

**PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
EN LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DE COPER BOYACÁ**

Yeimy Natalia Romero Albarracín

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Jorge Enrique Segura Pinzón

12 de mayo de 2023

**PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
EN LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DE COPER BOYACÁ**



YEIMY NATALIA ROMERO ALBARRACÍN

ING. JORGE ENRIQUE SEGURA PINZÓN

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA JUAN DE CASTELLANOS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

INGENIERÍA CIVIL

TUNJA - 2023

Nota de aceptación

Director de Tesis: Ing. Jorge Enrique Segura Pinzón

Jurado lector: Ing. Hernando Avella Forero

Jurado ocasional 1: Ing. Astrid Paola Rodríguez Baquero

Jurado ocasional 2: Ing. Leidy Yohana Rojas Torres

Tunja, 12 de mayo de 2023

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi abuelita Mercedes, mi compañía más grande y el angelito que me cuida. Ella dedicó su vida a mí y a muchas personas más, me demostró que el amor es genuino y desinteresado. Hoy quiero que este “primer logro” tenga un poco de lo mucho que ella me brindó y que en donde quiera que esté llegue la gratitud y amor infinito que siento por ella.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de estudiar, de aprender, de crecer personal y profesionalmente, por poner en mi camino personas que siempre me han apoyado e impulsado a alcanzar mis sueños.

Agradezco a mis padres, este logro es más de ellos que mío, sin su apoyo no sería posible que yo estuviera logrando cosas tan importantes para mi futuro. Siempre me hicieron creer que cualquier cosa que yo quisiera lograr era posible y jamás me hicieron ver que tras de esto habían mil sacrificios y dificultades, para ellos esto vale la pena y para mí ellos lo valen todo.

Agradezco a mis hermanas, mis compañeras de vida y cómplices. El apoyo emocional que me brindan no tiene comparación, es una fortuna para mí crecer con personas tan maravillosas, a diario aprendo de ellas y sé que siempre se van a alegrar de mis logros como si fueran propios.

Agradezco al ingeniero Jorge Segura mi director de tesis, por su confianza y tiempo, por compartir su conocimiento conmigo y guiar el desarrollo de este proyecto. También manifiesto mi gratitud a la ingeniera Leidy Rojas quien estuvo presta a resolver mis dudas y cooperar en el desarrollo de mi tesis con el mayor agrado.

Agradezco a mis compañeros de carrera Nicolás Parra, Yeison Sabogal, Alexander Acero y Alejandro Cepeda, la vida universitaria no habría sido igual sin ellos, este es un sueño que creamos en conjunto, sé que somos personas diferentes a las que iniciaron la carrera y me siento afortunada de compartir todo este proceso de altos y bajos junto a seres tan maravillosos, muchas veces sin saberlo estuvieron justo en el momento que los necesitaba y siempre tendrán un lugar en mi corazón.

Agradezco a Edson Herrera y Cristian Barrera, ajenas a mi familia son las personas más especiales para mí y quienes mejor me conocen. A Edson gracias por hacerme sentir capaz, inteligente, admirada y acompañada, esta es una de las primeras metas que podemos compartir, pero quedan mil cosas por delante en la historia que se escribe. A Cristian, gracias por escucharme, vivir junto a mí mi fragilidad y hacerse presente en mis momentos de mayor debilidad, él sigue al pie de la letra la frase de “en buenas y en malas”.

RESUMEN

En los municipios de quinta, sexta y séptima categoría en Boyacá, la falta de plantas de beneficio animal ha causado pérdidas económicas y disminución de oportunidades para la ganadería. Los municipios de Muzo, Maripí y Coper se enfrentan a la suspensión de actividades de sus plantas debido a incumplimientos en los estándares exigidos. La reactivación de estas plantas es crucial para la economía local y la generación de empleo. El proyecto propone el diseño de un sistema de tratamiento de residuos para reactivar la planta de beneficio animal en Coper Boyacá, siendo una oportunidad única en la región. Se destaca la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales y la necesidad de cumplir con normativas ambientales. La implementación del proyecto beneficiará a la sociedad, impulsará la economía local y reducirá el sacrificio clandestino de ganado bovino, generando un menor impacto ambiental en comparación con otras prácticas.

La falta de plantas de beneficio animal adecuadas en estos municipios ha causado pérdidas económicas y una disminución de oportunidades para el sector ganadero. Los municipios en cuestión no cuentan con los mismos recursos económicos que las principales ciudades, por lo que no es posible que sus instalaciones cumplan con los mismos parámetros que aquellas ubicadas en sectores con mayor demanda. La situación se agrava debido a que los municipios vecinos también carecen de plantas de beneficio animal, lo que limita aún más las opciones de sacrificio y procesamiento de ganado en la región.

El proyecto propone el diseño de un sistema de tratamiento de residuos para reactivar la planta de beneficio animal en Coper, Boyacá, con el objetivo de impulsar la economía local, generar empleo, mejorar las condiciones de bienestar animal y reducir el impacto ambiental asociado al sacrificio clandestino de ganado bovino. El proyecto se basa en la necesidad de contar con plantas de beneficio animal adecuadas en los municipios de quinta, sexta y séptima categoría en Boyacá, y destaca la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales y el cumplimiento de las normativas ambientales.

Palabras clave: Reactor UASB, aguas residuales, planta de beneficio animal, sistema de tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

In the fifth, sixth and seventh category municipalities in Boyacá, the lack of animal benefit plants has caused economic losses and decreased opportunities for livestock. The municipalities of Muzo, Maripí and Coper face the suspension of activities of their plants due to non-compliance with the required standards. The reactivation of these plants is crucial for the local economy and job creation. The project proposes the design of a waste treatment system to reactivate the animal benefit plant in Coper Boyacá, being a unique opportunity in the region. The importance of proper wastewater management and the need to comply with environmental regulations are highlighted. The implementation of the project will benefit society, boost the local economy and reduce the clandestine slaughter of cattle, generating a lower environmental impact compared to other practices.

The lack of suitable animal processing plants in these municipalities has caused economic losses and decreased opportunities for the livestock sector. The municipalities in question do not have the same economic resources as the main cities, so it is not possible for their facilities to meet the same parameters as those located in sectors with higher demand. The situation is aggravated by the fact that neighboring municipalities also lack animal processing plants, further limiting cattle slaughter and processing options in the region.

The project proposes the design of a waste treatment system to reactivate the animal benefit plant in Coper, Boyacá, with the aim of boosting the local economy, generating employment, improving animal welfare conditions and reducing the environmental impact associated with slaughter. cattle clandestine. The project is based on the need to have adequate animal processing plants in the fifth, sixth and seventh category municipalities in Boyacá, and highlights the importance of proper wastewater management and compliance with environmental regulations.

Keywords: UASB reactor, wastewater, animal benefit plant, wastewater treatment system.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo General.	13
1.2.2 Objetivos Específicos.	13
1.3. JUSTIFICACIÓN	14
CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA	15
2.1 MARCO DE ANTECEDENTES	15
2.1.1 Municipios con problemáticas semejantes.	16
2.2 MARCO CONCEPTUAL	17
2.3 MARCO TEÓRICO	18
2.3.1 Aguas residuales	19
2.3.2 Clasificación de las aguas residuales por su origen	19
2.3.3 Características principales del agua residual	19
2.3.3.1 Características físicas de las aguas residuales	20
2.3.3.2 Características químicas de las aguas residuales	21
2.3.3.3 Características biológicas de las aguas residuales	21
2.3.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	22
2.3.3.5 Demanda química de oxígeno (DQO)	23
2.4 MARCO DEMOGRÁFICO Y GEOGRÁFICO DE LOS MUNICIPIOS INVOLUCRADOS	24
2.4.1 Coper Boyacá	24
2.4.1.1 Ubicación del municipio	24
2.4.1.2 Geografía de Coper Boyacá	24
2.4.1.3 División administrativa e información hidrográfica	25
2.4.2 Maripí Boyacá	24
2.4.2.1 Geografía de Maripí Boyacá	24
2.4.3 Muzo Boyacá	25
2.4.3.1 Geografía de Muzo Boyacá	26
2.5 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	27
2.5.1 Normas adicionales de cumplimiento para las PBA	27
2.5.2 Requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio animal de las especies bovinas, bufalinas y porcinas – Resolución 240 de enero de 2013.	29

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	33
3. DISEÑO METODOLÓGICO	33
CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	38
4.1 INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO	38
4.1.1 Razas	38
4.1.2 Cantidad de agua empleada en el sacrificio	38
4.1.3 Cantidad de sangre generada en la PBA	39
4.1.4 Estimación de caudal de diseño	39
4.1.5 Sistemas de tratamiento para residuos líquidos de PBA	41
4.1.5.1 UASB (Reactor Anaerobio de Cama de Lodos y Flujo Ascendente)	41
4.1.5.2 Digestión anaerobia de lodos	42
4.1.5.3 Modelo PTAR (Adaptación)	43
4.1.5.4 Lagunas Anaerobias	44
4.1.5.5 AnMBR (Bioreactor Anaerobio De Membrana)	46
4.1.5.6 Reactor Anaerobio de Contacto	47
4.1.6 Sistema de selección por proceso de jerarquía analítica	48
4.2 DISEÑO DEL SISTEMA SELECCIONADO	53
4.2.1 Diseño Del Reactor UASB	54
4.3 IMPACTOS DEL PROYECTO	56
4.3.1 Social	56
4.3.2 Económico	56
4.3.3 Ambiente	56
4.3.3.1 Matriz de Conesa	56
4.3.3.2 Plan de acción a los resultados de la matriz de Conesa	58
4.4 PRESUPUESTO	59
4.5 COSTEO PARA DETERMINAR LA INVERSIÓN EN UNA PLANTA DE BENEFICIO	61
CAPITULO V. CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXO 1. <i>Diagrama De Flujo Proceso De Faena Del Ganado Bovino</i>	69
ANEXO 2. <i>Plantas de beneficio cerradas en Colombia</i>	70
ANEXO 3. <i>Memoria De Cálculo Del Reactor UASB</i>	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Datos geográficos de Coper</i>	25
Tabla 2 <i>Datos legales de los municipios</i>	26
Tabla 3. <i>Distribución de los municipios por división territorial y área de residencia.</i>	27
Tabla 4 <i>Normas generales en plantas de beneficio animal</i>	28
Tabla 5 <i>Principales artículos de la Resolución 240 del 31 de enero de 2013</i>	29
Tabla 6. <i>Juicios verbales y escala numérica para la selección</i>	49
Tabla 7. <i>Puntuación de cada alternativa cuantitativamente</i>	50
Tabla 8. <i>Suma de los valores para cada sistema</i>	50
Tabla 9. <i>División de cada elemento entre el valor total de la columna</i>	51
Tabla 10. <i>Calculo del promedio en cada fila</i>	51
Tabla 11. <i>Información para el diseño del Reactor UASB</i>	53
Tabla 12. <i>Matriz de Conesa para la estimación del impacto ambiental</i>	57
Tabla 13. <i>Criterios evaluativos de los impactos ambientales presentes en el proyecto</i>	58
Tabla 14 <i>Presupuesto fase de investigación</i>	59
Tabla 15. <i>Valores globales de fabricación</i>	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Árbol de problemas</i>	16
Figura 2. <i>Primer momento del diseño metodológico</i>	33
Figura 3. <i>Plantas cerradas desde el año 2016 por decreto 1500 de 2007</i>	34
Figura 4. <i>Segundo momento del diseño metodológico</i>	35
Figura 5. <i>Fase constructiva de una planta de beneficio animal</i>	36
Figura 6. <i>Tercer momento del diseño metodológico</i>	37
Figura 7. <i>Planteamiento del sistema de selección por proceso de jerarquía analítica</i>	48
Figura 8. <i>Gráfica de resultados del proceso de selección</i>	52
Figura 9. <i>Modelo físico del reactor UASB</i>	55

PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DE COPER BOYACÁ

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta que los municipios ubicados en las categorías cinco, seis y siete en la escala del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, no cuentan con una planta propia para sacrificio animal y que en el caso del Occidente de Boyacá, el municipio de Coper es el principal proveedor de carne bovina a municipios como Muzo y Maripí y, debido a los resultados y observaciones arrojadas por parte del INVIMA en las últimas visitas de inspección, vigilancia y control, la planta de beneficio animal del municipio de Coper Boyacá se encuentra en suspensión de actividades al no cumplir con los estándares exigidos para su funcionamiento.

El occidente de Boyacá, actualmente cuenta con un mínimo de plantas que no satisfacen la demanda ocasionando pérdidas y disminución de oportunidades a un sector económico de gran importancia como lo es la ganadería. Muzo, Maripí y Coper se suman a la lista de municipios que, a pesar de las labores de mejora y gestión por partes de las administraciones municipales, no han podido restablecer el funcionamiento de sus plantas o aún peor no cuentan con una.

Estos municipios de acuerdo a su categorización, no cuentan con los mismos recursos económicos que las principales ciudades, por ello, no es posible que sus instalaciones cumplan con los mismos parámetros que los de mayor índice de sacrificios ubicados en sectores con mayor demanda.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

Elaborar un estudio de factibilidad para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la planta de beneficio animal del municipio de Coper.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Definir alternativas de diseño de plantas de beneficio animal
- Establecer los requisitos ambientales y legales que se deben tener en cuenta para la construcción de una planta de beneficio animal.
- Formular un prototipo para el tratamiento de los residuos líquidos generados que se ajuste a las condiciones de diseño, presupuestos y necesidades del municipio.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los municipios de quinta, sexta y séptima categoría, necesitan impulsar su reactivación económica y expandir sus producciones ganaderas mediante la reanudación o creación de plantas de beneficio animal. Es clara la normativa bajo la cual deben regirse todos los municipios colombianos que aspiran reactivar sus instalaciones, pero debe tenerse en cuenta que las condiciones económicas y de producción de los municipios de quinta, sexta y séptima categoría, no se ven favorecidos bajo el mismo nivel de parámetros que se solicitan para localidades con mayores recursos.

Según el informe del INVIMA hasta el 31 de julio de 2021, se encontraban cerradas a nivel nacional 340 Plantas de beneficio animal- PBA, de las cuales un alto porcentaje corresponde a los municipios en los que se centra este estudio. Por ello nace la necesidad de brindar un plan de acción pensado en estos municipios con el fin de buscar una causa aparente para este problema, darle manejo e impulsar el crecimiento económico generando oportunidades laborales para los habitantes.

Dicho lo anterior, fue necesario fijar un municipio que tuviera el perfil que este estudio requiere. Coper Boyacá es un municipio del occidente boyacense que posee una PBA, pero dadas sus condiciones de infraestructura y salubridad fue clausurada. De ahí nace la idea de diseñar el sistema de tratamiento de residuos que la planta necesita para su reactivación. La producción en esta planta representa un ingreso importante ya que sus municipios vecinos Muzo y Maripí no cuentan con una PBA, pues, Coper es el municipio que abastecía la necesidad de la región.

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Realizando una revisión bibliográfica, se observa el proceso de acompañamiento por parte de Médicos Veterinarios, Zootecnistas, Ingenieros Ambientales, Ingenieros Civiles y diferentes tipos de especialistas, en procesos de recuperación de PBA o tratamiento de las problemáticas que han llevado al cierre de las mismas.

Dentro de estas investigaciones se pueden resaltar:

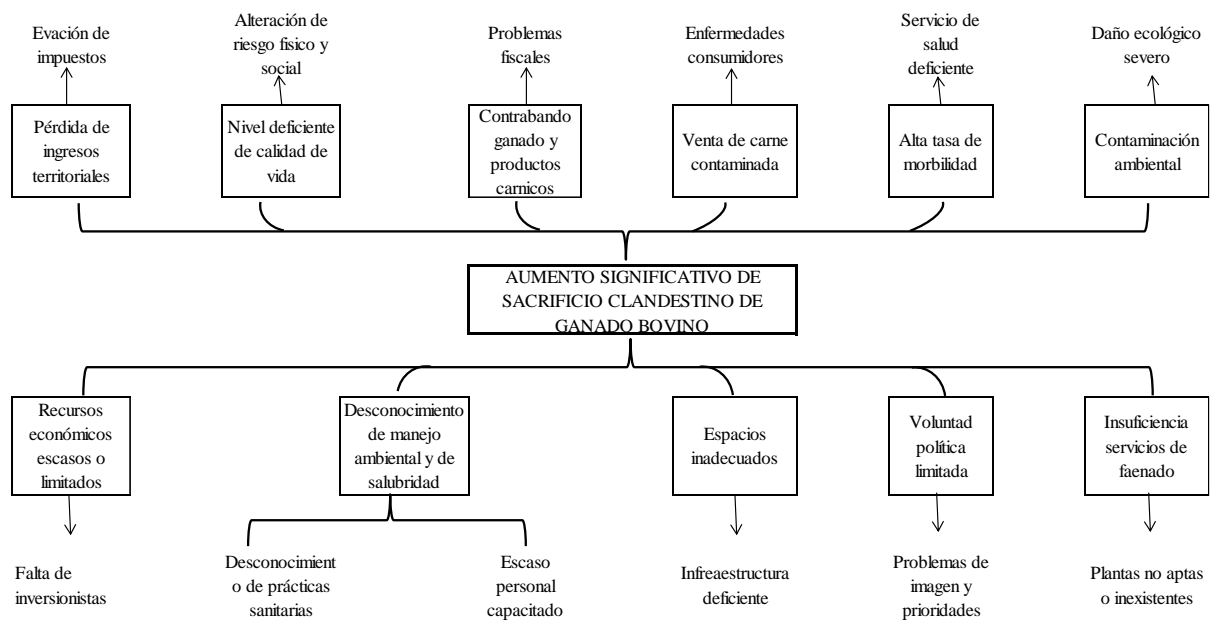
- Metodología para el diseño en Colombia de plantas de desposte mixto de la especie bovina y porcina ajustada a la reglamentación sanitaria vigente, donde realizaron una investigación a aspectos de innovación, calidad, inocuidad, para el fortalecimiento en Colombia de la cadena cárnica y el cumplimiento de los objetivos del estado. (POSADA, 2017).
- Avance en la implementación del plan gradual de cumplimiento (INVIMA). En la planta de beneficio animal - PBA- Fusagasugá, de acuerdo con la resolución 240 de 2013 (CIFUENTES, 2019)
- Modelo de alternativa ambiental sostenible y económica rentable para el manejo empresarial de una planta de beneficio animal de categorías iii, iv y mínimos, con el fin de tener una economía rentable, realizando estudio en diferentes plantas. (GARCÍA, 2005).
- Formulación del plan de manejo ambiental para la planta de beneficio de ganado del Municipio santa rosa del sur, Departamento de Bolívar, con el fin de formular un plan de manejo ambiental para reducir los impactos ambientales. (FUENTES, 2012).
- Estudio sobre la problemática generada por el manejo inadecuado de las aguas residuales generadas en la planta de beneficio animal del Municipio el Tarra, Norte de Santander, el cual consistió en formular un sistema estructurado para el manejo adecuado de los residuos líquidos. (CASTAÑEDA, 2012).

No obstante, dentro de estas investigaciones no existen publicaciones, artículos o reportes divulgados bajo parámetros legales que evidencien su evolución e implementación bajo la actual normativa. Es por ello que se espera con este proyecto, ser partícipes en el proceso de mejora y reapertura de la PBA de diferentes municipios que económicamente pueden impulsar su progreso mediante el resultado esperado con este documento.

2.1.1 Municipios con problemáticas semejantes.

A partir de los estudios realizados en el sector social y económico de la región, se establece como problema central la ilegalidad o el denominado sacrificio clandestino, por lo tanto se elaborará un árbol de problemas que describe las causas y efectos que genera la aludida dificultad, en este orden de ideas se encontró que los espacios inadecuados, la falta de voluntad política, el desconocimiento ambiental y los recursos económicos escasos, son las principales causas directas de la problemática que hoy afronta la región.

Figura 1. *Árbol de problemas*



Fuente: Barrera, 2018.

El árbol de problemas presentado en la Figura 1, evidencia y reúne las generalidades de lo expuesto anteriormente y señala de una manera gráfica las causas y consecuencias de la

problemática que se pretende solucionar.

Las condiciones negativas que se evidencian en el árbol de problemas debe ser el inicio para lograr el fin esperado, sin embargo, para rescatar los beneficios de interés general es indispensable determinar los sujetos directos del proyecto; estos actores inciden esencialmente en la consecución de recursos, buscan los espacios adecuados, suplen los servicios de faenado, aplican normas ambientales y logran la voluntad de los gobernantes, es decir, convierten los problemas en objetivos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

- **Bovino:** Subfamilia de mamíferos rumiantes bóvidos de cuerpo grande y robusto, generalmente con cuernos gruesos y encorvados, el hocico ancho y desnudo, y cuyas hembras poseen dos pares de mamas (Oxford Languages, 2007).
- **Desinfección:** Procedimiento que, utilizando técnicas físicas o químicas, permite eliminar, matar, inactivar o inhibir a un gran número de microorganismos encontrados en el ambiente; por lo que en dependencia del agente antimicrobiano utilizado, lograremos una desinfección propiamente o un efecto esterilizante (scielo,2006).
- **Instalaciones:** Las instalaciones son el conjunto de redes y equipos fijos que permiten el suministro y operación de los servicios que ayudan a los edificios a cumplir las funciones para las que han sido diseñados (definiciones de, 2009).
- **Legalización de PBA:** La legalización consiste en certificar la autenticidad de la firma de un servidor público en ejercicio de sus funciones y la calidad en que el signatario haya actuado, la cual deberá estar registrada ante el Ministerio de Relaciones Exteriores, para que el documento surta plenos efectos legales en un país que hace parte de la Convención de Viena de 1963, sobre relaciones consulares, artículo 5°, literal f) que reglamenta las actuaciones consulares en calidad de notario (Cancillería, 2007).
- **Medidas salubres:** Medidas implementadas para mantener el estado general de la salud pública en un lugar determinado (Oxford Languages, 2009).

- **Planta de beneficio animal:** Las plantas de beneficio animal se pueden definir como todo establecimiento en donde se benefician las especies de animales que han sido declarados como aptas para el consumo humano y que ha sido registrado y autorizado para este fin. (UNIANDES, 2016).
- **PTAR:** Siglas correspondientes a Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es "una instalación compuesta por una serie de procesos físicos, químicos o biológicos que tienen como finalidad el tratamiento y depuración de aguas residuales para su posterior vertido o reutilización" (Garrido y Ruiz, 2019, p. 29).
- **Producción:** La producción es la actividad económica que se encarga de transformar los insumos para convertirlos en productos. Por lo tanto, la producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y las materias primas para poder elaborar o fabricar bienes y servicios, que serán utilizados para satisfacer una necesidad (Economipedia, 2010).
- **Sacrificio bovino:** En el Servicio de Sacrificio y Faenado de Bovinos, se realiza un proceso ordenado sanitariamente por el que se obtienen carnes en las mejores condiciones para consumo humano. El faenado de bovinos exige la aplicación de normas técnicas y sanitarias entre las que se incluyen las relacionadas con el bienestar animal (Matadero gran canaria, 2021).
- **Trampa de grasas:** Dispositivo utilizado en sistemas de drenaje de aguas residuales que tiene como objetivo retener los residuos grasos presentes en el agua, evitando su vertido en la red de alcantarillado y reduciendo el riesgo de obstrucciones. Por lo general, se instalan en establecimientos donde se manipulan alimentos, como restaurantes, bares o cocinas industriales (American Public Works Association, 2017).

2.3 MARCO TEÓRICO

El manejo adecuado de las aguas residuales es esencial debido a sus impactos en la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Las aguas residuales contienen contaminantes que pueden propagar enfermedades y dañar los ecosistemas si no se tratan adecuadamente. Además, el tratamiento y reutilización de las aguas residuales contribuyen a

la conservación del agua, reducen la demanda de agua dulce y promueven la seguridad alimentaria en áreas con escasez de agua. Es crucial invertir en infraestructuras y tecnologías para el manejo de las aguas residuales y promover prácticas seguras de gestión para asegurar un futuro sostenible.

2.3.1 Aguas residuales

El agua residual es aquella cuyas características originales han sido modificadas debido al uso del hombre, quien le aporta contaminación sólida y líquida por lo que representan un peligro potencial y requieren un tratamiento previo antes de ser usadas o vertidas a un cuerpo natural de agua (Metcalf & Eddy, 1996).

2.3.2 Clasificación de las aguas residuales por su origen

Entre las aguas residuales más comunes; de acuerdo con su origen, se encuentran: **Aguas residuales municipales:** Aquellas provenientes de la ciudad o una gran población, conteniendo una gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. La mayoría de las veces son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria).

Aguas residuales industriales: Provenientes de procesos industriales cuya composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales; se encuentran compuestos químicos (ácidos, bases, iones metálicos, entre otros) y materia orgánica (en suspensión, dilución, etc.). Este tipo de aguas residuales debido a su composición, no deben ser vertidas en el sistema de alcantarillado público.

2.3.3 Características principales del agua residual

Es fundamental comprender las características del agua residual antes de aplicar cualquier tratamiento. Estas características proporcionan información valiosa que nos ayudará a determinar el enfoque de tratamiento más efectivo. Al analizar factores como la composición química, las características físicas y otros parámetros, podemos evaluar la calidad del agua residual y diseñar un tratamiento que se adapte a sus necesidades

específicas. Por lo tanto, el estudio detallado de estas características es un paso crucial para garantizar un tratamiento adecuado y eficiente de las aguas residuales.

2.3.3.1 Características físicas de las aguas residuales

Estas características proporcionan información inicial sobre la calidad y las propiedades del agua residual, lo que ayuda a determinar los pasos necesarios para su tratamiento y manejo adecuado.

- **Color:** El agua residual puede tener diferentes colores, que van desde tonos oscuros y opacos hasta tonalidades más claras. El color puede ser indicativo de la presencia de sustancias orgánicas, sedimentos o compuestos químicos disueltos en el agua residual.
- **Olor:** El agua residual a menudo presenta olores desagradables debido a la presencia de compuestos orgánicos en descomposición, como sulfuros o aminas. Estos olores pueden variar desde un olor a podrido hasta un olor químico fuerte.
- **Turbidez:** La turbidez se refiere a la claridad del agua residual y está influenciada por la presencia de partículas suspendidas. Si el agua residual es turbia, significa que contiene sólidos en suspensión que le dan un aspecto opaco.
- **Temperatura:** La temperatura del agua residual puede variar dependiendo de su origen y de las actividades humanas asociadas. Por ejemplo, las aguas residuales industriales pueden estar más calientes debido al proceso de enfriamiento en la planta industrial, mientras que las aguas residuales domésticas suelen tener una temperatura similar a la del agua de uso doméstico.
- **pH:** El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua residual. Puede influir en los procesos de tratamiento y en la forma en que ciertos contaminantes se comportan en el agua.

2.3.3.2 Características químicas de las aguas residuales

- **Contaminantes orgánicos:** El agua residual puede contener compuestos orgánicos como aceites, grasas, hidrocarburos, pesticidas, productos químicos industriales y subproductos de desinfección. Estos contaminantes pueden ser tóxicos y tener efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
- **Contaminantes inorgánicos:** El agua residual puede contener contaminantes inorgánicos, como metales pesados (plomo, mercurio, cadmio), compuestos de nitrógeno (amoníaco, nitratos, nitritos), compuestos de fósforo (fosfatos) y compuestos de azufre (sulfatos, sulfuros). Estos contaminantes pueden provenir de actividades industriales, agrícolas o domésticas.
- **pH:** El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua residual. Puede variar dependiendo de los contaminantes presentes y las reacciones químicas que ocurren en el agua residual. Un pH neutro es de alrededor de 7, valores inferiores indican acidez y valores superiores indican alcalinidad.
- **Oxígeno disuelto:** El contenido de oxígeno disuelto en el agua residual es importante para la vida acuática. El proceso de descomposición de la materia orgánica en el agua residual consume oxígeno, y niveles bajos de oxígeno disuelto pueden afectar negativamente la vida acuática.
- **Nutrientes:** El agua residual puede contener altas concentraciones de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que pueden promover el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas en cuerpos de agua receptores. Esto puede dar lugar a problemas como la eutrofización, que afecta negativamente los ecosistemas acuáticos.

2.3.3.3 Características biológicas de las aguas residuales

- **Bacterias:** Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en entornos naturales

como en plantas de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, es esencial comprender sus características, funciones, metabolismo y procesos de síntesis. En el agua residual, encontramos diversos tipos de bacterias, entre ellas las bacterias de origen fecal y las que participan en la biodegradación. En las aguas residuales sin tratar, predominan especies pertenecientes a grupos como *Escherichia*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Nocardia*, entre otros.

- **Algas:** La presencia de estos organismos en el agua residual es de gran importancia, ya que junto con las bacterias, ayudan a estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales. Es relevante destacar que el crecimiento de las algas se ve favorecido por la existencia de diferentes formas de nitrógeno y fósforo en el agua residual. Sin embargo, las algas pueden generar problemas significativos en las aguas superficiales, ya que si las condiciones son favorables, se reproducen rápidamente, cubriendo la superficie del agua con colonias flotantes y provocando procesos de eutrofización.

La gestión de la calidad del agua es uno de los desafíos más importantes para la ingeniería sanitaria. Es crucial encontrar el proceso de tratamiento adecuado para las aguas residuales de cualquier origen, de manera que los efluentes no contribuyan al crecimiento de algas y otras plantas acuáticas. Esto implica aplicar medidas para controlar los niveles de nutrientes y minimizar la carga de contaminantes, a fin de prevenir la proliferación excesiva de algas y mantener el equilibrio ecológico de los cuerpos de agua.

2.3.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de aguas residuales. Este parámetro es aplicable en aguas continentales, aguas residuales, aguas pluviales o de cualquier procedencia que pueda contener una cantidad significativa de materia orgánica. No es aplicable para agua potable, ya que al tener en su composición un 30 índice muy bajo de materia oxidable, la precisión de este parámetro no sería adecuada.

2.3.3.5 Demanda química de oxígeno (DQO)

La determinación de la DQO es importante en el monitoreo y control de la calidad del agua, especialmente en sistemas de tratamiento de aguas residuales. Permite evaluar la eficiencia del proceso de tratamiento, ya que la reducción de la DQO indica una disminución en la cantidad de compuestos orgánicos presentes. Además, la DQO es utilizada en la evaluación de la carga contaminante en cuerpos de agua receptores y en la estimación de la cantidad de oxidante necesaria para la desinfección del agua.

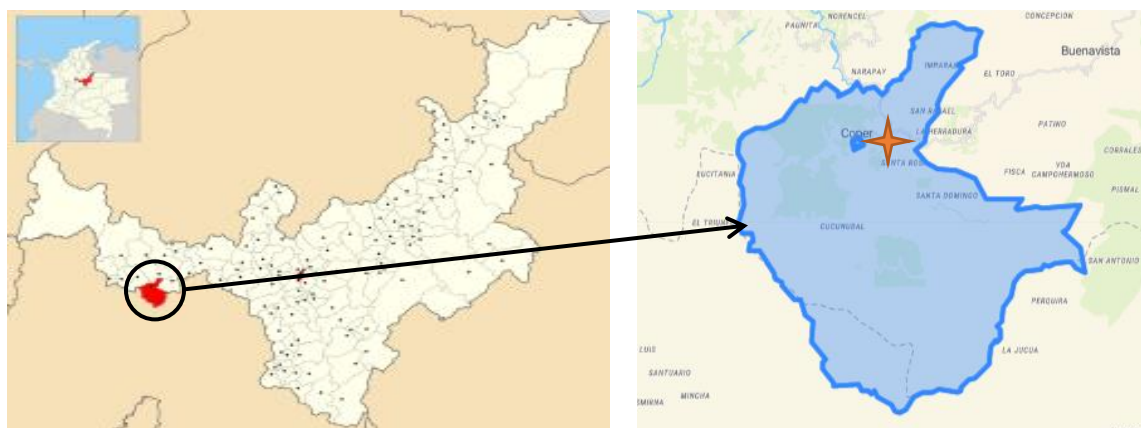
Es importante tener en cuenta que la DQO no proporciona información específica sobre los tipos de compuestos orgánicos presentes en el agua residual, ni su toxicidad o efectos sobre la salud. Para obtener una evaluación más completa, se requiere el análisis de otros parámetros químicos y biológicos.

2.4 MARCO DEMOGRÁFICO Y GEOGRÁFICO DE LOS MUNICIPIOS INVOLUCRADOS

2.4.1 Coper Boyacá

Coper es un municipio colombiano, ubicado en la provincia de Occidente del departamento de Boyacá. Dista aproximadamente 65 km de la ciudad de Chiquinquirá, la ciudad más poblada de la provincia y 133 km a la ciudad de Tunja, capital del departamento.

2.4.1.1 Ubicación del municipio



Fuente: Google maps, 2023.

2.4.1.2 Geografía de Coper Boyacá

El municipio de Coper pertenece a la provincia de occidente del Departamento de Boyacá, el área urbana está localizada a los 05° 28' 40" de latitud norte y 74° 02' 55" de longitud oeste. El territorio tiene un rango de altura comprendido entre los 600 a los 2600 m s. n. m.; con una T° media de 23 °C y precipitación media anual de 3.152 mm; lo cual hace que en el mismo territorio confluyan tres pisos térmicos y por ende diversidad de productos agrícolas y pecuarios. El casco urbano se encuentra ubicado a 950 m s. n. m. (Planeación municipal Coper, 2007).

Limita por el norte con el municipio de Maripí (Boyacá); por el sur con los municipios de Paima y San Cayetano (Cundinamarca); por el occidente con los municipio de Muzo

(Boyacá) y Paima y por el oriente con los municipio de Buenavista y Carmen de Carupa (Cundinamarca).

Coper tiene una extensión de 202 km² y por su topografía presenta tres pisos térmicos así: Caliente, 171 km², Templado 17 Kms² y Frío 14 km².

La Tabla 1 nos muestra la síntesis de la información geográfica de Coper como resumen de los datos que encontramos en el texto anterior.

Tabla 1 Datos geográficos de Coper

Superficie	202 km ²
Superficie área urbana	2 km ²
Superficie área rural	200 km ²
Latitud	N 05° 28' 40"
Longitud	O 74° 02' 55"
Temperatura promedio	23°C
Precipitación anual	3.152 mm
Población	10,047 habitantes
Densidad de Población	100 hab/km ²

Fuente: Planeación municipal, 2007.

2.4.1.3 División administrativa e información hidrográfica

Administrativamente está dividido en 10 veredas:

- Cantino
- Resguardo
- Guasimal
- Santa Rosa
- Turtur
- Guayabal
- Pedro Gómez
- Cucunubá
- Páramo
- Ricaurte

Los límites veredales se establecen por cursos de agua, por lo cual estas coinciden con las cuencas hidrográficas. El área urbana se encuentra en la vereda Resguardo, la cual lleva su nombre del resguardo indígena que existió en la región a finales del siglo XVI.

Coper pertenece a la cuenca del río Minero donde aporta varios afluentes.

Ríos

- Villamizar
- Guazo o Cantino
- Palenque
- Turtur

Quebradas

- Santa rosa
- Gasparón
- Colorada
- Palmichal
- Arenal
- La Loja
- De los Monos
- San Rafael
- Negra
- San Pedro
- Chorrera
- Cangrejera
- Chorrerón
- Ramal
- Agua Azul
- La Salina
- El Salto
- Sororí
- Zapotal
- Carbonera
- Subicha
- Chiripí
- Agua Fría

2.4.2 Maripí Boyacá

Maripí es un municipio colombiano ubicado en la provincia de Occidente en el departamento de Boyacá. Está situado a 41 km de la ciudad de Chiquinquirá, la capital de la provincia, y a 119 kilómetros de la ciudad de Tunja la capital del departamento. Hasta la década de 1990 su economía era de tipo agropecuario, pero desde entonces, se dio a conocer por el descubrimiento y explotación de yacimientos esmeraldíferos en su territorio (Alcaldía de Maripí, 2010).

2.4.2.1 Geografía de Maripí Boyacá

El municipio se encuentra ubicado en la ladera oeste de la cordillera Oriental, en su declinación por la cuenca del río Minero hacia el valle del río Magdalena, la topografía del territorio es de tipo quebrado, y lo atraviesan varias fallas geológicas, la altitud sobre el nivel

del mar, oscila entre 425 m s. n. m. al extremo occidental del municipio en la vereda Zulia, hasta los 3070msnm en el cerro Yanacá ubicado en la vereda Sabaneta.

Limita por el norte con el municipio de Pauna, al sur con los municipios de Buenavista y Coper, al occidente con San Pablo de Borbur y Muzo, al oriente con el municipio de Caldas.

El municipio posee 9 veredas:

- Centro
- Guayabal
- Guazo
- La Carrera
- Maripí Viejo
- Palmar
- Sabaneta
- Santa Rosa (inspección)
- Zulia (inspección)

Las veredas de Zulia y Santa Rosa funcionan como inspecciones de policía y ambas poseen un caserío, contando cada uno con un parque, escuela, colegio de educación secundaria y puesto de salud.

Al sur del territorio está surcado por el río Cantino que toma el nombre de Guazo, luego de encontrarse con el río Villamizar y el río Minero. Las quebradas que sobresalen son El Salitre, El Ramal, Upane, El Salto, Santarosa, Dos quebradas, La Yanacá y La Piache en límites con Pauna.

2.4.3 Muzo Boyacá

Muzo (conocido como "capital mundial de la esmeralda") es un municipio colombiano, localizado en la provincia de occidente del departamento de Boyacá. El municipio es conocido por sus yacimientos esmeraldíferos. Se encuentra a 170 km de Tunja la capital del departamento y a 90 km de Chiquinquirá la capital de la provincia.

2.4.3.1 Geografía de Muzo Boyacá

El municipio de Muzo pertenece a la provincia de occidente del Departamento de Boyacá, en las estribaciones de la cordillera oriental, presenta una temperatura media de 26 °C y de una precipitación media anual de 3.152.

Limita por el norte con los municipios de Otanche y San Pablo de Borbur, por el oriente con los municipios de Maripí y Coper, por el occidente con Quípama y por el sur con el departamento de Cundinamarca:

Veredas: El municipio de Muzo cuenta con las siguientes veredas:

- Betania
- Cuacua
- Cuincha
- Egidos
- Guadualón
- Guazo
- Isabi
- La Cañada
- Misucha
- Niauza
- Paunita
- Pedregal
- Sabripa
- Surata
- Tablón
- Verdún

Tabla 2 Datos legales de los municipios

Municipio	NIT	Código DANE	Estado PBA
Coper	891801363-9	15212	Suspendida
Maripí	800024789-8	15442	Suspendida
Muzo	800.077.808-7	15480	Inexistente

Fuente: Planeación municipal, 2012.

La Tabla 2 muestra la información legal de los municipios en cuanto a su NIT, código perteneciente al registro del DANE y el estado de la planta de beneficio animal de cada uno de ellos.

Tabla 3. *Distribución de los municipios por división territorial y área de residencia.*

Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje
Coper	31 KM ²	15,5	169 KM ²	84,5	202 KM ²	100%
Muzo	45 KM ²	28	102 KM ²	72	147 KM ²	100%
Maripí	42 KM ²	29	110 KM ²	71	152 KM ²	100%

Fuente: Planeación municipal, 2012.

La Tabla 3 nos muestra la extensión territorial de los tres municipios relacionados en este proyecto, inicialmente se expone la extensión urbana que por ejemplo para el municipio de Coper es de 31 Km² lo equivalente al 15,5% de la extensión total, posteriormente muestra la extensión rural que para el mismo ejemplo es de 169 Km² lo equivalente al 84,5% de la extensión total y finalmente suma estos valores para obtener la extensión total.

2.5 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

Durante los últimos 20 años, las plantas de beneficio animal han pasado legalmente por un proceso riguroso que se ha encargado de estandarizar y fijar parámetros para su mejoramiento y aceptación por parte del ministerio de salud y protección social y muchas otras entidades. A continuación, se presentarán las normas más importantes.

2.5.1 Normas adicionales de cumplimiento para las PBA

El marco legal es la representación de todo ese conjunto de leyes, decretos y resoluciones que tiene como fin salvaguardar la salud pública del país, obteniendo como resultados productos de excelente calidad sanitaria. En la siguiente Tabla 4, podremos encontrar las normas generales en plantas de beneficio animal.

Tabla 4 Normas generales en plantas de beneficio animal

NORMA	OBJETO
Resolución 0631 del 2015	“Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.”
RAS, 2000 Título E.	“Título E (Sistemas de tratamiento de aguas residuales) Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”
Resolución 240 del 2013	Establece los procedimientos, formatos y documentos requeridos para la presentación de los estudios ambientales y planes de manejo ambiental.
Resolución 1256 del 2021	Permite reúso de aguas residuales para zonas de escasez del líquido y a la que podrán aplicar las empresas de acueducto y otros usuarios del recurso hídrico.
NTC 1500 del 2007	De gran importancia al momento de realizar instalaciones hidráulicas y sanitarias en sus proyectos de construcción de edificaciones con fines residenciales, industriales y comerciales en Colombia.
Decreto 539 del 2014	Por el cual se expide el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los importadores y exportadores de alimentos para el consumo humano, materias primas e insumos para alimentos destinados al consumo humano.
Resolución 0330 del 2017	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009”

2.5.2 Requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio animal de las especies bovinas, bufalinas y porcinas – Resolución 240 de enero de 2013.

Esta norma es fundamental para aquellas PBA que no han cumplido completamente lo establecido en el Decreto 1500 de 2007. En la siguiente tabla se presentan los numerales más importantes para su implementación.

Tabla 5 Principales artículos de la Resolución 240 del 31 de enero de 2013

ART.	OBJETO	DESCRIPCIÓN
1	La presente resolución tiene por objeto establecer el reglamento técnico a través del cual se señalan los requisitos sanitarios que deben cumplir las plantas de beneficio animal de las especies bovina, bufalina y porcina.	-Requisitos sanitarios -Especificaciones de sacrificio bovino, bufalino y porcino.
4	Estándares de ejecución sanitaria. Las plantas de beneficio animal de categoría nacional deben cumplir condiciones de infraestructura y funcionamiento alrededor y dentro de la planta	-Localización, accesos -Diseño y construcción -Sistemas de drenajes -Ventilación Iluminación -Instalaciones sanitarias -Control integrado de plagas.
11	Control integrado de plagas	Toda planta de beneficio animal de categoría nacional debe establecer e implementar un programa permanente para prevenir la presencia, el refugio y la cría de plagas, con enfoque de control integral.

ART.	OBJETO	DESCRIPCIÓN
12	Manejo de residuos líquidos y sólidos	<p>Para el manejo de los residuos generados en los procesos internos, todos los establecimientos deben contar con instalaciones, elementos, áreas y procedimientos tanto escritos como implementados que garanticen una eficiente labor de separación, recolección, conducción y transporte interno.</p>
13	Calidad del agua	<p>Para su funcionamiento, las plantas de beneficio animal de categoría nacional deben garantizar el suministro de agua y las condiciones para almacenar, monitorear, mantener la calidad del agua, temperatura, presión y distribución hacia todas las áreas.</p>
14	Personal manipulador	<p>Todas las personas que trabajan en contacto directo con los animales, la carne, productos cárnicos comestibles, las superficies en contacto con los productos y los materiales de empaque</p>

ART.	OBJETO	DESCRIPCIÓN
21	Área de corrales	Disponer de corrales independientes de recepción, sacrificio y observación, los cuales deben estar identificados, numerados y contar con plataformas elevadas de observación su capacidad debe estar de acuerdo con el volumen de sacrificio
22	Sala de sacrificio y faenamiento	Sala de sacrificio y faenamiento corresponde al área principal del proceso y debo contar con dos áreas denominadas a) área de insensibilización, sangría e intermedia o de procesamiento, y b) área de terminación y salida
27	Área de acondicionamiento de la canal	La ubicación, diseño y dimensiones de las instalaciones deben estar acorde con el volumen de animales beneficiados y evitar la contaminación cruzada durante las operaciones, diseño y construcción de las instalaciones y equipos debe permitir el desarrollo de las actividades de inspección.

ART.	OBJETO	DESCRIPCIÓN
29	Área de desposte	Las plantas de desposte deben contar con una separación física entre las actividades de deshuese, corte, empaque primario y la cavidad de empaque secundario o embalaje
35	Implementación de los procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES)	Cada establecimiento deberá recurrir a métodos directos o muestreo para la verificación microbiológica de los POES
38	Registros	Todo establecimiento mantendrá registros diarios suficientes para documentar la implementación, la supervisión y toda acción correctiva que se tome
41	Inspección ante-mortem	Seleccionar para el beneficio, animales sanos y descansados, para garantizar que la carne destinada al consumo humano sea inocua, saludable y organoléptica apta.
52	Inspección Post-Mortem	Desarrollar las acciones de inspección de modo sistemático con el objeto de asegurar que la carne, productos cárnicos comestibles y sangre destinados para el consumo humano sean inocuos y saludables

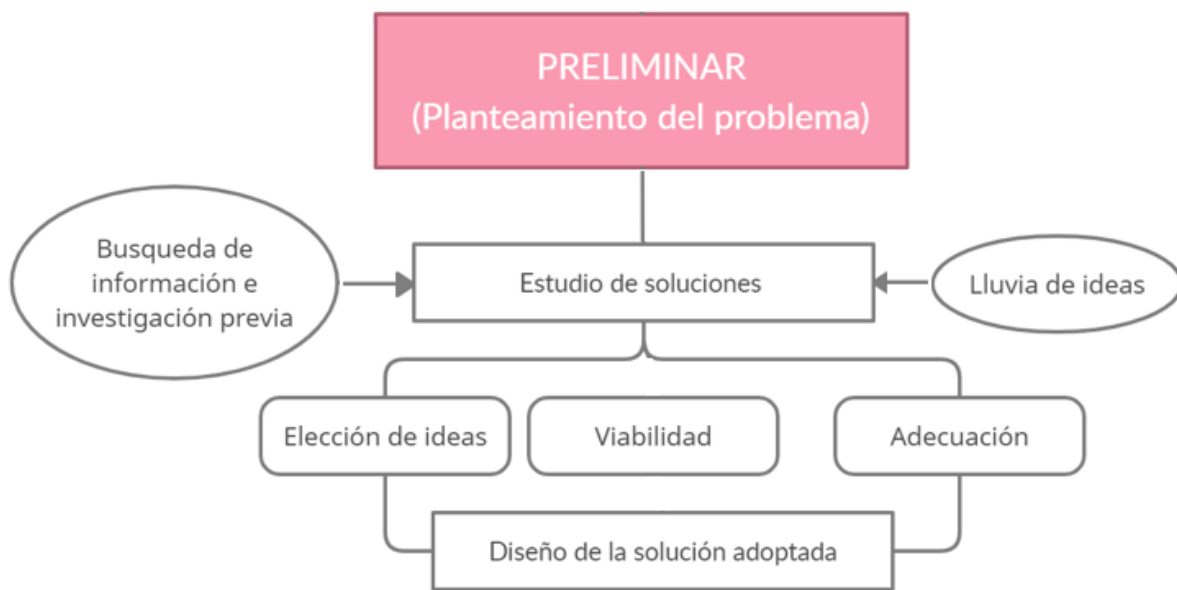
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3. DISEÑO METODOLÓGICO

De acuerdo con el planteamiento de los objetivos se desarrollarán 3 momentos que se conformarán por diferentes actividades o fases: el primero se conforma por la fase donde se definen alternativas de diseño de plantas de beneficio animal, mediante un estudio del entorno y un proceso de jerarquía analítica. Como segundo momento se establecen los requisitos ambientales y legales que se deben tener en cuenta para la construcción de una planta de beneficio animal o reapertura, en esta fase limitamos los parámetros a los que debe regirse de acuerdo a su categoría en la escala del DANE y las exigencias ambientales. Luego de superar el segundo momento, llegamos a la fase donde nuestro principal enfoque es formular un prototipo para el tratamiento de los residuos líquidos generados, que se ajuste a las condiciones de diseño, presupuestos y necesidades del municipio teniendo en cuenta las características, ventajas y desventajas que cada sistema de tratamiento de aguas residuales nos ofrece.

A continuación, se mostrará a detalle el diagrama de flujo detallado de los 3 momentos mencionados anteriormente:

Figura 2. Primer momento del diseño metodológico



Fuente: Autora.

En esta fase es importante contar con datos reales y hacer evidente que existe una necesidad específica, por ello en la Figura 3, podemos observar el aumento de plantas cerradas por el decreto 1500 desde el año 2016 hasta julio de 2021 (última actualización de la gráfica) de acuerdo a la información otorgada por el INVIMA:

Figura 3. *Plantas cerradas desde el año 2016 por decreto 1500 de 2007*



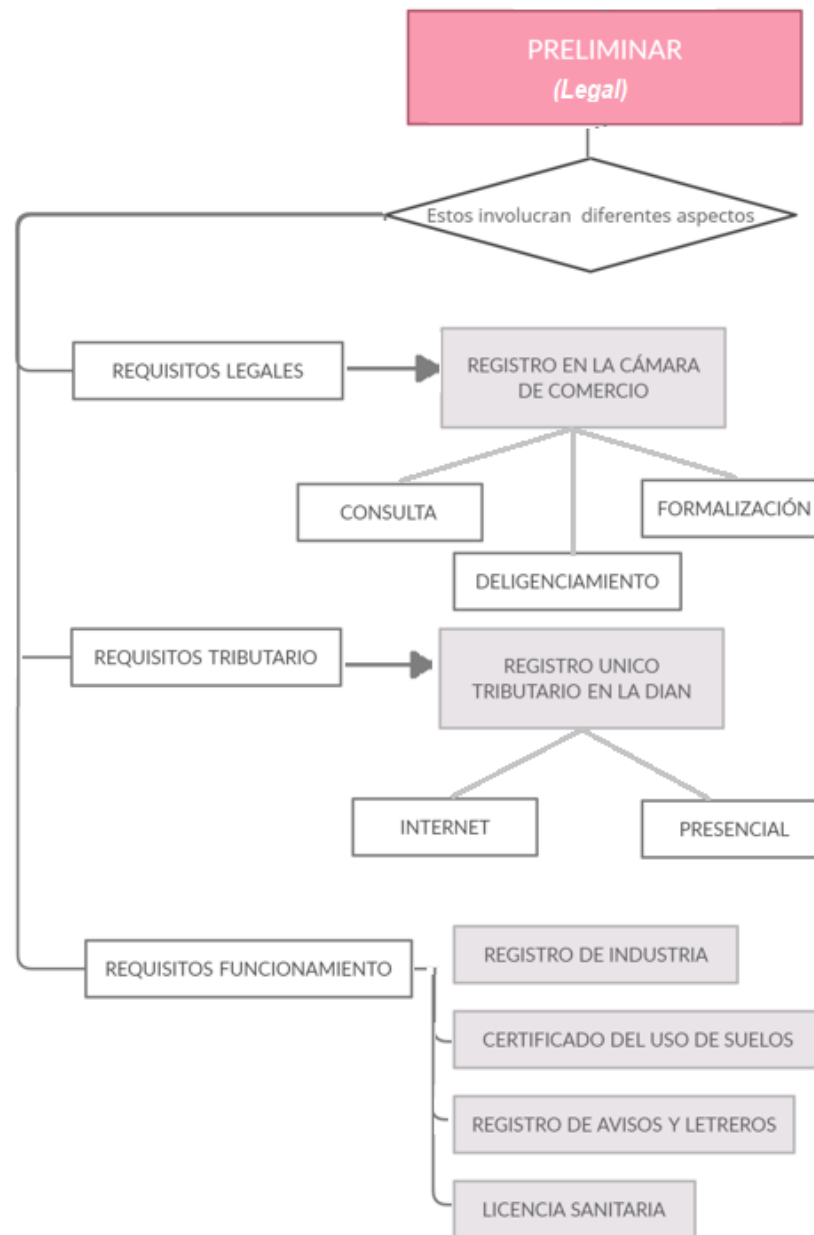
Fuente: INVIMA, Julio 2021.

Este decreto produjo el cierre de una gran cantidad de plantas a nivel nacional, ya que en términos de salubridad y cuidado ambiental se estaba dejando a un lado.

Si consideramos que a la fecha en Colombia para beneficio animal bovino y bovino/porcino existen en total 418 plantas registradas, y de ellas 155 se encuentran cerradas, podemos tener certeza de que el 38% de las PBA se encuentran en desuso según la información registrada en el Ministerio de Salud y Protección Social.

La relación de las plantas clausuradas se encuentra relacionada a detalle en el Anexo 2 con la especificación de la especie que manejan y el tipo de autorización a la que se rigen.

Figura 4. Segundo momento del diseño metodológico



Fuente: Autora.

La Figura 4 muestra el proceso legal que debe llevarse a cabo para la construcción y constitución de una planta de beneficio animal. Los requisitos que se deben cumplir son legales, tributarios y de funcionamiento, las licencias, registros y certificados que deben tenerse en regla se encuentran especificados en la figura.

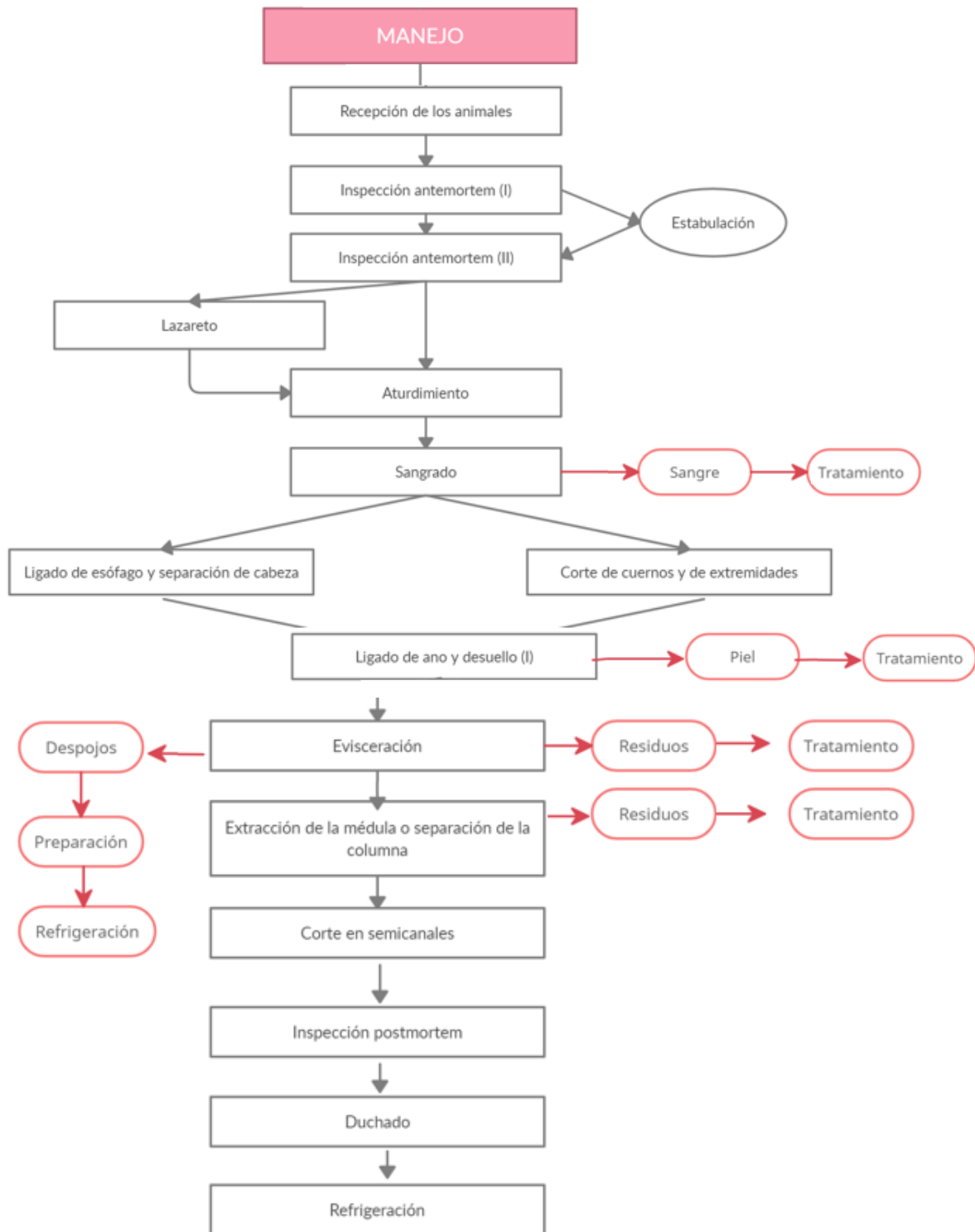
Figura 5. Fase constructiva de una planta de beneficio animal



Fuente: Autora.

Algunas de las actividades registradas en la Figura 5 no están directamente relacionadas con los objetivos de este documento, pero es indispensable no desconocer su obligatoriedad para procesos de creación y ejecución. La construcción que se plantea en la Figura 5 se refiere a los aspectos técnicos y de equipos especializados.

Figura 6. Tercer momento del diseño metodológico



Fuente: Autora.

La Figura 6 nos muestra el tercer momento, en él está involucrada la parte productiva de la planta, a partir de ahí empieza el proceso que involucra la producción de los desechos que se tratarán en el sistema de tratamiento de aguas residuales con el propósito de hacer un vertimiento de agua en mejores condiciones a la fuente hídrica que recibe las aguas usadas de la planta. No obstante, los tres momentos expuestos nos permiten obtener información y aportes significativos para alcanzar los objetivos planteados.

CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO

A continuación, se encuentra la información base para el desarrollo metodológico del proyecto. En esta etapa se consideran factores como razas, porcentaje de sangre generada por animal, diseño de la planta existente; y también se definen criterios como caudal de diseño, sistema de tratamiento de aguas para la PBA, análisis de impacto ambiental, entre otras cosas.

4.1.1 Razas

Para el desarrollo de este proyecto contamos con ganado bovino. Debido a las condiciones ambientales de Coper, la raza que predomina es la Cebú Brahman, su peso promedio en la edad adulta (momento en el que el animal está listo para el sacrificio) oscila entre los 600 y 800 kg, motivo por el cual se decidió tomar un promedio de 700kg como peso de los bovinos que se sacrifican en la PBA.

4.1.2 Cantidad de agua empleada en el sacrificio

El volumen de agua utilizado en el sacrificio de una res varía dependiendo de varios factores, como el método de sacrificio utilizado, la cantidad de animales a sacrificar y la infraestructura de la planta de beneficio animal.

Según Veall, en un matadero se necesitan de 1000 a 1200 litros de agua por res procesada y en una instalación de elaboración de subproductos hasta el doble de esta cantidad. Estas

cifras serían aún mayores si se necesitaran unos locales anormalmente grandes para mantener el ganado y para servicios auxiliares. Muchas autoridades exigen un almacenamiento de agua “en el lugar” para el consumo normal de un día. Además, es importante señalar que algunas plantas de beneficio animal han implementado prácticas de conservación del agua y de gestión eficiente de los recursos hídricos para reducir su consumo y minimizar el impacto ambiental (Universidad Nacional de Colombia, 2017).

Con base en esta información se asumió que el promedio de agua necesaria para hacer el sacrificio por animal está en 1100L/res. De igual forma se debe tener en cuenta que el agua residual está entre el 80 y 90% del agua consumida.

4.1.3 Cantidad de sangre generada en la PBA

El porcentaje de sangre puede variar según el método de medición utilizado. Por ejemplo, algunos estudios han utilizado el método de "sangrado en seco" para medir el peso de la sangre, que consiste en desangrar completamente el animal y luego pesar el residuo seco. Otros estudios han utilizado métodos menos invasivos, como la medición del volumen de sangre recolectado durante el sacrificio del animal, el desangrado normalmente dura seis minutos, y la cantidad media de sangre por bovino es de 10 a 12 litros (Veall, 2007).

Es importante destacar que el peso de la sangre es un factor crítico en el proceso de sacrificio y despiece de la res, ya que su manejo y disposición adecuados son esenciales para garantizar la calidad e inocuidad de la carne y minimizar el impacto ambiental del proceso.

4.1.4 Estimación de caudal de diseño

La proyección de crecimiento de la planta y el impacto social que se espera que tenga en Coper y los municipios vecinos, se estimó que en la PBA se sacrificarán en promedio 50 reses/semana, lo equivalente a 200 reses/mes y 2400 reses/año.

Con la información anterior es posible fijar un caudal de diseño para emplearlo como punto de partida para el diseño del sistema de tratamiento de la PBA.

Para los cálculos es necesario conocer la cantidad de reses sacrificadas diariamente y la cantidad de agua empleada en cada sacrificio, como esta información ya es conocida se procede a estimar el caudal.

- **Cantidad de agua empleada por res: 1100L**
- **Cantidad de sangre que pierde cada res: 12L**
- **Cantidad de reses sacrificadas mensualmente: 200**

CAUDAL USADO PARA SACRIFICIO DE RESES

$$Q_{usado} = 1112l * 200 \frac{res}{mes} = 222400 l - \frac{res}{mes} = 222,4 m^3$$

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL GENERADO

$$Q_{residual} = 222400l - \frac{RES}{MES} * 0.85 = 189040 l - \frac{res}{mes} = 189,04 m^3$$

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL GENERADO DIA

$$Q_{día} = \frac{\left(189040 l \frac{res}{mes}\right)}{30 días} = 5.9512l - \frac{res}{día} = 0,0059512m^3$$

De lo anterior obtuvimos el caudal que emplearemos en el diseño del sistema de tratamiento que necesita la PBA.

4.1.5 Sistemas de tratamiento para residuos líquidos de PBA

4.1.5.1 UASB (Reactor Anaerobio de Cama de Lodos y Flujo Ascendente)

Un UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) es un tipo de reactor anaerobio de flujo ascendente que se utiliza para el tratamiento de aguas residuales y la producción de biogás. El UASB se compone de una estructura cilíndrica vertical, donde el agua residual entra por la parte inferior y fluye hacia arriba a través de una manta de lodos que contiene microorganismos anaerobios. Estos se modificaron en la materia orgánica presente en el agua residual en biogás, que es una mezcla de metano y dióxido de carbono.

El UASB se utiliza normalmente en tratamiento de aguas residuales para reducir la carga orgánica y la contaminación de plantas de tratamiento de aguas residuales de gran cabida y en plantas de beneficio animal entre otras. También puede ser utilizado en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos, como lodos de estiércol, residuos de alimentos, entre otros. El biogás producido puede ser utilizado como fuente de energía renovable para generar electricidad, calor o combustible para vehículos.

- **VENTAJAS:**

Este tipo de sistema requiere de una baja inversión, poco espacio, su construcción no es compleja y son bajos sus costos de operación y mantenimiento, producción de lodos fácilmente drenables hasta de 30 a 40% por lo que los costos de tratamiento y transporte de estos son relativamente bajos, los lodos anaerobios adaptados pueden mantenerse sin alimentación por largos tiempos por lo que el proceso resulta muy adecuado para las industrias que trabajan de forma cíclica, se puede aplicar altas cargas hidráulicas y orgánicas dando eficiencias aceptables, el biogás producido puede en ciertos casos ser un subproducto energético valioso, además “es el único proceso anaerobio que remueve nitrógeno, no necesita mezcla artificial ni tanques independientes de sedimentación” Logran eficiencias de remoción comprendidas entre el 60 y 80% de la DQO y la DBO en función de la concentración inicial del agua residual, pero no llegan a eficiencias de remoción superiores al

82%, por lo que si se desea deben ser complementados por sistemas aerobios tradicionales como lodos activados, filtros percoladores o lagunas (Caicedo, 2006).

- **DESVENTAJAS**

En ocasiones este tipo de sistema presenta malos olores, con lo cual se hace necesario de otro sistema de control, su eficacia de remoción de contaminantes es más baja que los procesos aerobios, además el comienzo del proceso resulta lento, necesitando de un periodo de 8 a 12 semanas, también presenta una reducción de bacterias patógenas relativamente bajas; y como todo proceso biológico, es sensible a la temperatura del agua residual (inferior a 16 °C) y a cambios bruscos de pH fuera del intervalo de 6.5 a 7.5.

4.1.5.2 Digestión anaerobia de lodos

La digestión anaerobia de lodos es un proceso comúnmente utilizado en la gestión de aguas residuales y consiste en la descomposición de la materia orgánica presente en los lodos en ausencia de oxígeno. Según la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), este proceso permite la reducción de los volúmenes de los lodos y la producción de biogás, que puede ser utilizado como fuente de energía renovable (AEAS, 2017).

Durante la digestión anaerobia, los microorganismos presentes en los lodos descomponen la materia orgánica en biogás y otros productos estables. Este proceso se lleva a cabo en tanques cerrados llamados digestores anaerobios, que controlan cuidadosamente las condiciones ambientales para optimizar el proceso de digestión (AEAS, 2017).

La principal diferencia entre la digestión anaerobia de lodos y un reactor UASB radica en su aplicación. La digestión anaerobia de lodos se utiliza específicamente para el tratamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, mientras que un reactor UASB se emplea para el tratamiento directo del agua residual. El reactor UASB se utiliza principalmente en aplicaciones de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, donde se busca la eliminación de materia orgánica y la generación de biogás como beneficios adicionales.

- **VENTAJAS**

Los costos operacionales de este sistema de tratamiento son relativamente bajos si el metano es utilizado, genera buena reducción de patógenos, tiene reducción de la masa total de lodos, además presenta una amplia aplicabilidad.

- **DESVENTAJAS**

Tarda mucho tiempo en recuperarse si ocurre algún problema, requiere de un alto costo de inversión, su limpieza es difícil y el digester de baja tasa tiende a formar espumas y puede generar malos olores.

4.1.5.3 Modelo PTAR (Adaptación)

Este modelo se considera una adaptación del modelo original de una PTAR que se adapte a las necesidades de la PBA. Para su funcionamiento, este sistema cuenta con diferentes etapas: Trampa de grasas (Rejilla de retención de sólidos), sedimentador, filtro anaerobio, desinfección.

- **VENTAJAS**

-Cumplimiento de normativas ambientales: Las PTAR a escala están diseñadas para cumplir con las normativas ambientales que regulan el vertido de aguas residuales, lo que asegura el cumplimiento de los requisitos legales y minimiza el impacto ambiental de la actividad.

-Reducción de la carga contaminante: Las PTAR a escala permiten la eliminación de contaminantes presentes en las aguas residuales, lo que reduce la carga contaminante de la actividad y disminuye el impacto ambiental.

-Recuperación de recursos: Las PTAR a escala permiten la recuperación de recursos valiosos como el agua y los nutrientes, lo que puede reducir los costos de la actividad y promover la economía circular.

-Versatilidad: Las PTAR a escala pueden ser adaptadas a las necesidades específicas de la actividad, lo que permite la optimización del proceso de tratamiento y la maximización de los resultados.

- **DESVENTAJAS**

Una de las desventajas principales del uso de una PTAR a escala como sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta de beneficio animal es el costo inicial elevado. Además, se requiere de un mantenimiento y operación adecuados para garantizar el correcto funcionamiento de la PTAR a escala, lo que puede requerir un personal capacitado y aumentar los costos operativos. Otro factor a considerar es que las PTAR a escala pueden tener limitaciones en cuanto a su capacidad de tratamiento, lo que puede ser un problema para empresas que producen grandes cantidades de aguas residuales. Asimismo, las PTAR a escala pueden requerir de un espacio significativo para su instalación, lo que puede ser una limitación en caso de empresas con limitaciones de espacio. Finalmente, el proceso de tratamiento de aguas residuales puede generar malos olores, lo que puede ser un factor a considerar en caso de que la PTAR a escala se encuentre cerca de zonas habitadas.

4.1.5.4 Lagunas Anaerobias

Un sistema de lagunas anaerobias es un método de tratamiento de aguas residuales que se basa en la utilización de lagunas o estanques de almacenamiento y tratamiento de aguas residuales en ausencia de oxígeno. En este tipo de sistema, los microorganismos presentes en las aguas residuales descomponen los contaminantes orgánicos en un ambiente sin oxígeno, lo que se conoce como proceso de digestión anaerobia.

Este tipo de sistema puede incluir una o varias lagunas, y su diseño puede variar dependiendo del caudal de agua que se pretenda tratar, la calidad del agua residual y otros factores. En general, un sistema de lagunas anaerobias puede ser más sencillo y económico que otros sistemas de tratamiento de aguas residuales, y puede ser una buena opción para zonas rurales o comunidades pequeñas.

- **VENTAJAS**

El costo de construcción, operación y mantenimiento de un sistema de lagunas anaerobias puede ser significativamente menor que otros sistemas de tratamiento de aguas residuales, lo que lo hace una buena opción para zonas rurales o comunidades pequeñas con recursos limitados. Los sistemas de lagunas anaerobias no requieren de equipos mecánicos complejos para su operación, lo que los hace más fáciles de operar y mantener que otros sistemas de tratamiento.

Bajo consumo de energía: Al no requerir de equipos mecánicos complejos, el consumo de energía de un sistema de lagunas anaerobias es significativamente menor que otros sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento de aguas residuales de baja carga: Los sistemas de lagunas anaerobias son especialmente adecuados para el tratamiento de aguas residuales de baja carga, como las generadas por pequeñas comunidades o explotaciones ganaderas.

Bajo riesgo ambiental: Los sistemas de lagunas anaerobias no generan lodos tóxicos ni gases dañinos para el medio ambiente, lo que los hace una opción más segura y amigable con el medio ambiente.

- **DESVENTAJAS**

Requiere de un gran espacio: Los sistemas de lagunas anaerobias requieren de un gran espacio para su construcción, lo que puede limitar su implementación en áreas urbanas o con limitaciones de espacio.

-Limitaciones en la calidad del agua tratada: Los sistemas de lagunas anaerobias no son capaces de tratar todas las contaminaciones presentes en las aguas residuales, lo que puede resultar en una calidad de agua tratada inferior a otros sistemas de tratamiento.

-Limitaciones en climas fríos: El proceso de digestión anaerobia en las lagunas puede verse afectado por bajas temperaturas, lo que puede disminuir la eficiencia del sistema de tratamiento en climas fríos.

-Problemas de olores: Durante el proceso de tratamiento, pueden generarse olores desagradables que pueden afectar la calidad de vida de las personas que viven cerca del sistema de tratamiento.

-Costos de mantenimiento: Si bien los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de lagunas anaerobias pueden ser menores que otros sistemas de tratamiento, se requiere de un mantenimiento adecuado para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema.

4.1.5.5 AnMBR (Bioreactor Anaerobio De Membrana)

Un AnMBR (Bioreactor Anaerobio de Membrana) es un sistema de tratamiento de aguas residuales que combina un proceso de digestión anaerobia con una tecnología de membranas de ultrafiltración (Fernanda & Montero, 2014)

- **VENTAJAS**

Este tipo de sistema requiere de un mantenimiento mínimo, de igual forma permite un fácil acceso a las membranas en cualquier operación de mantenimientos, es de alta eficiencia y puede operar a altas cargas volumétricas y “ a temperaturas termofílicas (45 a 60°C, obteniendo una mejor remoción de la carga orgánica, incremento en la producción de biogás y la reducción en la producción de lodos), esto gracias a que la barrera de membranas sumergidas supera los problemas operativos más comunes con estas temperaturas (pérdida de biomasa y operación inestable) (ADI SYSTEMS INC, 2014).

- **DESVENTAJAS**

El sistema AnMBR (Bioreactor Anaerobio de Membrana) presenta algunas desventajas, como un costo inicial elevado, requerimientos energéticos significativos, acumulación de sólidos en las membranas, sensibilidad a ciertos compuestos y limitaciones en la capacidad de tratamiento debido a la alta carga orgánica (Kumar & Lin, 2015). La acumulación de sólidos puede reducir la eficiencia de la eliminación de contaminantes y requerir limpiezas frecuentes de las membranas, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Además, algunos compuestos presentes en el agua residual, como los metales pesados, pueden afectar negativamente la eficiencia del AnMBR (Kumar & Lin, 2015).

4.1.5.6 Reactor Anaerobio de Contacto

Este reactor fue desarrollado para el tratamiento de aguas residuales con tiempos de retención más bajos y con edades de lodos prolongados, es un reactor de mezcla completa que luego de pasar por un decantador, separa líquidos y sólidos permitiendo el reciclado de una parte de la biomasa, la utilización de este sistema se ve condicionada para aguas con una alta tasa de carga orgánica ,para que sea posible la separación de microorganismos en fase líquido-sólido y la recirculación de una parte (IDEA, 2008).

- **VENTAJAS**

Bajo costo de construcción y operación, bajo requerimiento energético, producción de biogás, alta eficiencia en la eliminación de contaminantes y flexibilidad en su operación (Cadena, 2014).

- **DESVENTAJAS**

El RAC puede requerir un tiempo de retención hidráulico relativamente largo para lograr una eliminación completa de los contaminantes, lo que puede limitar su uso en ciertos casos. El RAC puede ser sensible a las sobrecargas de contaminantes, lo que puede provocar la muerte de los microorganismos y reducir la eficiencia del sistema. Produce lodos que requieren tratamiento adicional y disposición adecuada, lo que puede ser costoso y complicado. El proceso de tratamiento en el RAC puede generar olores desagradables, lo que puede ser un problema si el sistema está ubicado cerca de áreas pobladas (Alvarez-Hernández, A., Ruiz-Ordaz, N., & Caffarel-Méndez, S.,2017).

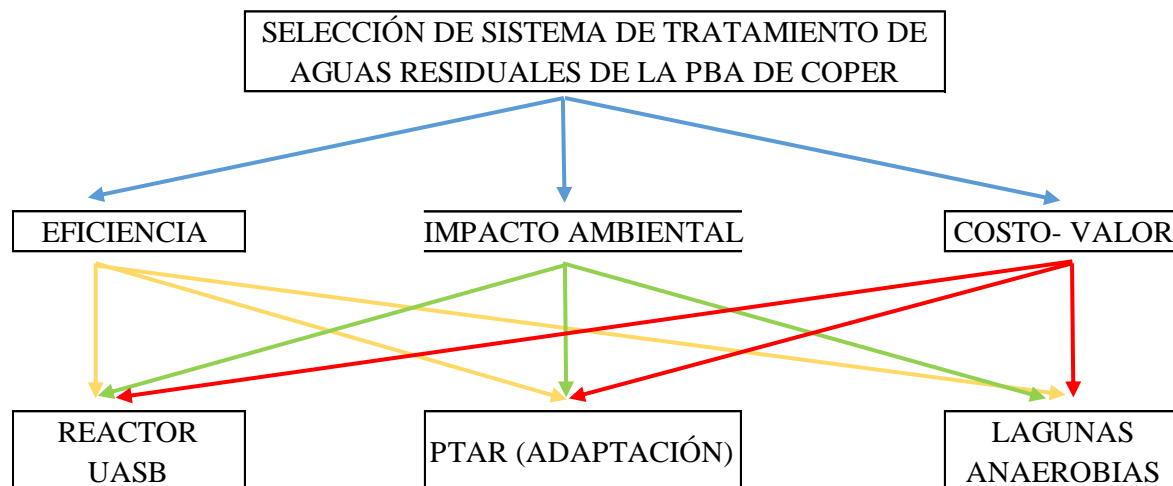
4.1.6 Sistema de selección por proceso de jerarquía analítica

En esta fase del proyecto se evaluaron los diferentes tipos de sistema de tratamiento y se preseleccionaron tres de ellos para posteriormente implementar un sistema de selección por proceso de jerarquía analítica. La particularidad de este sistema de selección es que nos permite evaluar aspectos puntuales de importancia para la planeación y ejecución del proyecto tales como la eficiencia, el impacto ambiental y el valor monetario. Estos tres aspectos pueden variar, pero se estimó que para este proyecto pueden ser los factores más importantes a tener en cuenta.

El sistema nos permite comparar y dar una calificación con valores numéricos a las alternativas de sistema y cotejar entre ellas sus resultados obteniendo finalmente una síntesis de todo el análisis que facilita la toma de decisiones.

A continuación se presenta el planteamiento inicial y los parámetros evaluativos.

Figura 7. Planteamiento del sistema de selección por proceso de jerarquía analítica



Fuente: Autora

En la Figura 7, se marca inicialmente el objetivo a desarrollar con la implementación del modelo, posteriormente encontramos los aspectos a tener en consideración para la selección de la mejor alternativa y finalmente encontramos los tres sistemas de tratamiento preseleccionados.

Con este planteamiento realizamos un análisis que evalúa para cada sistema los tres parámetros que decidimos poner en consideración tal y como lo muestran las flechas de color amarillo, verde y rojo.

Para los criterios de evaluación, el proceso de jerarquía analítica sugiere unos juicios verbales que se traducen a una escala numérica, esta, nos permite comparar mediante valores cuantitativos la caracterización de cada sistema de tratamiento.

En la Tabla 6, encontramos los juicios mencionados y el valor en escala numérica que cada uno de ellos posee.

Tabla 6. *Juicios verbales y escala numérica para la selección*

JUICIO VERBAL	ESCALA NUMÉRICA
Extremadamente preferida	9
Muy fuertemente a extremadamente	8
Muy fuertemente preferida	7
Fuertemente a muy fuertemente	6
Fuertemente preferida	5
Moderada a fuertemente preferida	4
Moderadamente preferida	3
Igual a moderadamente preferida	2
Igualmente preferida	1

Fuente: Autora

Teniendo conocimiento de lo mencionado hasta el momento, procedemos a realizar el proceso de síntesis de eficiencia, impacto ambiental y costos. Para ello, lo primero es puntuar en cada aspecto las alternativas presentadas. A continuación veremos la manera en la que se desarrolló el método aplicado a la efectividad de cada alternativa. Esto mismo se realizó con el impacto ambiental y costos.

Tabla 7. Puntuación de cada alternativa cuantitativamente

EFICIENCIA	REACTOR UASB	PTAR (ADAPTACIÓN)	LAGUNAS ANAEROBIAS
REACTOR UASB	1	3	5
PTAR (ADAPTACIÓN)	1/3	1	3
LAGUNAS ANAEROBIAS	1/5	1/3	1

Fuente: Autora

Los valores asignados deben sumarse en sentido vertical

Tabla 8. Suma de los valores para cada sistema

EFICIENCIA	REACTOR UASB	PTAR (ADAPTACIÓN)	LAGUNAS ANAEROBIAS
REACTOR UASB	1	3	5
PTAR (ADAPTACIÓN)	0.333333333	1	3
LAGUNAS ANAEROBIAS	0.2	0.333333333	1
	1.533333333	4.333333333	9

Fuente: Autora

El resultado de dichas sumatorias se emplea posteriormente para realizar una división. El valor que a cada casilla se le había asignado debe ser dividido en el resultado de la sumatoria como se muestra a continuación.

Tabla 9. División de cada elemento entre el valor total de la columna

EFICIENCIA	REACTOR UASB	PTAR (ADAPTACIÓN)	LAGUNAS ANAEROBIAS
REACTOR UASB	0.652173913	0.692307692	0.555555556
PTAR (ADAPTACIÓN)	0.217391304	0.230769231	0.333333333
LAGUNAS ANAEROBIAS	0.130434783	0.076923077	0.111111111
	1	1	1

Fuente: Autora

La comprobación de que el método se está desarrollando correctamente es que la sumatoria de estas divisiones debe darnos como resultado 1. Finalmente se calcula el promedio de los elementos en cada fila.

Tabla 10. Calculo del promedio en cada fila

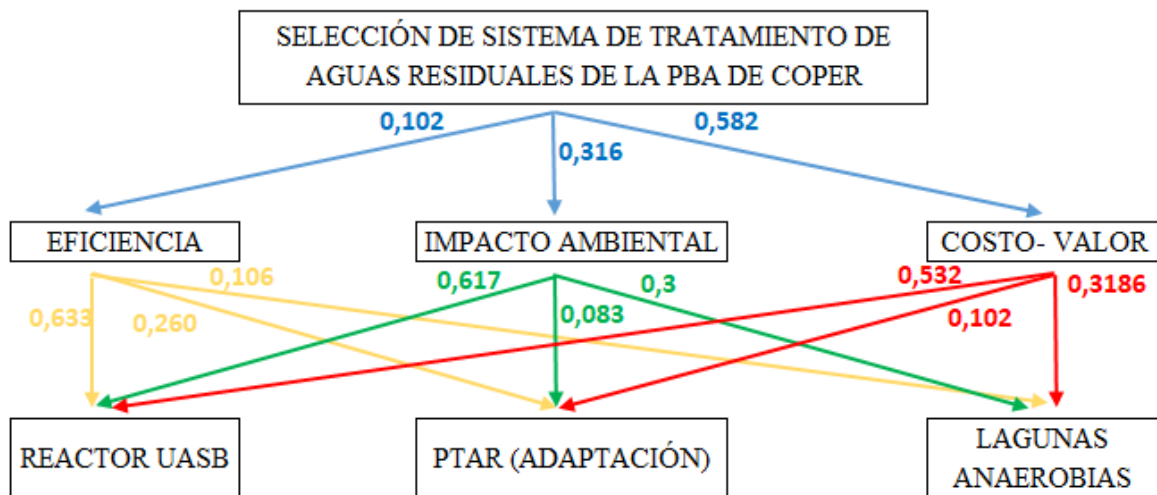
EFICIENCIA	REACTOR UASB	PTAR (ADAPTACIÓN)	LAGUNAS ANAEROBIAS	TOTAL FILA	PROMEDIO
REACTOR UASB	0.652173913	0.692307692	0.555555556	1.90003716	0.633
PTAR (ADAPTACIÓN)	0.217391304	0.230769231	0.333333333	0.78149387	0.260
LAGUNAS ANAEROBIAS	0.130434783	0.076923077	0.111111111	0.31846897	0.106
	1	1	1	3	1

Fuente: Autora

El mismo proceso que se realizó anteriormente se repite para el impacto ambiental, los costos y la síntesis final. El desarrollo de estos se presentará en la sección de anexos en la parte final de este documento. Acá mostraremos la interpretación de los resultados que nos brinda el sistema.

Luego de desarrollar el sistema de selección completo, obtuvimos lo que se presenta a continuación en la Figura 8. En ella se evidencia el valor numérico que tuvo cada alternativa en relación a las demás en cada uno de los aspectos que decidimos evaluar.

Figura 8. Gráfica de resultados del proceso de selección



Fuente: Autora

Como etapa final del proceso, se multiplican y se suman las calificaciones que cada sistema tuvo en los tres aspectos de comparación como se muestra a continuación.

$$\text{REACTOR UASB: } 0.102(0.633) + 0.316(0.617) + 0.582(0.532) = 0.569$$

$$\text{PTAR (ADAPTACIÓN): } 0.102(0.260) + 0.316(0.083) + 0.582(0.102) = 0.112$$

$$\text{LAGUNAS ANAEROBIAS: } 0.102(0.106) + 0.316(0.3) + 0.582(0.366) = 0.3186$$

El valor más alto nos representa la opción que en términos generales reúne más ventajas para su implementación. En este caso el sistema más adecuado en términos de eficiencia, impacto ambiental y costos es el Reactor UASB, ya que su calificación fue la más alta con un valor de 0.569. Esto significa que después de contemplar los pro y contra de diferentes alternativas, la parte metodológica desarrollada de acá en adelante se hará destinada a la

implementación de un reactor UASB como sistema de tratamiento del agua residual de la PBA.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA SELECCIONADO

En el numeral anterior, evidenciamos la selección del sistema más apto, teniendo como resultado que la alternativa a desarrollar será la implementación de un Reactor UASB. Para su diseño hidráulico necesitamos calcular algunos datos tales como: dimensiones, tiempo de retención, volumen del reactor, entre otros. A continuación encontramos la Tabla 11, en ella está el resumen de los valores obtenidos para su diseño teniendo como base la literatura y normativa vigente enfocándonos en los criterios del RAS 2000. Cabe aclarar que los valores que se presentan en esta tabla se realizaron de acuerdo a los parámetros que presenta el RAS 2000 y se encuentran desarrollados en el Anexo 3.

Tabla 11. *Información para el diseño del Reactor UASB*

DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR	
Tiempo de retención	7.98h
Velocidad de ascenso	0.0001m/s
Caudal	0.002187963 m ³ /s
Altura del reactor	5.00 m
Borde libre	0.40 m
Volumen del reactor	60.83 m ³
Diámetro del reactor	4.00 m
Radio del reactor	2.00 m
Área del reactor	12.57 m ²
DQO	5681 mg/L
Carga orgánica volumétrica	17.09 kg DQO/m ³ d
Flujo másico	1073.94 kgDQO/d

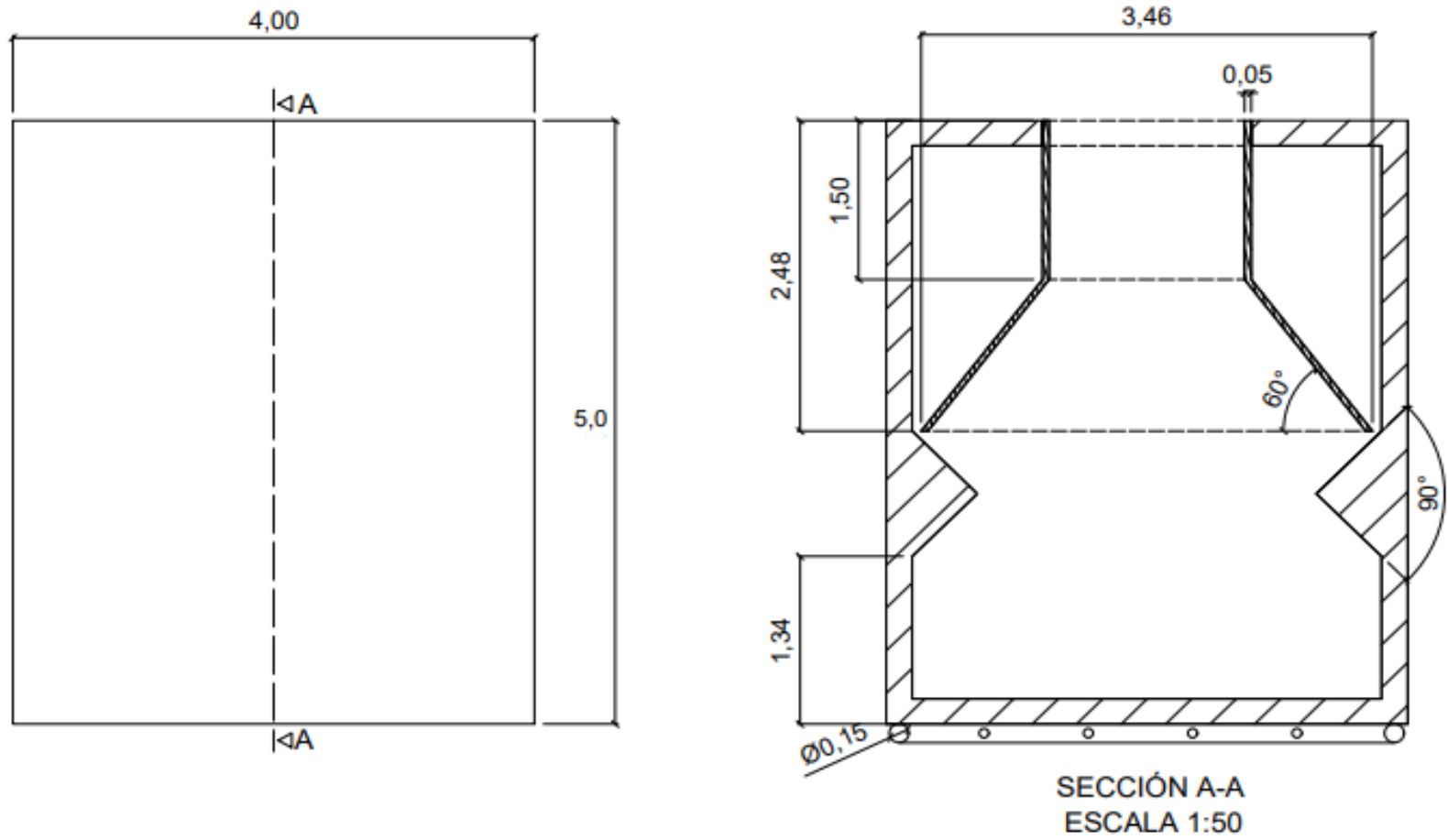
Carga hidráulica	0.63 m/h
DIMENSIONES DEL SEPARADOR GAS-SOLIDO-LÍQUIDO	
Ángulo de inclinación de la campana del separador	60 °
Velocidad de flujo en la campana	2.51 m/h
Área abertura del separador	3.14 m ²
Área sección transversal	9.42 m ²
Radio mayor de la campana	1.73 m
Ancho de la abertura	0.27 m
Ancho mínimo interno de la campana	1.5 m
Altura tope del separador	1.5 m
Altura de la campana	0.98 m
Traslapo	0.40 m
Ancho de los deflectores	0.669872981m
Longitud de los deflectores	1.34 m
Ángulo de inclinación de los deflectores	45 °

4.2.1 Diseño Del Reactor UASB

Teniendo los cálculos necesarios para el diseño, el siguiente paso es realizar el modelo físico, para ello nos apoyamos en la herramienta AutoCAD, de esta manera garantizamos un diseño más pulido y una vista más familiar.

En este diseño se enmarcan las dimensiones, colocaciones y áreas específicas del diseño.

Figura 9. Modelo físico del reactor UASB



Fuente: Autora

4.3 IMPACTOS DEL PROYECTO

4.3.1 Social

La sociedad se verá beneficiada por este proyecto, ya que la producción de ganado bovino para producción y consumo de carne aumentará junto con las oportunidades de los pequeños productores.

4.3.2 Económico

Teniendo en cuenta que los municipios vecinos no cuentan con una planta de beneficio animal, esta es una gran oportunidad para ser los únicos en la región y tener el ingreso proveniente de los municipios vecinos. Coper tendrá una fuente de ingreso adicional que hace que la inversión del proyecto se recupere rápidamente. También impulsará el empleo ya que los trabajadores que eran necesarios para la planta cuando solo se consideraban los sacrificios para abastecer a la comunidad copereña ahora no dan abasto y es necesario incluir más empleados en la planta.

4.3.3 Ambiente

Se evitará el sacrificio clandestino de ganado bovino. Si comparamos el daño ambiental que se genera con la construcción de la planta de beneficio animal vs el impacto ambiental que se genera con el sacrificio clandestino, podemos notar fácilmente que la planta genera menos contaminación y deterioro ambiental para la zona. Durante la fase constructiva se generarán diferentes tipos de residuos propios de las labores de ingeniería, por otra parte no se realizará mayor daño a los ecosistemas ni se presentará un cambio ambiental permanente. Por otro lado la opción que salió seleccionada en el proceso de jerarquía analítica no necesita un área de terreno extensa para poder construirse.

4.3.3.1 Matriz de Conesa

Como factor adicional al análisis ambiental se adoptó como mecanismo evaluativo la matriz de Conesa, esta nos ayuda a estimar la importancia del impacto durante diferentes etapas del proyecto. A continuación en la Tabla 12 encontramos el detalle de diferentes actividades con alto impacto ambiental que se realizarán con la implementación del Reactor UASB y en ella se evidencia su importancia discriminada.

Tabla 12. *Matriz de Conesa para la estimación del impacto ambiental*

	ITEM	ASPECTO BIÓTICO	ASPECTO ABIÓTICO	ASPECTO SOCIOECONÓMICO	IMPORTANCIA	TIPO DE IMPACTO
PLANEACIÓN	Evaluación de alternativas de sistemas	x	x	x	35	Amplio
	Evaluación de conveniencia regional		x	x	39	Amplio
	Determinación de localización	x	x	x	38	Amplio
DISEÑO	Diseño de planos	x	x		34	Amplio
	Área determinada para remoción vegetal	x	x		46	Amplio
	Selección de materiales	x	x	x	35	Amplio
CONSTRUCCIÓN	Remoción de capa vegetal	x	x	x	47	Amplio
	Traslado de equipos y materiales	x	x	x	35	Amplio
	Actividades constructivas	x	x	x	51	Severo
OPERACIÓN	Manejo de desechos tóxicos	x	x	x	51	Severo
	Consumo hídrico por desinfección de instalaciones		x	x	37	Amplio
	Consumo eléctrico de equipos	x		x	37	Amplio
MANTENIMIENTO	Mantenimiento de instalaciones y equipos		x	x	24	Severo
	Desinfección periódica	x	x	x	30	Amplio
	Monitoreo de residuos tóxicos	x	x	x	54	Severo






Fuente: Autora.

Haciendo un análisis de la Tabla 12, encontramos que no todas las actividades tienen impacto en los tres aspectos (bióticos, abióticos y socio-económico) y que la mayoría de ellas tienen un impacto moderado lo que representa resultados favorables para nuestra implementación. Por otro lado, vemos que uno de los aspectos evaluados tiene impacto irrelevante y que son solo dos actividades las que presentan un impacto severo.

La Tabla 12 nos muestra los impactos ambientales que se relacionan con el proyecto y refleja su resultado en diferentes colores. Para la comprensión de este criterio de evaluación se vincula la Tabla 13 a continuación, en ella están a detalle las categorías de importancia que maneja la matriz de Conesa, también relaciona un valor numérico para cada impacto de tal

manera que el análisis no sea solo cualitativo sino cuantitativo y por último encontramos el color que se asigna para cada impacto que se aplica en el proyecto.

Tabla13. *Criterios evaluativos de los impactos ambientales presentes en el proyecto*

CATEGORÍA DE IMPORTANCIA	VALOR NUMÉRICO	COLOR ASIGNADO IMPACTOS
IRRELEVANTE	< 25	
MODERADO	ENTRE 25 y 50	
SEVERO	Entre 51 y 75	
CRÍTICO	> 75	
POSITIVO	TODO VALOR	

Fuente: Autora

4.3.3.2 Plan de acción a los resultados de la matriz de Conesa

Teniendo en cuenta que algunos de los resultados que se obtuvieron con la Matriz de Conesa son de alto grado (Severo), se menciona a continuación la manera en la que la implementación de este proyecto soluciona o reduce algunos de los problemas existentes mediante:

Mitigar: Para mitigar los daños que actualmente se presentan en la PBA de Coper, se está evaluando qué tan factible es implementar un Reactor UASB para el manejo de los residuos líquidos que generan un gran impacto negativo.

Eliminar: Para poder eliminar la mayor actividad que está ocasionando daño ambiental es necesario dar un manejo a los residuos líquidos, por ello, así las actividades constructivas generen un daño ambiental severo, es necesario realizar la construcción del reactor, ya que incorporando un sistema de tratamiento de aguas residuales es la única manera de eliminar el problema base. Cabe aclarar que el daño que se genera durante la construcción no es permanente ni afecta ecosistemas en gran medida, por el contrario, abre la posibilidad de recuperar o mantener las especies acuáticas pertenecientes a la fuente hídrica donde se hacen los vertimientos.

Tratar: Como medida de tratamiento, el principal objetivo del reactor es hacer el tratamiento de residuos sólidos y separación de productos, como resultado de ello se obtienen lodos que se entregan a una empresa especializada en su tratamiento ya que su manejo es especial.

4.4 PRESUPUESTO

Tabla 14 Presupuesto fase de investigación

PRESUPUESTO DE INVESTIGACIÓN

OBRA:	PBA Coper - Boyacá	FECHA	nov-21		
ITEM:	Investigación PBA Coper	UNIDAD	Unidad		
1. MANO DE OBRA					
ROL	JORNADA	PERSONAS	TIEMPO	VAL UNITARIO	VAL TOTAL
Estudiante	Día	1	1 Semana	40000	\$ 200,000
SUBTOTAL					\$ 200,000
2. EQUIPOS, MATERIALES Y SERVICIOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	VAL UNITARIO
Internet	1	Semana	25000	1	\$ 25,000
Copias e impresiones	15	Unidad	100	15	\$ 1,500
SUBTOTAL					\$ 26,500
3. COSTOS DE TRASLADO					
MEDIO	MEDIDA DE COMPRA	CANTIDAD	RUTA	VAL UNITARIO	VAL TOTAL
Transporte público	Viaje	1	Tunja- Coper	50000	\$ 50,000
Transporte público	Viaje	1	Coper - Tunja	50000	\$ 50,000
SUBTOTAL					\$ 100,000
4. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN					
CONCEPTO	MEDIDA DE COMPRA	CANTIDAD DE COMPRA	TIEMPO	VAL UNITARIO	VAL TOTAL
Alimentación	Unidad	3	Días	8000	\$ 120,000
Hospedaje	Unidad	4	Noches	60000	\$ 240,000
SUBTOTAL					\$ 360,000
5. COSTOS DE IMPREVISTOS					
CONCEPTO	MEDIDA DE COMPRA	CANTIDAD	TIEMPO	VAL UNITARIO	VAL TOTAL
Accidente laboral	Global	1	-	200000	\$ 200,000
SUBTOTAL					\$ 200,000
VALOR TOTAL					\$ 886,500

Fuente: Autora

Como se nombra en el título de la Tabla 14, este presupuesto se adapta a la fase investigativa del proyecto y está sujeto a cambios relacionados con las características propias de cada municipio.

Tabla 15. Valores globales de fabricación

PRESUPUESTO CONSTRUCTIVO					
OBRA:	PBA Coper - Boyacá			FECHA	may-23
ITEM:	Construcción de Reactor UASB en la PBA Coper			UNIDAD	Unidad
1. PRELIMINARES					
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	VAL UNITARIO	VAL TOTAL	
CERRAMIENTO ALAMBRE DE PUAS No. 12	32	ml	\$ 41,312	\$ 1,321,985	
DESCAPOTE MANUAL (HASTA 20 CM)	16	M2	\$ 7,185	\$ 114,952	
EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN	62.83	m3	\$ 51,944	\$ 3,263,615	
			SUBTOTAL	\$ 4,700,552	
2. FABRICACIÓN DEL REACTOR					
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	VAL UNITARIO	VAL TOTAL	
CONCRETO 21 MPa - (3000 PSI) + FORMAleta	43	m3	\$ 1,487,158	\$ 63,204,229	
SUMINISTRO FIGURADA Y AMARRE DE ACERO 60000 PSI 420 MPa	40	Kg	\$ 7,002	\$ 278,334	
			SUBTOTAL	\$ 63,482,563	
3. COSTOS DE LICENCIAS AMBIENTALES					
Se estima dependiendo el valor monetario del proyecto de acuerdo a la resolución 1280 de 2010					
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	VAL UNITARIO	VAL TOTAL	
Licencia ambiental	1	Global	\$ 1,235,691	\$ 1,235,691	
Permiso de vertimientos	1	Global	\$ 617,691	\$ 617,691	
			SUBTOTAL	\$ 1,853,382	
4. IMPLEMENTOS DE SALUD PARA TRABAJADORES					
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	VAL UNITARIO	VAL TOTAL	
Kit EPPS	4	KIT	120000	\$ 480,000	
			SUBTOTAL	\$ 480,000	
			VALOR TOTAL	\$ 70,516,497	

Fuente: Autora

4.5 COSTEO PARA DETERMINAR LA INVERSIÓN EN UNA PLANTA DE BENEFICIO

Como este proyecto es pensado para municipios de quinta, sexta y séptima categoría, y se tiene en conocimiento que gran parte de ellos no cuenta con una planta de beneficio animal, se incluyó un pequeño resumen de lo que debe tenerse en cuenta para su creación. Esta guía incluye información para determinar los costos de su implementación, por el momento, este proyecto se encuentra en etapa investigativa, razón por la cual no se genera un cuadro de costos formal para la creación de plantas puesto que inicialmente fue pensado como un estudio de factibilidad para analizar los sistemas de tratamiento de agua residual que existen.

Partiendo desde ceros se deben tener en cuenta factores como:

1. El papel de las autoridades en la ejecución de la racionalización de las plantas: Es de suma importancia elegir una zona geográfica que no genere sobre costos de transporte, producción, distribución y comercialización del producto. Es así como es necesario establecer un factor que mida el desempeño municipal, para lo cual se utiliza este indicador obteniendo el porcentaje generado por el Departamento Nacional de Planeación.
2. Factores sociológicos, culturales y hábitos de consumo, resultado de un trabajo de campo de consultores que permitan establecer dicho parámetro.
3. Tendencia a la informalidad: Muestra el comportamiento de abastecimiento y la lógica de compra; es un factor subjetivo y corresponde a observaciones de un consultor sobre el estado del sitio de beneficio y faenado, si existen planchones en el municipio en donde se desarrollen estas actividades.
4. Seguridad alimentaria y mercado: Es el porcentaje de la población de un municipio frente a la población total desabastecida en la zona.
5. Producción de ganado para beneficio: Dicho inventario bovino se mide por número de reses.
6. Gestión Ambiental empresarial: Contiene la oferta hídrica, es decir, los ríos o presas que pueden abastecer la nueva planta, el uso de suelos o hectáreas destinadas a la actividad ganadera.

7. Costos en mercados de destino y formación de precio: Se mide el cubrimiento de la oferta, que se calcula como la proporción de reses que en condiciones actuales puede beneficiar la planta en su máximo uso. De igual forma, el cubrimiento de la demanda se mide como la proporción de reses que requiere la población humana total desabastecida por municipio frente al consumo total de la zona, que a su vez es entendido como techo en la herramienta de decisión.

8. Articulación de los sistemas y herramientas de gestión en la planta de beneficio racional: Se asume que todas las nuevas plantas deben cumplir con la normatividad actual.

9. Características específicas de la Planta Racional y su conformación frente al mercado regional y nacional: Es la conectividad del municipio con el mercado local crítico. Su techo tradicional está dado por los 150 kilómetros que se consideran el límite de cubrimiento natural de una planta de beneficio racional, para el abastecimiento de la población consumidora.

10. Procesamiento para mercado externo: Es la distancia en kilómetros a mercados importantes que pueden ser abastecidos desde el departamento. Se consideran como techo 500 kilómetros como el cubrimiento potencial de una planta de beneficio para mercados nacionales y de exportación.

11. Viabilidad y factibilidad de la planta racional: En este parámetro se evalúa el peso de la inversión frente a la población ganadera y el peso de la inversión frente a los consumidores. Una vez se determinan estos indicadores, se definen los elementos a considerar en el coste de la inversión, los cuales son:

1. Infraestructura: Comprende las instalaciones de la planta de beneficio dentro de los parámetros establecidos por el Decreto 1500 de 2007 y sus respectivas resoluciones. Los elementos a considerar comprenden los presupuestos bajo diseños estándar de:

a. Edificaciones

b. Acometidas e Instalaciones

c. Corrales

d. Vías internas

- e. Sistemas de Tratamiento de residuos sólidos y líquidos
 - f. Sistemas de tratamiento y potabilización de agua
 - g. Equipos de proceso y montajes
 - h. Equipos de soporte y montajes
 - i. Equipos para procesamiento de subproductos
 - j. Sistemas de refrigeración y conservación
2. Manuales, sistemas y procesos de operación de certificación de sistemas de aseguramiento de la calidad.
 3. Capacitación y entrenamiento al personal.
 4. Pre operativos y gastos legales de la sociedad operadora. Con base en el análisis de los mercados relevantes de servicios y comercialización propia o convenios de suministros con otras sociedades comerciales y el coste de la inversión, se procede a determinar las bondades de la misma, para lo cual se elaboran las siguientes proyecciones y medidas de evaluación:
 1. Proyección de ingresos: Los ingresos operaciones de una planta de beneficio están avalados por los servicios de sacrificio, deshuese, venta de carne, venta de productos retomados y subproductos.
 2. Proyección de gastos: Los costos y gastos de la nueva planta están conformados por las materias primas, los gastos de la planta, los gastos de ventas, gastos financieros, depreciación y amortizaciones.
 3. Flujo de caja del proyecto: La proyección de caja se debe estimar a 10 años con un flujo terminal de 20 años.
 4. Flujo de caja de los accionistas: Teniendo en cuenta las líneas de inversión fija y el capital de trabajo.
 5. Valor presente neto, descontando la tasa estimada de costo ponderado de capital.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

- Es importante reconocer la obligatoriedad de algunas actividades que no están directamente relacionadas con el objetivo de este documento, pero que son indispensables para procesos de creación y ejecución de plantas de beneficio animal.
- El RAS 2000 es la normativa más completa para guiar diseños hidráulicos y sanitarios. En el RAS encontramos valores máximos permisibles, parámetros fundamentales, valores que podemos asumir para algunos diseños y la clasificación por tipo de actividad o gremio al que cada proyecto se encamina.
- Es necesario realizar un análisis de alternativas, no debe ser obligatoriamente un proceso de jerarquía analítica, pero si algún mecanismo que permita evaluar las opciones existentes para decidir cual se adapta mejor a nuestras necesidades.
- Las normativas que rigen los proyectos de ingeniería cada día nos hacen involucrarnos más en el cuidado del medio ambiente y tener mitigaciones a los daños causados.
- Todos los sistemas de tratamiento de agua residual son útiles, pero no son igualmente preferidos en todos los proyectos, todos los sistemas tienen ventajas y desventajas que debemos analizar dependiendo el propósito, ubicación geográfica, recursos a destinar, necesidad a satisfacer.
- La Figura 3 evidencia el aumento de plantas cerradas por el decreto 1500 desde el año 2016 hasta julio de 2021, lo que indica que el 38% de las plantas de beneficio animal en Colombia se encuentran en desuso. A medida que las normas se deban acoger más, será probable que aumente el número de plantas clausuradas o cerradas en diferentes lugares del país.
- En el caso de la estimación de caudales es indispensable conocer la especie que vamos a faenar, ya que el peso, raza, cantidad de sangre y método de sacrificio juegan un papel importante para obtener el caudal de diseño (Q_d)

- En cualquier proyecto que involucre un impacto social, es indispensable tener conocimiento de la opinión de la comunidad antes de la implementación, debe presentarse el proyecto a la población y trabajar conjuntamente con ellos, de esta manera se evitan sobrecostos o pausas en el desarrollo de cualquier proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ADI SYSTEMS INC . Bioreactor anaerobio de membranas ADI-AnMBR. [En línea] [Citado el: Agosto de 13 de 2014.] [http://www.adisystemsinc.com/pdfs/ADI_AnMBR\(ES\).pdf](http://www.adisystemsinc.com/pdfs/ADI_AnMBR(ES).pdf).
- Alvarez-Hernández, A., Ruiz-Ordaz, N., & Caffarel-Méndez, S. (2017). *Reactor anaerobio de contacto (RAC) en la remoción de contaminantes orgánicos de aguas residuales: una revisión crítica*. Tecnología y Ciencias del Agua, 8(6), 161-176.)
- American Public Works Association. (2017). Public Works Management Practices Manual (pp. 11-8 - 11-9). McGraw Hill Education.
- Cadena, E., Fernández, F., & Rincón, M. (2014). *Evaluación de un reactor anaerobio de contacto en la remoción de materia orgánica de aguas residuales de la industria de bebidas*. Boletín Técnico, 52(1), 69-78.
- Calderón, C. A. (febrero de 2013). Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11258/CalderonAguirreCesarAugusto2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EPA. (s.f.). Wastewater Treatment Plants - Planning and Design. Recuperado el 11 de abril de 2023, de https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/plan_design.pdf
- Fernanda, L., & Montero, B. (2014). Diseño de un sistema de tratamiento para los vertimientos generados en la “planta de sacrificio de ganado de oriente” del municipio de choachí (cundinamarca). Universidad libre.

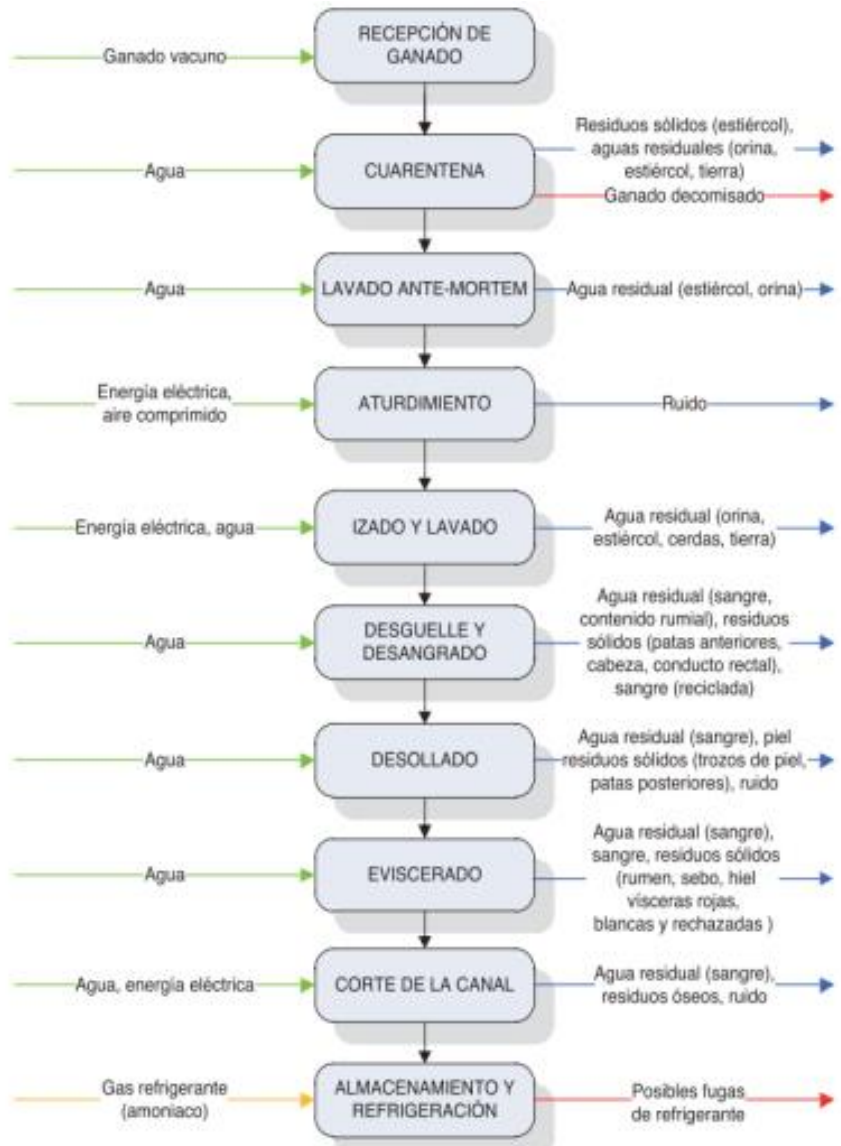
- Gallardo, J. G. (2016). Universidad cooperativa de Colombia (repositorio). Obtenido de <http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/343/1/IMPLEMENTACION%20DE%20PRACTICAS%20DE%20BIENESTAR%20ANIMAL%20EN%20LA%20PLANTA%20DE%20BENEFICIO%20DE%20PIMPOLLO%20S.A.S.pdf>
- García, J. (2017). Evaluación técnica y económica de alternativas de tratamiento de residuos de plantas de beneficio animal en Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia.
- Garrido, J., & Ruiz, M. (2019). Tratamiento de aguas residuales. En J. Garrido (Ed.), *Tecnologías medioambientales: vol. 2. Aguas* (pp. 19-70). Ediciones Díaz de Santos.
- Gutierrez, H. (2019) Apoyo, M., Académico, C. A. P. G., Licencia del, A. Y., & Institucional, V. 2017-11-16 R. (n.d.). *FECHA miércoles, 17 de julio de 2019*. Edu.Co. Retrieved November 3, 2021, from <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2327/AVANCE%20EN%20LA%20IMPLEMENTACION%20DEL%20PLAN%20GRADUAL%20DE%20CUMPLIMIENTO....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Energías Renovables, Energía de la Biomasa*. [En línea] Octubre de 2008. [Citado el: 23 de Agosto de 2014.] http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a_996b846.pdf.
- INVIMA. (2 de Marzo de 2019). Obtenido de Resolución 240 de 2013 :

<https://www.invima.gov.co/images/pdf/normatividad/alimentos/resoluciones/resoluciones/2013/resolucion%20240.pdf>

- INVIMA. (30 de Abril de 2017). INVIMA. Obtenido de <https://www.invima.gov.co/images/pdf/intranet/dioperaciones/PLANTAS-DEBENEFICIO-ANIMAL/PRESENTACION-MV-DIRECCION-DE-ALIMENTOS-YBEBIDAS.pdf>
- Jaimes, A (2016). CORANTIOQUIA. Obtenido de http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Proyectos/Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Plantas_Beneficio.pdf
- Kumar, A., & Lin, J. G. (2015). Anaerobic membrane bioreactor for wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 152, 78-103. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.032>
- Posada, D. S. (2017). Corporación Universitaria Lasallista (repository). Obtenido de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2265/1/Metodologia_dise%C3%B1o_Colombia_plantas_desposte_bovina_porcina.pdf
- Vealls, F. (2007). Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. (s. f.). <https://www.fao.org/3/t0566s/T0566S05.htm#ch5.4>

ANEXO 1.

Diagrama De Flujo Proceso De Faena Del Ganado Bovino (Entrada De Productos Y Salida De Residuos)



LEYENDA

- Entrada de productos químicos al proceso.
- Salida de residuos peligrosos.
- Entrada de insumos, servicios básicos, etc. que no contengan químicos
- Salida de residuos no peligrosos

Fuente: Ministerio de ambiente. Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador. Ecuador. 2012

ANEXO 2*Plantas de beneficio cerradas en Colombia*

CODIGO	ESPECIE	TIPO AUTORIZACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTADO
043ac	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Cundinamarca	Villa de San Diego de Ubaté	Cerrada
026ac	Bovinos y porcinos	Sin autorización sanitaria	Antioquia	Rionegro	Cerrada
165dm	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Meta	Villavicencio	Cerrada
036ac	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Antioquia	Itagüí	Cerrada
002ac	Bovinos y porcinos	Sin autorización sanitaria	Atlántico	Barranquilla	Cerrada
689abp	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Caldas	Palestina	Cerrada
232abp	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Caldas	Anserma	Cerrada
188abp	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Caldas	Norcasia	Cerrada

CODIGO	ESPECIE	TIPO AUTORIZACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTADO
194abp	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Caldas	Riosucio	Cerrada
054dm	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Antioquia	Sabaneta	Cerrada
135ac	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Antioquia	Medellín	Cerrada
058ac	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Risaralda	Pereira	Cerrada
136dm	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Atlántico	Barranquilla	Cerrada
009ac	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Bogotá d.c	Bogotá dc	Cerrada
127dm	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Antioquia	Sabaneta	Cerrada
032ac	Bovinos y porcinos	Sin autorización sanitaria	Antioquia	Medellín	Cerrada
166dm	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Antioquia	Medellín	Cerrada

CODIGO	ESPECIE	TIPO AUTORIZACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTADO
567b-150p	Bovinos y porcinos	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Valle del cauca	Caicedonia	Cerrada
061dm	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Bogotá d.c	Bogotá dc	Cerrada
001ac	Bovinos y porcinos	Autorización 1500 de 2007	Atlántico	Barranquilla	Cerrada
038dm	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Santander	Floridablanca	Cerrada
085ac	Bovinos y porcinos	Autorización decreto 1500 de 2007	Antioquia	Itagiú	Cerrada
633ab	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Cesar	Chiriguana	Cerrada
038ab	Bovino	Sin autorización sanitaria	Norte de santander	Cacota de velazco	Cerrada
044ab	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Boyacá	Coper	Cerrada
042reb	Bovino	Sin autorización sanitaria	Santander	Contratación	Cerrada
001ab	Bovino	Sin autorización sanitaria	Tolima	Líbano	Cerrada
694b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Tolima	Planadas	Cerrada

CODIGO	ESPECIE	TIPO AUTORIZACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTADO
110d	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Bogotá d.c	Bogotá dc	Cerrada
222b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Risaralda	Belén de umbría	Cerrada
015bd	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Nariño	Túquerres	Cerrada
692b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Sucre	Sincé	Cerrada
511b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Córdoba	Sahagún	Cerrada
452bd	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Cesar	Valledupar	Cerrada
440b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Caquetá	San vicente del caguán	Cerrada
275b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Arauca	Tame	Cerrada
465b-dm	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Atlántico	Malambo	Cerrada
198b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Antioquia	Yolombo	Cerrada
416b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Tolima	Armero- guayabal	Cerrada

CODIGO	ESPECIE	TIPO AUTORIZACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTADO
249b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Chocó	Quibdó	Cerrada
505b	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Bolívar	Santa rosa de lima	Cerrada
384b	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Norte de santander	Villa del rosario	Cerrada
246b	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Antioquia	Cañasgordas	Cerrada
004b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Boyacá	Moniquirá	Cerrada
055b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Cundinamarca	Facatativá	Cerrada
700b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Cauca	Argelia	Cerrada
033b	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	La guajira	Villanueva	Cerrada
250b	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Antioquia	Caramanta	Cerrada
058bd	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Antioquia	Valparaíso	Cerrada
060bd	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Caldas	La dorada	Cerrada
541bd	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Valle del cauca	Tuluá	Cerrada

CODIGO	ESPECIE	TIPO AUTORIZACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTADO
014b	Bovino	Autorización decreto 1500 de 2007	Risaralda	La virginia	Cerrada
378b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Norte de santander	Cachira	Cerrada
570ab	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Valle del cauca	Calima el darién	Cerrada
309b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Norte de santander	Convención	Cerrada
701ab	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Nariño	Guachucal	Cerrada
456ab	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Cesar	La paz	Cerrada
536ab	Bovino	Concepto sanitario bajo decreto 1975 de 2019	Cauca	Morales	Cerrada
154b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Boyacá	Muzo	Cerrada
366b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Santander	Oiba	Cerrada
116b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Boyacá	Pesca	Cerrada
581b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Putumayo	Puerto asis	Cerrada
084b	Bovino	Sin autorización sanitaria	Santander	Puerto wilches	Cerrada
100reb	Bovino	Sin autorización	Boyacá	Quípama	Cerrada

ANEXO 3*Memoria De Cálculo Del Reactor UASB***Tiempo de retención:**

$$TRH = \frac{AR * H}{Q}$$

$$TRH = \frac{12.57m^2 * 5m}{0.00218796 \frac{m^3}{s}} = 28717.06s = 7.98h$$

Volumen del reactor:

$$VR = TRH * Q$$

$$VR = 7.98H * 0.00218796 \frac{m^3}{s} * \frac{3600 s}{1 h} = 62.83 m^3$$

Área del reactor:

$$AR = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$AR = 3.1416 * \frac{(4m)^2}{4} = 12.57 m^2$$

Carga volumétrica:

$$Cv = \frac{Q * DQO}{V}$$

$$Cv = \frac{0.002187963 \frac{m^3}{s} * 5681 mg/L}{62.83 m^3} = 17.09 KgDQO/m^3d$$

Flujo másico:

$$F = VR * Carga$$

$$F = 62.83 m^3 * 17.09 \frac{kgDQO}{m^3d} = 1073.94 \frac{KgDQO}{d}$$

Carga hidráulica:

$$CH = \frac{Q}{AR}$$

$$CH = \frac{0.002187963 \frac{m^3}{s} * \frac{3600 s}{1 h}}{12.57 m^2} = 0.63 \frac{m}{h}$$

Velocidad de flujo en la campana

$$VF = 4 * CH$$

$$VF = 4 * 0.63 \frac{m}{h} = 2.51 \frac{m}{h}$$

Área de abertura:

$$A_{avertura} = \frac{Q}{VF}$$

$$A_{avertura} = \frac{0.002187963 \frac{m^3}{s} * \frac{3600 s}{1 h}}{2.51 \frac{m}{h}} = 3.14 m^2$$

Área de sección transversal de la campana:

$$A_{\text{campana}} = AR - A_{\text{apertura}}$$

$$A_{\text{campana}} = 12.57 \text{ m}^2 - 3.14 \text{ m}^2 = 9.42 \text{ m}^2$$

Radio mayor de campana:

$$R_c = \frac{\sqrt{A_{\text{campana}}}}{\pi}$$

$$R_c = \frac{\sqrt{9.42 \text{ m}^2}}{\pi} = 1.73 \text{ m}$$

Ancho de la abertura:

$$WA = RR - R_c$$

$$WA = 2 \text{ m} - 1.73 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$$

Altura de la campana:

$$WG = RR - WA - 0.5 (Hr)$$

$$WG = 2 \text{ m} - 0.27 \text{ m} - 0.5 (1.5) = 0.98 \text{ m}$$

$$HG = WG * \text{TAN} \alpha$$

$$HG = 0.98 \text{ m} * \text{TAN}(60^\circ) = 1.70 \text{ m}$$

Traslapo

$$Tv = 1.5 * WA$$

$$Tv = 1.5 * 0.27 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

Ancho de deflectores:

$$WD = Tv * WA$$

$$WD = 0.4 \text{ m} * 0.27 \text{ m} = 0.67 \text{ m}$$

Longitud de los deflectores

$$LD = 2 * WD \text{ TAN } 45^\circ$$

$$LD = 2 * 0.67 * \text{ TAN } 45^\circ = 1.34 \text{ m}$$