiones, como se muestra a continuación:

FIGURA 23. REJILLAS

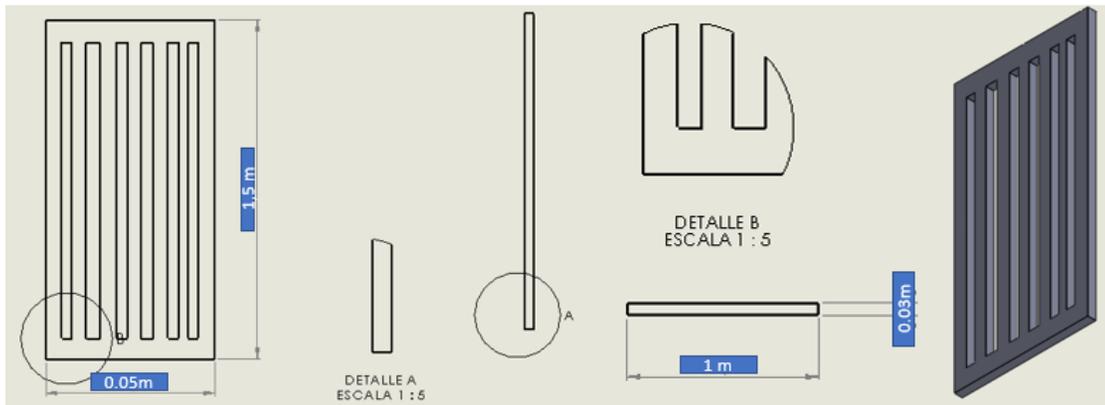


FIGURA 24. TANQUE DE AIREACIÓN

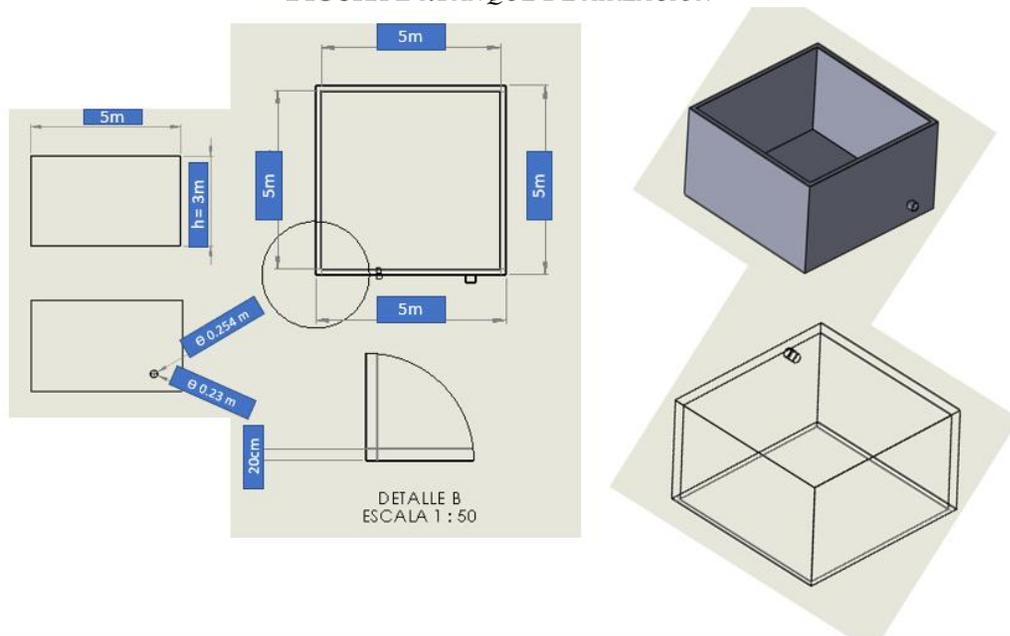
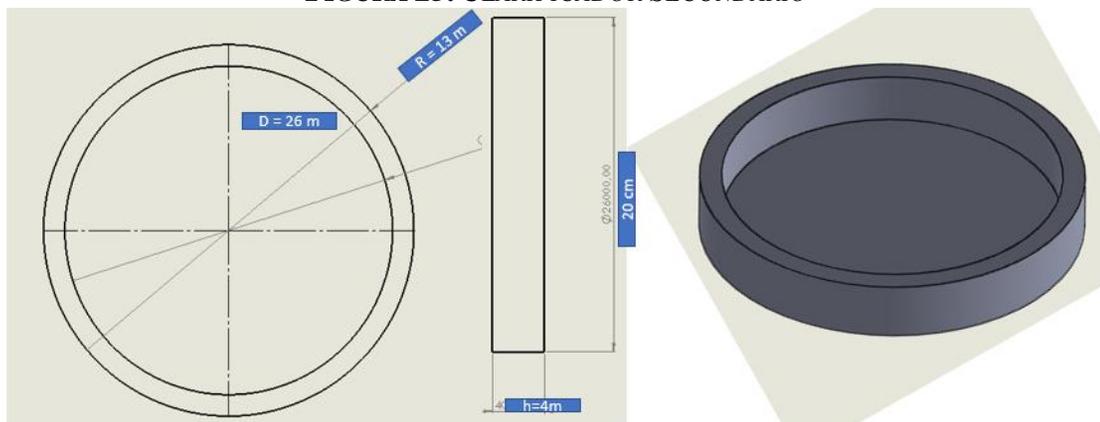


FIGURA 25. CLARIFICADOR SECUNDARIO



15. Análisis y discusión de resultados

A partir del diagrama de flujo se definieron las etapas del proceso productivo, para el beneficio de aves en la granja Avícola Santa Bárbara, las cuales son las siguientes:

Sacrificio y desangrado. Esta etapa comprende la recepción del animal, el ave ingresa a una línea mecánica con ganchos, pasa por un aturdidor eléctrico con el fin de insensibilizar a las aves al dolor inherente del degüello, siguiendo por esta línea mecánica para su posterior desangrado. En granja Avícola Santa Bárbara las aves son ingresadas el mismo día del sacrificio, evitando la contaminación de la planta por las aves. La sangre producida es recolectada en canecas de almacenamiento con el propósito de venderla para la fabricación de concentrado animal.

Escaldado y desplume. Con la finalización del desangrado de las aves, se procede a pasar por la caldera, la cual tiene una temperatura promedio de 60 ° C, las aves son sumergidas en agua hirviendo para poder facilitar la remoción mecánica de las plumas dentro de las centrífugas. Las plumas generadas son recolectadas en canecas de almacenamiento con el fin de su venta para la fabricación de concentrado animal.

Evisceración. El proceso de evisceración tiene como función la separación de las vísceras, esta se realiza de forma mecánica por un operario, el cual realiza un corte en la parte baja del estómago del animal, se realiza una extracción del corazón, molleja e hígado, para finalizar esta etapa se hace un prelavado para eliminar restos de sangre y vísceras no comestibles (Tripas).

Lavado del pollo. Se realiza un lavado del pollo para garantizar su higienización, a través de mangueras de presión.

Enfriamiento. El pollo es ingresado a un chiller (Contenedor de agua) de enfriamiento con trozos de hielo, en el cual se pretende producir una temperatura promedio de 4°C que debe tener el ave para ser comercializada.

Lavado de bodega. Al finalizar el proceso productivo de sacrificio de aves se debe realizar una limpieza en todas las áreas de producción, en conjunto del uso de detergentes e hipoclorito para tener mayor eficiencia, la cual se realiza después de cada proceso productivo en la empresa.

Mediante el ecomapa se representaron las áreas del proceso productivo de sacrificio de pollos en granja avícola Santa Bárbara, se identificaron las áreas de mayor impacto e importancia de las cuales cabe resaltar que el gasto del recurso hidrológico es demasiado alto ya que se está generando un consumo desde el inicio del proceso hasta la finalización de este. Los procesos que generan mayor consumo de agua son el de

escaldado y enfriamiento (chiller). Otra actividad que genera un consumo alto de agua es la actividad de lavado de bodega, la cual recalca una gran importancia puesto a que surge la necesidad de realizarse con frecuencia, con el fin de cumplir las medidas sanitarias para la disposición final del producto para consumo humano y de esta manera garantizar los estándares mínimos de higiene dentro de la planta de producción.

Se evidencia en el ecomapa que el consumo energético se genera especialmente en el aturridor, centrífuga y chiller, estas dos últimas son las que tienen un mayor consumo ya que son máquinas que funcionan con energía eléctrica. Los residuos sólidos que se generan en el proceso productivo son las plumas que se generan en la centrífuga y los subproductos de las vísceras que se generan en el proceso de la evisceración, la poceta de lavado de guacales también genera residuos sólidos como heces fecales de los animales y suciedades del lavado de los guacales.

Ecobalance es una herramienta de producción más limpia mediante la cual se logró la cuantificación de las aguas residuales en cada uno de los procesos productivo del beneficio animal, se evidencio que el proceso de escaldado, chiller y lavado de bodega son los mayores receptores de agua, fijando a estos como los puntos más críticos del proceso de beneficio animal de granja Avícola Santa Bárbara.

De acuerdo con la matriz MED se identifican las etapas que generan mayor contaminación sobre el recurso hídrico, de esta manera se establece cuáles son los procesos que generan residuos, pérdidas de energía o inadecuadas prácticas como se mencionó anteriormente en el marco metodológico. Las etapas que más generan un impacto negativo sobre el ambiente son:

Recepción de aves. En esta etapa se reciben las aves que son transportadas por medio guacales, los cuales contienen heces fecales de pollos, estos llegan al efluente al momento en que se lavan, por lo tanto, el tipo de agua residual que presenta posee un alto porcentaje de materia orgánica.

Sacrificio y desangrado. Durante la etapa los pollos son degollados y puestos en una línea de canal donde recolecta su sangre, la sangre es recolectada en su mayoría en tanques, sin embargo, este sistema de recolección de sangre no es eficiente a la hora del lavado el agua residual posee remanentes de sangre.

Escaldado y desplume. En esta etapa el pollo es sumergido en un contenedor, el cual contiene agua caliente alrededor de una temperatura de 60 °C, con el fin de ablandar su piel para extraer sus plumas con facilidad, las características del agua residual de esta etapa poseen altas temperaturas, grandes porcentajes de agentes contaminantes provenientes de las plumas del ave y un mínimo porcentaje de sangre.

Lavado de la bodega. Para la limpieza de la planta de beneficio animal se utilizan algunos agentes químicos que ayudan a desinfectar y limpiar las diferentes áreas de la bodega, los más utilizados son hipoclorito de sodio y desengrasantes, por lo tanto, el agua residual contiene sobrantes de los agentes químicos utilizados y a su vez fracciones

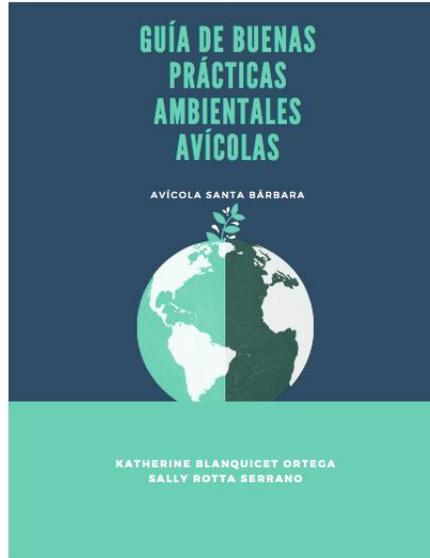
de pollo (Pedazos de piel, plumas, picos, etc) que se desperdician durante el proceso, por lo tanto, también se generan residuos sólidos sobre el efluente.

De acuerdo con lo anterior, se tiene un efluente formado por una mezcla de agua, sangre, vísceras, grasas y heces, en otras palabras, con alta carga de materia orgánica, es decir que está conformado por compuestos orgánicos que se encuentran combinados con carbono, hidrógeno y oxígeno, en algunos casos pueden estar combinados con nitrógeno, azufre, fósforo, entre otros (Fernández et al, 2015). La materia orgánica contamina el agua por medio de los vertidos, en este caso son provenientes de la actividad pecuaria, los efectos que genera en el agua provocan cambios en el olor, color, sabor y a su vez permite el desarrollo de microorganismos patógenos. Las sustancias orgánicas presentes en el agua residual son carbohidratos, proteínas, aceites y grasas (Fuentes, 2015).

Los efectos en el ambiente provocados por presencia de materia orgánica en el agua son la generación de olores y el consumo de oxígeno disuelto en el agua, por lo tanto se presenta un déficit de oxígeno y los peces se ven obligados a la competencia de este, la vida acuática se ve en riesgo debido a que se pueden asfixiar algunas especies (Sánchez, s.f.). Otro aspecto muy importante es que la materia orgánica en el agua genera un aumento de nutrientes en el medio acuático, en compañía de compuestos como nitrógeno y fósforo, de esta manera produce una eutrofización, que es el exceso de nutrientes en el agua que dan paso a organismos productores como las macroalgas, fitoplancton y pastos marinos que afectan los procesos de intercambio de oxígeno y flujo del agua por lo tanto el líquido se enturbia y el alto consumo de oxígeno por parte de estas plantas provoca la disminución de la población de algunos organismos acuáticos (Chapa y Guerrero, s.f.).

A partir de los lineamientos de Buenas Prácticas Avícolas, se tiene que la ponderación de la empresa es de 3.57, lo cual indica que de acuerdo a su ponderación su cumplimiento es intermedio, por lo tanto, posee procesos ineficientes que generan efectos adversos sobre el recurso hídrico y el uso eficiente de este. Las buenas prácticas avícolas van enfocadas a una reducción en el consumo de los recursos como agua y energía, en caminadas a la gestión del talento humano, es decir capacitaciones al personal y van dirigidas a la reducción del impacto ambiental provocado por el inadecuado manejo de los vertimientos sobre fuentes hídricas, por lo tanto como resultado de los lineamientos de Buenas Prácticas Avícolas se realizó una guía especialmente para la empresa, con el fin de que esta pueda mejorar sus procesos y disminuir los contaminantes.

FIGURA 26. *PORTADA DE LA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AVÍCOLAS PARA LA GRANJA AVÍCOLA SANTA BÁRBARA*



(Autoras, 2019)

En la figura 25 se muestra la elaboración de una Guía de Buenas Prácticas Ambientales Avícolas para la empresa, la cual posee los lineamientos a seguir de para el manejo adecuado de los recursos, esta consta de planes y programas de aplicación y gestión para el recurso hídrico, teniendo en cuenta los requisitos a cumplir por la granja avícola Santa Bárbara en términos de inocuidad alimentaria, requisitos sanitarios, seguridad, salud y bienestar de sus empleados y el cuidado al ambiente.

Para la construcción de los lineamientos de buenas prácticas avícolas se tuvieron en cuenta seis aspectos que permite mejorar el uso eficiente de los recursos, desde la parte gerencial, el personal de la empresa, las instalaciones e infraestructura de la empresa y su responsabilidad ambiental, como se ve en la figura.

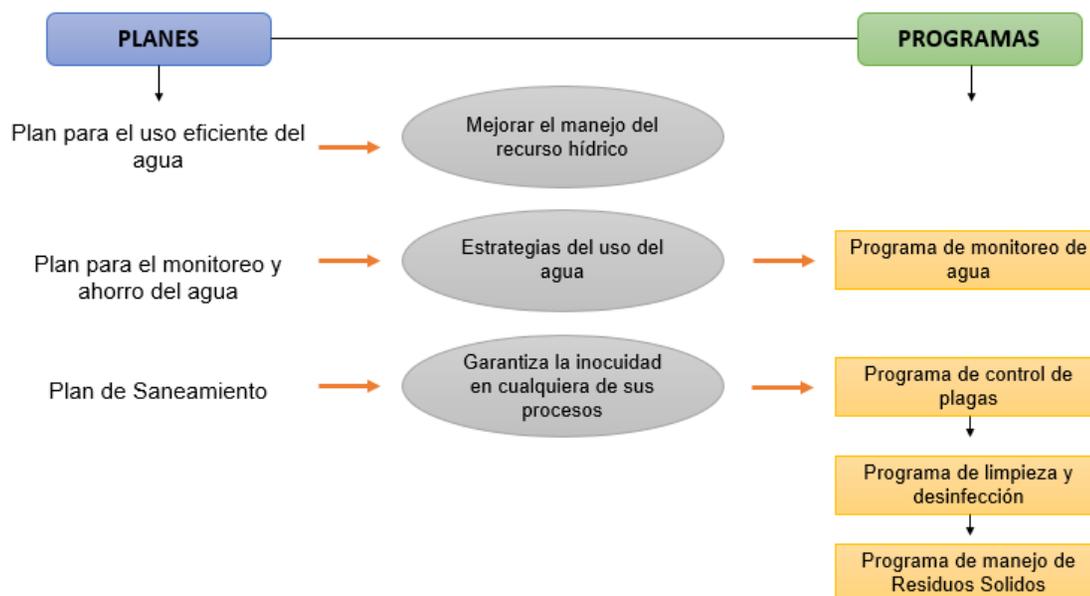
FIGURA 27. ASPECTOS DE EVALUACIÓN DE LINEAMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS AVÍCOLAS



(Autoras, 2019)

Con el fin de mejorar las prácticas inadecuadas de la empresa se realizaron planes y programas, para que la empresa pueda aplicar a futuro, de esta manera lo que se busca es la aplicación de conceptos y estrategias que permitan mejorar la gestión integral del recurso hídrico y así mismo cumplir con los requerimientos necesarios para mejorar la calidad del producto y sus afectaciones al ambiente, como se ve en la figura.

FIGURA 28. PLANES Y PROGRAMAS PARA LA GRANJA AVÍCOLA SANTA BÁRBARA



(Autoras, 2019)

Las especificaciones de cada plan y programa se pueden encontrar adjuntas en el Anexo 2, el cual representa la totalidad de la Guía de Buenas Prácticas Avícolas, para la Granja Avícola Santa Bárbara.

A partir de la matriz de comparación de tratamiento de aguas residuales, se establecen los métodos de tratamiento para la granja Avícola Santa Barbara. Los cuales buscan disminuir las cargas contaminantes sobre el efluente. Por medio de la cuantificación de los parámetros en el efluente se tiene que presentar un contenido de DBO_5 de 879 mg/L, lo cual se tiene que el agua residual contiene una gran cantidad de materia orgánica, ya que este parámetro se encarga de medir de forma indirecta el contenido de materia orgánica biodegradable en condiciones de tiempo y temperatura específica. Al ser este valor tan elevado la cantidad necesaria para oxidar de forma química la materia orgánica del efluente, por lo tanto, se tiene un DQO de 1318,5 mg/L. Los sólidos suspendidos totales tienen una concentración de 392,5 mg/L, estos contienen gran variedad de materia orgánica e inorgánica, generalmente no son sedimentables y causan problemas de olor, sabor, color y salud (Hernández, 2007).

El efluente de la actividad de beneficio posee un contenido de grasas y aceites tienen un valor de 80,3 mg/L este parámetro interviene de forma negativa en el ambiente, puesto a que este obstaculiza el intercambio de gases entre la atmósfera y el agua, de esta manera se interrumpe el paso del oxígeno y la salida del dióxido de carbono presente en el agua, a su vez no permite el paso de la luz solar, junto a bajos niveles de oxígeno puede llegar a producir acidificación del agua (Toapantan, s.f.).

Las aguas residuales provenientes del sacrificio de aves para granja Avícola Santa Bárbara poseen una carga contaminante para DBO_5 de 15,4 Kg/d, DQO de 23,1 Kg/d y

SST de 6,9 Kg/d. De tal forma se puede evidenciar que este efluente posee un alto contenido de nutrientes y materia orgánica, las condiciones físicas como la temperatura ayuda contribuir a acondicionar un ambiente propicio para el aumento de microorganismos. De manera que es evidente los efectos que genera este efluente tiene altos impactos negativos sobre el recurso hídrico y a su vez sino es tratada en la salud humana y ambiental.

Por lo tanto se establece como prediseño para la empresa un sistema que posee los tipos de tratamiento esenciales para depurar los contaminantes producidos durante el beneficio animal, como primera instancia se propone un tratamiento preliminar por medio de la implementación de rejillas con el fin de disminuir los sólidos sobre el efluente; seguido de este se establece un tratamiento por medio de lodos activados los cuales se encuentran dentro de un tanque de aireación con un área de , el fin de este tratamiento busca disminuir la carga contaminante a través de un proceso biológico donde los microorganismos metabolizan la carga contaminante y de esta manera depurar el agua, en este tratamiento se busca disminuir las concentraciones de DBO₅ y SST, el tiempo de retención hidráulica es de 0,08 h lo que equivale a 4,8 min, el caudal de lodo de desecho es de 0,0025 m³/d, es decir 2,5 L/d y el caudal de recirculación es 0,042 m³/d esto es 42 L/d. Del anterior tratamiento es necesario disponer de un sedimentador secundario, este se encarga de sedimentar los lodos, donde se recirculan, el área del sedimentador es de 3456 m² la forma del sedimentador es circular, por lo tanto, se tiene un diámetro de 26 m y un volumen de 2116 m³.

La eficiencia de remoción de este método es de un 99,2 %, lo cual permite que la empresa cumpla con la resolución 0631 del 2015, en la cual se establecen los límites máximos permisibles para los vertimientos de origen doméstico e industrial. Como ventaja de implementación de la planta de tratamiento de las aguas residuales la granja Avícola Santa Bárbara puede disminuir los costos por tasas retributiva, sin embargo, el consumo de energía será mayor.

16. Conclusiones

Mediante el diagrama de flujo se identificaron las entradas y salidas del proceso productivo en el beneficio animal de la granja Avícola Santa Barbara, con el fin de determinar los procesos que generan alto consumo de agua y así mismo la generación de efluentes. Con respecto al ecomapa se graficó un diagrama de la empresa donde se evidenciaron variables como, operarios, consumo de agua y energía generación de residuos líquidos y sólidos. Por medio de las herramientas de producción más limpia como el Ecobalance se logró cuantificar el consumo de agua en cada etapa del proceso productivo.

Con respecto al segundo objetivo se concluye que la matriz MED es una herramienta capaz de identificar y evaluar los materiales, energía y desechos como lo indica su nombre, de esta manera se logró determinar las características del efluente. La metodología utilizada para determinar los lineamientos de Buenas Prácticas fue la más pertinente para el caso estudio, sin embargo, cabe resaltar que la mayoría de las guías de Buenas Prácticas Avícolas en Colombia, van enfocadas para las etapas productivas de

cría y engorde de aves, no hay suficientes lineamientos que se especifiquen en la práctica del beneficio de las aves ni las afectaciones que se generan sobre el ambiente.

La metodología utilizada para la definición del prediseño técnico del tratamiento de aguas residuales permitió el desarrollo de los diferentes tipos métodos (preliminar, primario, secundario y terciario), a partir de la construcción de una matriz comparativa y evaluativa de estos. Definiéndose así los tipos de tratamiento pertinentes para las aguas residuales de la empresa, mediante una herramienta de diseño gráfico se logra visualizar la estructura final del prediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para granja Avícola Santa Bárbara.

Este proyecto logró identificar los impactos ambientales que se presentan por el inadecuado uso del recurso hídrico y por la generación de vertimientos sin un correcto tratamiento. Principalmente lo que se buscó fue lograr la disminución del volumen de agua de efluente por medio de estrategias de gestión ambiental y producción más limpia, ya que estas buscan disminuir los impactos y gestionar de forma íntegra el recurso hídrico. Una vez identificados los impactos sobre el ambiente se procede a realizar planes y programas que la empresa puede adoptar con el fin de mejorar sus prácticas. Por otra parte, se realizó un prediseño teniendo en cuenta las características físicas químicas del efluente, las necesidades de la empresa a fin de reducir su carga contaminante.

17. Recomendaciones

Controlar el cumplimiento de la guía de buenas prácticas avícolas, programa de limpieza y desinfección de utensilios y equipos, teniendo siempre los documentos diligenciados de cada una de estas actividades.

Teniendo en cuenta las afectaciones provenientes de la actividad del beneficio animal, que genera altos niveles de contaminación se recomienda seguir modelos de producción más limpia para poder intervenir las áreas con mayor afectación. Se debe hacer el uso de medidores de agua en el inicio del proceso y en su finalización, para llevar un control de este gasto.

18. Referencias Bibliográficas

- Abín, R. (2016). *Impactos ambientales de la producción de huevos: Análisis de ciclo de vida y huella de carbono* (Tesis de maestría). Universidad de Oviedo, España. Obtenido de: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/38994/6/TFM_RocioAbinRuedo.pdf
- Aguilera M. (2014). *Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: Instituciones, organizaciones y tecnología*. Cartagena Colombia. Obtenido de: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_214.pdf

- Aguilar, C. (2008). Evaluación energética de sistemas frigoríficos chillers. Tesis de grado. Managua: Universidad Nacional de ingeniería. Obtenido de: <http://ribuni.uni.edu.ni/474/1/26212.pdf>
- Alcaldía municipal Guayabal de Siquima. (s.f.). Nuestro municipio. Obtenido de: <http://www.guayabaldesiquima-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Aranda J. (2018). *Aguas residuales provenientes de la industria avícola en Colombia: Generalidades y tratamientos, una revisión bibliográfica*. Villavicencio Colombia. Obtenido de: <file:///C:/Users/luisalberto/Downloads/AguasResidualesProvenientesdeLaIndustriaAvicolaenColombia.pdf>
- Arias, A.,& Hernández, J.,& Castro, A.,& Sánchez, M.,. (2017). *Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la Moleïfera como coagulante natural*. 21 de mayo de 2019, de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Sitio web: <file:///C:/Users/sally/OneDrive/Documentos/trabajos%20de%20grado%20guias/central%20de%20sacrificio.pdf>
- Arrieta J. (2015). *Producción más limpia en la industria, conceptos y herramientas*. Alcaldía mayor de Bogotá D.C. Obtenido de: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=38f763fe-6a37-453d-80c6-eaa1663ce349&groupId=24732
- Autoridad nacional de licencias ambientales. (2019).Glosario.Recuperado de <http://portal.anla.gov.co/atencion-al-ciudadano/glosario>.
- Caldera, Y. (2012). *Aguas residuales de un matadero de aves: características y tratamiento*. Venezuela. Obtenido de: <file:///C:/Users/luisalberto/Downloads/Aguasresidualesdeunmataderodeaves.Caracteristicasytratamiento.pdf>
- Caldera, Y. (2010). *Sistema de flotación para aguas residuales de un matadero de aves*. 10th ed. [ebook] Zulia: Universidad del Zulia, pp.55-57. Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/904/90430360008.pdf> [Accessed 30 Apr. 2019].
- Caldera, Y. (2010). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola*. Venezuela. Obtenido de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400011
- Castillo Borges, R. (2018). *Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional*. Retrieved from: <http://www.redalyc.org/html/467/46725067001/>
- Carrera, S. (2013). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo filtro anaerobio de flujo ascendente (FaFa) con lenteja de agua*. 21 de mayo de 2019 , de Universidad surcolombiana, facultad especialización de ingeniería ambiental. Sitio web:

file:///C:/Users/sally/OneDrive/Documentos/trabajos%20de%20grado%20guias/DISENO_DE_UNA_PLANTA_DE_TRATAMIENTO_DE_A.pdf

Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS. (2003). *Guía técnica de producción más limpia para curtiembres*. Bolivia. Obtenido de: file:///C:/Users/pc%20Smart/Downloads/GuaTcnicadePML%20(1).pdf

Chapa y Guerrero. (s.f.). *Eutrofización: Abundancia que mata*. Obtenido de: <http://bibliotecas.umar.mx/publicaciones/eutrofizacion.pdf>

.Chavarro. (2008). Plan de desarrollo territorial. Obtenido de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/plan%20de%20%20desarrollo%20alban%20-%20cundinamarca%20-%202008%20-2011.pdf>

Climax refrigeración industrial. (2019). Equipos enfriadores de agua para todo tipo de industria. Obtenido de: <https://climaxrefrigeracionindustrial.com/servicios.html>

Corporación autónoma regional de Cundinamarca (2019). *Glosario*. Recuperado de <https://www.car.gov.co/vercontenido/2215>

Delgado y Gómez. (2016). *Diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados en el municipio de Guayabal de Siquima*. 28 de agosto de 2019, de Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería civil. Sitio web: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13932/4/DIAGNOSTICO%20Y%20OPTIMIZACION%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20GUAYABAL%20DE%20SIQUIMA.pdf>

Departamento Administrativo de la función pública.(2019). *Decreto 2278 de 1982*. Obtenido de: http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=24295

Eyssautier, M. (2007). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. España: Thomson. pp.98-100.

FAO. (2014). Plantilla de buenas prácticas. Obtenido de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/goodpractices/docs/Plantilla_buenas_practicas-SP-Marzo2014.docx

Federación Nacional de Avicultores en Colombia (FENAVI). (2017). *Fenavi, Consumo histórico de huevo y pollo en Colombia*. AviNews. Obtenido de: <https://avicultura.info/fenavi-consumo-historico-huevo-pollo-colombia/>

Federación Nacional de Avicultores en Colombia. (s.f.). *Caracterización económica del sector avícola*. Obtenido de: file:///Users/usuario/Downloads/Cundinamarca.pdf

- Fernández et al. (2015). *Comportamiento de la contaminación orgánica de la Bahía de Santiago de Cuba*. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/1813/181338814003.pdf>
- Fuentes. (2015). *Caracterización de la materia orgánica disuelta en el agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D*. Obtenido de:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000300005
- Fúquene. (2007). *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Primera edición. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. pp 26-27
- García, et al. (s.f.) *Efecto de los residuales avícolas en el ambiente*. Obtenido de:
<http://www.fertilizando.com/articulos/efecto%20residuales%20avicolas%20ambiente.asp>
- Guerrero, E., Jhoniers I., & Ramírez, F. (2004). *Manejo Ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios*. Retrieved from
<http://www.redalyc.org/pdf/849/84911640034.pdf>
- Gómez C. (s.f.). *Calidad del agua*. Escuela superior politécnica del Litoral. Ecuador. Obtenido de:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201%2C2%2C3.pdf>
- Gómez, E. (2012). *Estudio de gestión ambiental para la empresa avícola agrícola mercantil del Cauca- AGRICCA S.A.* (Tesis de maestría). Universidad de Manizales, Colombia. Obtenido de:
http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/563/402_Gomez_Daza_Elcy_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González, A. (2016). *Manual de producción y consumo sostenible, gestión del recurso hídrico, plantas de beneficio animal*. [ebook] Medellín, pp.32-38. Available at:
http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Plantas_Beneficio.pdf [Accessed 13 Aug. 2019].
- Guerrero, E., Jhoneirs, I., & Ramírez, F. (2004). *Manejo ambiental de los residuos en mataderos de pequeños municipios*. Retrieved from
<http://www.redalyc.org/pdf/849/84911640034.pdf>
- Hernández, Fernandez y Baptista. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. México: Mc Graw Hill. pp 83-86.
- Hernández. (2007). *Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105 °C*. Obtenido de:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>
- Jiménez, B. E. (2001). *La contaminación Ambiental en México*. México: Limusa. Recuperado el 28 de agosto de 2019

- Lon Wo, E. (s.f.). *La producción avícola y la contaminación ambiental*. Cuba. Obtenido de:
http://avpa.ula.ve/eventos/viii_encuentro_monogastricos/memorias/conferencia-5.pdf
- López, M. (2007). *Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola*. Costa Rica. Obtenido de:
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/tratamiento-biologico-aguas-residuales-t27072.htm>
- López, Formes, Ramos & Villarroya. (2009). *Las aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Martelo J. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: un revisión del estado del arte*. Bogotá Colombia. Obtenido de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
- Metcalf y Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición. España: Mc Graw Hill. pp 33.
- Orozco. (2017). *Eficiencias de remoción*. Obtenido de:
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10982/Cap%C3%ADtulo%20I%20Marco%20Referencial.doc?sequence=3&isAllowed=y>
- Pardo, J. (2012). *Configuración y usos de un mapa de procesos*. España. Obtenido de:
http://www.edicionescpge.es/wp-content/uploads/2016/06/9788481437966_extracto.pdf
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/4680/1/Representaci%C3%B3n%20gr%C3%A1fica%20de%20un%20proceso.pdf>
- Parra, R. (2015). *Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria*. [online] Repository.lasallista.edu.co. Available at:
<http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/905/628>
[Accessed 16 Aug. 2019].
- Rivera O. (2017). *Origen de las aves, tercera parte, origen de la gallina*. Obtenido de:
http://vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/origen_de_la_gallina.pdf
- Ríos, Escobar y Herrera. (2010). *Guía metodológica para determinar módulos de consumo y factores de vertimiento de agua*. Medellín. Obtenido de:
<https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hídrico/Publicaciones/cartilla-completa-mcfv.pdf>
- Rojas, R. (2002). *Gestión integral tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41228623/2002_Sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSistema_de_tratamiento_de_aguas_residual.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190925%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190925T192722Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=fb6626cb17dae4cc108bc645b12f67317f6241616db9c21299d34fd03e754c8f

- Romero L, Ramírez F, Álvarez S, Miranda M. (2011). *Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro*. Obtenido de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100010
- Romero, J. (2013). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. 3rd ed. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería, pp.17-18-644.
- Ruiz, I. (2010). *El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica*. Universidad de Coruña. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Soto/publication/242251233_EL_POTENCIAL_DE_LA_DIGESTION_ANAEROBIA_EN_EL_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_URBANAS_Y_EFLUENTES_DE_BAJA_CARGA_ORGANICA/links/0deec52974b58e46f0000000.pdf
- Sánchez. (s.f.). *Calidad de agua en ríos*. Obtenido de: http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/12_Calidad-agua-r%C3%ADos_v2015_resumen.pdf
- Secretaría distrital de ambiente (2019). Glosario. Recuperado de <http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/transparencia/glosario>.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua evaluación y diagnóstico*. Medellín: Digiprint Editores E.U. pp 47.
- Sistema de documentación e información municipal. (s.f.). *Diagnóstico territorial*. Obtenido de: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot_esquema_de_ordenamiento_territorial_guayabal_de_siquima_ocupaci%C3%B3n_y_manejo_del_suelo_\(40_p%C3%A1g_400_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot_esquema_de_ordenamiento_territorial_guayabal_de_siquima_ocupaci%C3%B3n_y_manejo_del_suelo_(40_p%C3%A1g_400_kb).pdf)
- Toapanta. (s.f.). *Grasas y aceites*. Obtenido de: [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITE S.doc](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITE%20S.doc)
- Velandia. (2016). *La avicultura en Colombia parte 1*. Universidad de los Andes. Obtenido de: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2016/02/18/la-avicultura-en-colombia-parte-1/>
- Williams, C. (s.f.). Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. Estados Unidos. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/al715s/al715s00.pdf>

Lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al
tratamiento de agua residual para la empresa Avícola Santa
Bárbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth

Lineamientos de buenas prácticas avícolas orientadas al
tratamiento de agua residual para la empresa Avícola Santa
Bárbara, Guayabal de Siquima, Cundinamarca

Katherine Blanquicet Ortega
Rotta Serrano Sally Yiceth