

**IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES PARA EL ADECUADO  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y RESIDUOS  
PELIGROSOS SÓLIDOS EN LA PTAR DE LA EMPRESA DE ARTES GRÁFICAS, EN  
CUMPLIMIENTO A LA LEGISLACIÓN COLOMBIANA EN MATERIA DE  
VERTIMIENTOS**

**LUCILA TIBADUIZA AVILA**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**DIRECTOR**

**HARVEY ANDRÉS MILQUEZ SANABRIA  
INGENIERO QUÍMICO  
MSC INGENIERÍA QUÍMICA  
PHD ENERGÍAS RENOVABLES**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C**

**2023**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre del director

Firma del Director

---

Nombre

Firma del presidente Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. agosto de 2023

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingeniería

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del programa

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## DEDICATORIA

A mi Madre Flor Cándida a mis hermanos Vicky y Andrés, por apoyarme y por tenerme paciencia en este reto.

A mí amada sobrina Isabella, que con sus inocentes llamadas interrumpía mis clases y quien también me acompañó con sus canciones y con sus ocurrencias a la hora de hacer tareas y el proyecto de investigación.

A mis amigas Las Stalin que me animan a continuar y no desfallecer.

A mis seres amados que partieron a la presencia del padre, se lo orgullosos que estarían de mi proceso.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios, a la Vida y al Universo por este regalo maravilloso la Especialización en Gestión Ambiental un sueño hecho realidad.

Agradezco a la empresa Graficas SAS, por la oportunidad de permitirme acompañarlos con mi profesionalismo en sus procesos, a la Sra. Patricia Bermúdez, Gerente General por apoyarme y ayudarme desde su experiencia.

Agradezco a la Universidad de América por generar este espacio académico, a los docentes de la facultad de Ingeniería Especialización en Gestión Ambiental en especial:

A la Ing. Ivonne Angulo de Castro por ser tan amorosa con sus alumnos

A el Ing. Juan Camilo Cely porque a través de su catedra hizo que me enamorara más de la Gestión Ambiental desde otros aspectos que desconocía.

Al Ing. Nelson Fernández por guiarme en esta investigación

Al Ing. Harvey Milquez por su respuesta rápida y apoyo en el documento de investigación.

Agradezco a Andrés Tibaduiza, Magister en Sistemas de la Información y Laura Posada Magister en Educación UPN por brindarme sus conocimientos para llevar a feliz término mi Proyecto de Investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>pág</b>
RESUMEN	11
INTRODUCCION	12
1.OBJETIVOS	14
1.1.Objetivo general	14
1.2.Objetivos Específicos	14
2.MARCO REFERENCIAL	15
2.1.Antecedentes	15
2.2.Delimitación: Empresa Graficas Jaiber SAS	18
2.3.Marco demográfico	19
3.MARCO TEORICO	21
3.1.Reseña histórica	21
3.2. Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento de agua	23
3.2.1. <i>Tratamiento Preliminar o Pretratamiento</i>	29
3.2.2. <i>Tratamiento Primario</i>	33
3.2.3. <i>Tratamiento Secundario</i>	38
3.2.4. <i>Tratamiento Terciario</i>	42
3.2.5. <i>Tratamiento y Disposición de lodos</i>	43
4.METODOLOGÍA	48
4.1.Fases de investigación	49
4.1.1.Diseño metodológico	50
5.ANALISIS DE LOS RESULTADOS	52
5.1.Marco legal	52
5.2.Estado actual de la planta de tratamiento de agua residual en la empresa Gráficas Jaiber SAS	62
5.3.Impactos ambientales generados en el proceso productivo	63
5.3.1. <i>Índices de consumo hídrico</i>	67
5.3.2. <i>Índice de Consumo Energético</i>	68
5.3.3. <i>Disposición de las Aguas residuales industriales</i>	69

<i>5.3.4. Diseño del sistema de Tratamiento de las aguas residuales</i>	70
<i>5.3.5. Vertimientos y disposición de residuos generados en la PTAR</i>	78
6. ESTRATEGIAS FUNCIONALES PARA EL ADECUADO TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL EN LA EMPRESA DE ARTES GRÁFICAS	80
7. CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFIA	92

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Mapa de Ubicación Geográfica Gráficas Jaiber SAS	20
Figura 2. Tanques sépticos	30
Figura 3. Esquema de un tanque Imhoff	31
Figura 4. Esquema de Rejillas Pretratamiento agua	32
Figura 5. Esquemas de Tamiz	33
Figura 6. Coagulantes usados en tratamiento de aguas residuales	35
Figura 7. Usos y dosis recomendadas para coagulantes o aglomerantes en tratamiento de aguas residuales	36
Figura 8. Tipos de Floculantes para el tratamiento de aguas residuales	37
Figura 9. Grupos de bacterias Facultativas	39
Figura 10. Etapas de la Digestión Anaerobia	40
Figura 11. Diseño temático de la investigación	51
Figura 12. Normatividad nacional para el manejo de recursos hidricos.	52
Figura 13. Normativas nacionales	55
Figura 14. Proceso Productivo	63
Figura 15. Aspectos e Impactos ambientales	65
Figura 16. Índice consumo hídrico	67
Figura 17. Índice de consumo energético	69
Figura 18. Caracterización agua PTAR Graficas Jaiber	71
Figura 19. Diagrama de Flujo PTAR	72
Figura 20. Poceta y Rejilla desarenador	73
Figura 21. Cajas de Recepción de Agua	73
Figura 22. Llave de Inspección (tomar muestra)	74
Figura 23. Adición SQ en la muestra	75
Figura 24. Toma de muestra final	75
Figura 25. Tren de filtración	76
Figura 26. Lodos secos	77
Figura 27. Estadística de lodos generados en la PTAR, expresados en kilogramos	78
Figura 28. Parámetros establecidos para la industria de las Artes Graficas	81

Figura 29. Diseño de Sistema DAF	83
Figura 30. Estado actual del tanque de recepcion de agua residual	85
Figura 31. Diseño de alternativa de Rejilla	85
Figura 32. Resultado de caracterización agua cruda	87

## RESUMEN

La problemática ambiental en el sector industrial ha sido un tema central para las empresas en la última década, por lo que se ha prestado mayor atención dada su relevancia e incidencia en la salud pública desde diferentes naciones, lo que ha provocado que en Colombia se ajusten estrategias que promuevan la regulación, aplicabilidad y seguimiento de la normativa ambiental vigente.

En el sector industrial nacional de las artes gráficas, en este caso la empresa: Gráficas Jaiber SAS, hace uso del recurso hídrico como insumo para la elaboración de sus productos en su proceso productivo, este insumo es susceptible a la contaminación mediante tintas, solventes y pegantes, sustancias químicas usadas también en el proceso; al realizar actividades como el lavado de rodillos y otras herramientas de la maquina esta agua va directamente al alcantarillado de la zona donde se encuentra la empresa. Es así que con la regulación de la normatividad ambiental, se hace necesario gestionar los recursos e implementar planes de acción para dar cumplimiento a la legislación nacional, por lo que se realiza el tratamiento al agua residual industrial, con el objeto de cumplir el Decreto 631 de 2015, a través de métodos adecuados que mitiguen el impacto negativo que se genera y que afecta directamente el cuerpo de agua.

A través de la construcción de la planta de tratamiento de agua residual Industrial, la empresa busca cumplir con la normatividad Colombiana en gestión ambiental así como con la construcción de las unidades operativas, al realiza el proceso físico-químico del agua residual, por el método de sedimentación, para finalizar en coagulación y filtración de desechos químicos; también se busca identificar la situación actual del proceso técnico de disposición de las aguas residuales y los residuos peligrosos sólidos, buscando generar estrategias funcionales que apoyen el adecuado tratamiento del agua residual como de los residuos generados en el proceso de tratamiento de agua.

**Palabras clave:** contaminación, tratamiento de aguas, legislación colombiana, agua residual, residuos peligrosos.

## INTRODUCCION

Dentro de las riquezas naturales del planeta tierra, el agua es un bien natural esencial para cualquier forma de vida, lo que la hace un elemento indispensable para la supervivencia y la evolución, lo que hace que esté presente en todas las actividades de la cotidianidad humana, siendo necesaria para el proceso de alimentación, aseo, hidratación, pero también para cualquier desarrollo industrial, social y tecnológico.

Sin embargo, en las últimas décadas se ha hecho necesario su estudio y conservación en ciertos hábitats debido a la escasez y contaminación que se presentan, lo que provoca que millones de personas tengan un acceso deficiente o en ocasiones nulo a este recurso natural esencial.

Algunos estudios, como el informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo de 2019, manifiesta que más de 2000 millones de personas experimentan un alto estrés hídrico, mientras que 4000 millones sufren una grave escasez de agua durante al menos un mes del año, lo que implica que hay ciertas causas que limitan el acceso y disfrute de la misma gracias al abuso de la naturaleza y sus bondades, tal como se evidencia en la actual crisis climática que agrava la situación de equilibrio en los ecosistemas, lo que genera un índice menor de agua disponible, lo que se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los organismos internacionales. Frente a ello, el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 6 de la agenda 2030 promovida por la ONU trata de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento global, lo que busca crear conciencia en los habitantes del planeta para hacer un uso responsable del agua y promover soluciones inmediatas y de alto impacto frente al flagelo de la contaminación. Este fenómeno ocurre cuando sustancias peligrosas, a menudo productos químicos o microorganismos, perjudican los nacimientos o cuerpos de agua presentes en un territorio determinado, convirtiendo el recurso en un peligro para la calidad de vida de los organismos que lo rodean y dejando a su paso problemas de salud pública, enfermedades o plagas que atacan

tanto a los seres humanos como al medio ambiente, degenerando los ecosistemas y transformando en forma negativa su composición química.

Esta degradación de la calidad del agua se ha derivado de las actividades industriales, sanitarias y recreativas del ser humano principalmente, ya que de sus acciones depende el adecuado manejo de los residuos tanto sólidos como líquidos, orgánicos, inorgánicos, químicos y de reciclaje, muchos de los cuales terminan desechados en los ríos e incluso al mar en cantidades alarmantes que atacan la estabilidad de la vida de fauna, flora y seres humanos.

No obstante, la preocupación por las autoridades ambientales y por fundaciones sin ánimo de lucro o activistas, ha permitido que al interior de los gobiernos se piense en leyes que permitan la protección de los recursos hídricos, entendidos como no renovables y de nivel limitado, lo que ha garantizado que dentro de las empresas que manipulan desechos químicos industriales de alta toxicidad, se cree la necesidad de cumplir con ciertos criterios que faciliten un adecuado manejo de estos residuos y por ende se le dé la finalidad oportuna para que no afecte el medio ambiente y la salud pública.

En este caso particular, la empresa Gráficas Jaiber S.A.S. ubicada en el municipio de Cota se propone elaborar productos con insumos biodegradables y en la disposición final de los residuos se cuenta con un programa de adecuado desecho y reciclaje que permite un mínimo impacto al ecosistema de la sabana de Bogotá, atendiendo las normas instauradas por las autoridades ambientales, lo que amerita un análisis minucioso de los requisitos funcionales que maneja para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa, al igual que de los documentos técnicos, metodologías implementadas, artículos y documentos sobre el tratamiento y disposición final de las aguas residuales industriales, con el fin de determinar la viabilidad de sus gestiones y delimitar algunas recomendaciones que puedan fortalecer los procesos de tratamiento y de minimización del impacto ambiental en dicho territorio.

## **1.OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

Identificar los requisitos funcionales para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa Artes Gráficas, mediante el análisis técnico de la normatividad nacional, metodologías implementadas y prácticas acordes que garanticen la adecuada disposición final de los residuos contaminantes.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Realizar un análisis documental de la normatividad nacional en términos ambientales, al igual que documentos técnicos, metodologías implementadas, artículos y documentos sobre el tratamiento y disposición final de las aguas residuales industriales en la empresa de Artes Gráficas.

Identificar la situación actual del proceso técnico de disposición final de las aguas residuales industriales y residuos peligrosos sólidos provenientes del proceso de troquel, impresión y producto terminado de la empresa Artes Gráficas.

Generar estrategias funcionales que apoyen el adecuado tratamiento del agua residual industrial en la empresa de Artes Gráficas, minimizando el impacto ambiental según la normatividad nacional

## **2.MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. Antecedentes**

La gestión Ambiental en el sector industrial, ha presentado avances en la conservación del medio ambiente, dado que en Colombia desde el año 1973 con la designación de la Ley 23 por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y Protección al medio ambiente por medio del Decreto 2811 de 1974 (18 de Diciembre de 1974), con el objetivo de prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, busca el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales.

Para efectos de esta investigación, es preciso mencionar que Colombia cuenta con una importante oferta de recursos hídricos, sin embargo el mal manejo de las aguas residuales por el desconocimiento de las normativas que regulan su uso y destinación o la no realización de un proceso de tratamiento de agua residual en la industria de las artes gráficas, ha generado que los vertimientos de aguas contaminadas afecten el cuerpo de agua de los cauces cercanos a las industrias como es el caso del río Bogotá, para el caso particular de la empresa Graficas Jaiber SAS.

Desde el modelo de investigación de tratamiento de aguas residuales industriales se encuentran aportes importantes como se describe a continuación:

En la investigación: Diseño de una herramienta de gestión ambiental para las micro y pequeñas empresas de la industria gráfica en Bogotá, de Gómez (2016, p.123) se desarrolla la propuesta para el diseño de productos impresos, que integra los aspectos ambientales propios de la industria gráfica en Colombia, teniendo como principio fundamental el enfoque de ciclo de vida. Este trabajo académico se inscribe en el marco de implementación de sistemas de gestión ambiental (SGA), y está dirigida a micro, pequeñas, y medianas empresas (pymes) que conforman el sector en el país y que requieren instrumentos específicos que les faciliten procesos para establecer,

documentar, implementar, mantener y mejorar de forma continua su gestión del diseño y desarrollo de productos, incorporando criterios ambientales.

En el estudio de caso de Gómez y Quiroga (2022, p.3), descrito en su artículo: Tratamiento de aguas residuales generadas en la industria de comunicación gráfica que emplea impresión tipo “offset, se evalúa el tratamiento de efluentes generados en la industria litográfica con método “offset”, aplicando el proceso de coagulación, floculación, flotación y ozonización, para mitigar los efectos devastadores en el ambiente.

Por su parte, Espitia (2017, p.15) en su proyecto de investigación: Diagnostico, evaluación y planteamiento de mejoras en los componentes de la planta de aguas residuales en el municipio de Buenavista Boyacá, realiza un diagnóstico de la operación y plantea alternativas de mejora para el funcionamiento de la PTAR de este municipio, en las cuales tiene en cuenta aspectos como el comportamiento hidráulico, calidad del agua y operación y mantenimiento de la planta de agua residual a partir de un recorrido geográfico y demográfico por el territorio.

El proyecto de grado de Gaviria y Márquez (2018, p.20): Evaluación técnico-financiera de diferentes alternativas para el tratamiento y disposición de aguas y residuos durante la perforación en los campos de Equión en Piedemonte Casanare, proporciona dos alternativas para el tratamiento de aguas y residuos provenientes de la perforación de los Campos de Equión, dicha investigación se desarrolla con la finalidad de evaluar tanto de manera técnica como financiera la implementación de un tratamiento no convencional de la empresa en estudio, conocido como tratamiento de láminas filtrantes.

Así mismo, Acosta y Laverde (2017, p.19) en su investigación: Diseño conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa transportadora escolar Camargo Hermanos SA-Tech SA; exponen el desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una empresa transportadora, teniendo en cuenta el análisis

de diferentes propuestas y el cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015, vigente con respecto al vertimiento de aguas en cuerpos superficiales y la factibilidad económica del proyecto, igualmente determina las características de los vertimientos generados a través de análisis físico-químico de las aguas residuales, como la determinación de DBO, DQO, pH, sólidos suspendidos, presencia de grasas y aceites, fenoles y detergentes.

Según la investigación realizada por Cristancho y Noy (2016, p.22): Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para Pelikan Colombia SAS, las alternativas de disposición final de las aguas residuales industriales generadas por esta empresa después de su proceso de producción de pinturas, desarrollaron un diagnóstico inicial del efluente mediante un laboratorio certificado en donde evaluaron cada uno de los parámetros del agua a partir del desarrollo de una caracterización que permitió definir sus parámetros críticos, así al terminar el diagnóstico, se plantearon varias soluciones de tratamiento y se evaluó cada alternativa basándose en los porcentajes de remoción teóricos de cada una de las operaciones unitarias que componían los tratamientos. Posteriormente se realizó el desarrollo experimental, en el cual se simula cada una de las operaciones unitarias de la alternativa seleccionada y se determinaron las condiciones de operación y los porcentajes de remoción experimentales, por último se llevó a cabo el dimensionamiento de equipos usados en el tratamiento del efluente y se estimaron los costos de inversión y operacionales de la planta de tratamiento.

Igualmente, Navarrete (2020, p.13) con su trabajo: Propuesta de Mejora de procesos para la Planta de Tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza, se propuso mejorar el óptimo funcionamiento en los procesos del sistema de tratamiento de agua residual del municipio, el cual presentaba deficiencias en la remoción de carga contaminante de tal modo que fue necesario reducir los efectos del efluente de la PTAR sobre el humedal Gualí y cumplir a lo establecido en la Resolución CAR 0736 de 2018.

## **2.2. Delimitación: Empresa Graficas Jaiber SAS**

Se funda en septiembre de 1976 bajo la convicción de desarrollar una empresa competitiva dispuesta a participar en un mercado local enfocado en la elaboración de impresos sobre papeles y cartulinas según la necesidad de la población. Inicialmente dicho mercado se ubicó en el nicho de la elaboración de tarjetas de invitación para toda clase de ocasión, volantes y papelería comercial general, impresos con equipos de sistemas de impresión tipográfica y procesos de acabados manuales.

Al transcurrir cinco años, los propietarios reconocieron la necesidad de utilizar nueva tecnología en el proceso de impresión, lo que conllevó a la implementación de una planta con maquinaria y equipo de sistema offset y procesos de acabados más automáticos, ya que a partir de un estudio de mercados se determinó que se debía intensificar la producción en una línea específica de productos y más puntualmente en el mercado para la industria farmacéutica, sin abandonar por supuesto la variedad de productos que se venían elaborando desde la apertura de la empresa.

Para poder entrar en dicho mercado, la empresa adquirió una serie de adiciones tecnológicas y logísticas con el objeto de identificar las especificaciones que se debían tener en cuenta para la certificación por parte de algunas compañías del gremio farmacéutico, lo que resultó en un abastecido fortalecimiento tecnológico que se ha realizado bajo estudios rigurosos de competitividad y eficiencia, lo que contribuye en incrementar paulatinamente el nivel de productividad mientras se reduce significativamente los tiempos de elaboración de los productos.

Para inicio del año 2001 se definió el desarrollo del proyecto de aseguramiento de calidad mediante un sistema de gestión de calidad ISO 9001 versión 2000, así se ha consolidado como una empresa que cuenta con una infraestructura y tecnologías acordes al producto presentado, con el respaldo de un equipo humano calificado y un sistema de Gestión de Calidad certificado por el ICONTEC, para satisfacer todas las necesidades de sus clientes.

### **2.3. Marco demográfico**

El espacio en el que se desarrollara el proyecto de investigación, será en la empresa Graficas Jaiber SAS, ubicada en el municipio de Cota- Cundinamarca, Autopista Medellín Kilómetro 2.7, Parque Industrial Los Nogales Bodega 8, como se muestra en referenciación de google maps descrita en la figura 1, en la que se puede reconocer el espacio natural que la rodea en su contexto rural.

Cota es uno de los 116 municipios de Cundinamarca que se encuentra situado en la Sabana de Bogotá, a una altitud de 2.566 msnm. Tiene un área de 53,43km<sup>2</sup>: con un área urbana de 1,41 km<sup>2</sup> y área rural de 52,02 km<sup>2</sup>, con una temperatura promedio de 13,5 °C.

El municipio de Cota, limita por el oriente con el río Bogotá y la localidad de suba, por el occidente con la cadena montañosa denominada serranía del Majuy y el municipio de Tenjo, al norte limita con el municipio de Chía, al sur con el municipio de Funza.

La empresa en estudio al estar cerca al río Bogotá, debe contribuir con el cumplimiento de la normatividad definida por las entidades reguladoras de la región, como lo son la CAR y la Alcaldía de Cota, para así mitigar el impacto ambiental que afecta al afluente hídrico.

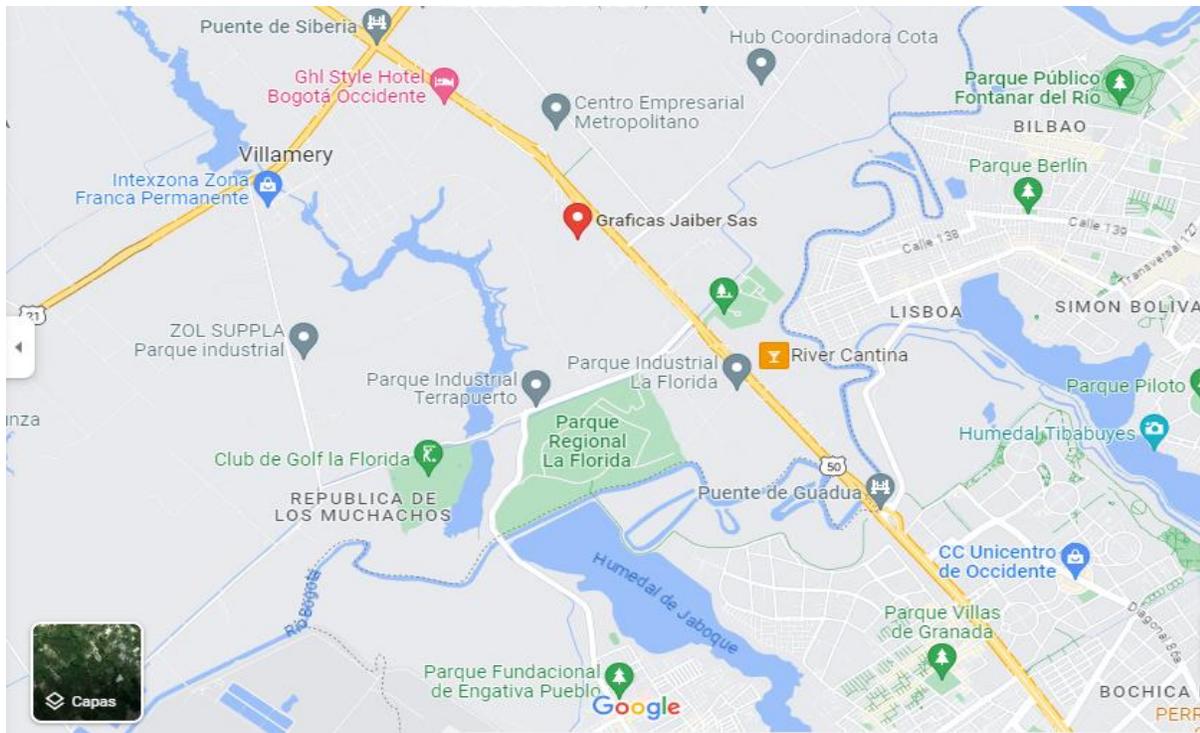
El río Bogotá se ubica en el altiplano cundiboyacense, de noreste a sureste del departamento de Cundinamarca. Nace en el nororiente del municipio de Villapinzón a 3.300 msnm, en el Páramo de Guacheneque, y su desembocadura es en el río Magdalena a la altura del municipio de Girardot a 280 msnm, unas 589.143 hectáreas de área de influencia.

El río Bogotá atraviesa 47 municipios de Cundinamarca y Bogotá; el río se divide en tres cuencas Alta, Media y Baja, el municipio, se encuentra ubicado cerca de la cuenca media del río que va desde Cota hasta el salto del Tequendama.

Las principales problemáticas del río Bogotá son: la tala de árboles, las captaciones de agua ilegales, el depósito de residuos domésticos e industriales, la disposición de basuras, residuos industriales con metales pesados procedentes de las curtiembres y la poca optimización de algunas plantas de tratamiento de los municipios colindantes a la cuenca; el río, abastece 26 acueductos comunitarios.

### Figura 1.

Mapa de Ubicación Geográfica Gráficas Jaiber SAS



**Nota:** La figura expone la ubicación geográfica de la empresa Graficas Jaiber SAS, en el municipio de Cota departamento de Cundinamarca desde una toma satelital. Tomado de: *Mapa de Cota, Cundinamarca.*

<https://www.google.com/maps/place/Cota,+Cundinamarca/@4.8098319,-74.1132243,15z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e3f86e804531fdd:0x38359f1d01fd914a!8m2!3d4.8098502!4d-74.1018383!16s%2Fm%2F02qnkk1?entry=ttu>

### 3.MARCO TEORICO

#### 3.1. Reseña histórica

Las crisis que la humanidad ha atravesado en términos de sanidad pública por el mal estado del agua y las enfermedades que éste conlleva, ha generado el máximo esfuerzo de los científicos por encontrar el origen de tales efectos y crear la solución para las epidemias que se han desbordado. La fundación We are Water de España, hace un recorrido por los principales acontecimientos de desde el renacimiento para comprender los complejos hechos que resultaron en grandes avances para la humanidad, nombrando eventos de importante relevancia para los actuales avances científicos:

En 1830 la situación en Londres se hizo insostenible, no solo tenía un tremendo hedor que expelía la ciudad, sino que se sumaron varias epidemias de cólera de gran mortandad, como en 1847, época en la que un médico inglés, John Snow, que había dedicado su vida al estudio de las epidemias, tuvo el convencimiento de que el cólera era causado por el agua potable que se había contaminado específicamente con las que tenían contacto con los excrementos, posteriormente se demostró su teoría cuando la epidemia cesó en las zonas donde se cerraron los pozos de bombeo. Pocos años después, las investigaciones de Louis Pasteur corroboraron científicamente la intuición de Snow: los microorganismos presentes en el agua contaminada por excrementos, desencadenaban las enfermedades infecciosas como el cólera o la fiebre tifoidea, lo que provocó que la legislación cambiara como consecuencia de este conocimiento. A partir del siglo XIX, las leyes de distintos países impusieron limitaciones a la construcción de pozos negros que fueron restringidos a zonas sin alcantarillado y convertidos en fosas sépticas mucho más seguras, con el fin de garantizar la minimización de la proliferación de las enfermedades mencionadas. (We are Water, 2017.)

Otra crisis que cambió radicalmente el panorama del saneamiento tal como lo menciona la fundación We are water (2017), fue el gran incendio de Hamburgo en Alemania, el cual destruyó en 1842 una cuarta parte de la ciudad, lo que dio lugar a una reconstrucción basada en un nuevo sistema de alcantarillado con un único circuito de drenaje de las aguas negras, este utilizaba agua del mar para su limpieza semanal y se ventilaba mediante los desagües de cada uno de los edificios conectados. El sistema fue financiado por empresarios de la ciudad y pronto inspiró al resto de las grandes urbes europeas y estadounidenses para mantener una adecuada salud pública. Es así que a finales del siglo XIX comenzaron a utilizarse los avances en microbiología para tratar las aguas residuales y en 1914 los ingenieros Edward Arden y William T. Lockett, en Manchester descubrieron los fangos activos, uno de los sistemas de tratamiento biológico para la depuración de la contaminación orgánica de aguas residuales que todavía usamos en la actuales depuradoras.

Sin embargo, la revolución industrial conllevó otro problema para el agua: la contaminación química derivada de los desechos por los avances emergentes, se sumaron a las de aguas negras, dando lugar a una importante paradoja, mientras se alcanzaba un nuevo tratamiento de la contaminación orgánica, los vertidos industriales comenzaron a contaminar ríos y mares muchas veces de un modo inconsciente con productos de los que más tarde se descubrió su nocividad tales como: metales pesados, pesticidas, DDT, nitratos, entre otros.

Posteriormente, según datos de la fundación We are Water (2017), en la década de 1970 el mundo desarrolló una gran reacción internacional en contra de la contaminación del agua, tanto la industrial como la orgánica, no obstante en los países en vías de desarrollo, se calcula que el 90% de las aguas negras se vierten directamente sin depurar en los cuerpos de agua dispuestos. Por esta causa, según la Organización Mundial de la Salud, cada año fallecen 1,8 millones de niños menores de cinco años, uno cada 20 segundos.

En Colombia, el saneamiento hídrico no ha sido un tratamiento óptimo para la industria, ya que el desarrollo normativo del tema se presenta desde el enfoque de los servicios públicos a través de la Ley 142 de 1994 (11 de julio de 1994), que define el tratamiento de aguas residuales como una actividad complementaria del servicio público domiciliario de alcantarillado, y desde el punto de vista ambiental en la Ley 99 de 1993. (22 de diciembre de 1993) D.O. 41.146.

La revista Ecos de Economía en Medellín a través de González y Echeverri (2004, p. 75-76), menciona que la contaminación de la corriente hídrica ocasionada por las descargas de aguas residuales de los habitantes de los centros urbanos se convierte en un perjuicio derivado del consumo de agua de estos habitantes, es decir en una externalidad negativa, teniendo en cuenta que del total de agua que llega a las residencias, comercios e industrias, parte es consumida y la mayor parte es evacuada por las redes de alcantarillado, que antes de descargarla a las corrientes de agua, debe ser tratada para evitar su contaminación, la cual trae consigo problemas de salud relacionados con enfermedades de origen hídrico<sup>1</sup> como: El Cólera, la Hepatitis A, fiebre tifoidea, diarrea, deshidratación y vómito, además de las molestias respiratorias por olores desagradables y el condicionamiento al uso de la corriente aguas abajo, como: agricultura, pesca y suministro de acueducto.

Adicional a la relación existente entre el saneamiento hídrico con la salud y las actividades de la población, González y Echeverri (2004, p. 76) también relacionan la forma cómo la población ocupa el territorio. Un desarrollo planificado de la ciudad, favorece la ejecución de las obras necesarias para el saneamiento hídrico; asimismo, el desarrollo no planificado, obstaculiza tal propósito.

### **3.2. Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento de agua**

- **Agua Residual Industrial:** Se definen como aquellas aguas originadas por el desarrollo de un proceso productivo, principalmente de una actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras, que implica la manipulación y

modificación en los recursos, obteniéndose un desgaste en su calidad y condiciones, surgen así de los procesos productivos de transformación en los cuales el agua está involucrada, correspondientes a la actividad económica de la empresa que los genera, estas aguas residuales requieren el diseño del tratamiento según composición del agua y pruebas de tratabilidad.

Estas aguas, según Arriols (2018) deben ser tratadas de acuerdo con las normas de descarga de agua residuales industriales antes de su vertido al alcantarillado, ya que contienen impurezas y contaminantes que deben eliminarse antes de que puedan reutilizarse o descargarse de nuevo, los contaminantes pueden involucrar principalmente carga orgánica, grasas, temperatura, pH y materia recalcitrante. Es por eso, que en la actualidad existen diversos tratamientos que se emplean con la finalidad de eliminar y disminuir dichos contaminantes presentes en las aguas, así, el efluente vertido va a cumplir con el reglamento vigente y puede ser reintegrado a los cuerpos de agua.

- **Tratamiento de aguas residuales:** según la Enciclopedia Concepto (2021), se conoce como tratamiento de aguas residuales al conjunto tecnologías de tipo físicos, químicos y biológicos cuya aplicación tiene como objetivo la eliminación o reducción de los contaminantes que pueden estar presentes en el agua y el objetivo principal es convertir el agua contaminada en agua reutilizable o potable.

Las aguas residuales se generan a diario en las casas, oficinas y en las industrias al igual que en actividades humanas de todo tipo, las cuales pueden clasificarse en:

- Aguas servidas: Las que usamos para asearnos, limpiar nuestros hogares o ir al baño.
- Aguas contaminadas: Las empleadas por industrias, fábricas, metalurgias u otros procesos productivos que convierten unos materiales en otros. (Enciclopedia Concepto, 2021).

La necesidad de tratar este tipo de aguas se fundamenta en los requisitos legales vigentes en el lugar donde se están generando, dentro de los cuales existen tres principales métodos:

- **Tecnología de Métodos físicos:** Este método consisten en la separación física de sólidos grandes; según Daza y Frasser (2022, p. 20-21), en este paso se tratan mecánicamente las aguas residuales todavía sin tratar, y es aquí donde se elimina los sólidos y/o las impurezas gruesas, por ejemplo, papel, trapos, cauchos, maderas, entre otros sólidos, los métodos físicos dependen de las propiedades físicas de los contaminantes como su peso específico, tamaño de las partículas, viscosidad. Entre los métodos usados para la separación de sólidos, están la sedimentación, filtración, regulación, flotación.
- **Tecnología de Métodos químicos:** En este método, según Garzón (2020, p.16) se utilizan compuestos químicos para alcanzar los valores estándar del agua establecidos por la normatividad vigente. Entre los métodos más utilizados están la precipitación, coagulación, neutralización la eliminación de fosfatos y nitratos, la oxidación.
- **Tecnología de Métodos biológicos:** Este método tal como señala Garzón (2020, p. 47-48) también llamado lodos activos, el agua se pone en circulación mediante el suministro de oxígeno y con ayuda de unas hélices promover el crecimiento de las bacterias y los microorganismos que remueven substancialmente materia orgánica. Estos microorganismos se alimentan de los contaminantes orgánicos todavía presentes en el agua y los convierten en sustancias inorgánicas. Las bacterias forman flóculos de lodos activos que flotan libremente en el agua. El suministro de oxígeno estimula la proliferación de bacterias y, de este modo, favorece la formación de lodos activos. Este tipo de procesos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos como lagunas aireadas, lodos activos, filtros verdes.

- **Biodigestor:** Según menciona Corona (2007, p.19) es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material, dentro del cual se deposita el agua contaminada que al descomponerse en ausencia de aire genera biogás.
- **Caudal:** Volumen de agua que pasa por una sección dada en una determinada unidad de tiempo. Las expresiones más usadas son litros por segundo, litros por minuto, metros cúbicos por hora, metros cúbicos por día y se calcula mediante la siguiente fórmula:  $Q=V/t$ . Siendo Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo). Normalmente se mide el volumen en litros y el tiempo en segundos.
- **Contaminantes del agua:** Tal como lo describe la enciclopedia Concepto (2021), la contaminación tiene lugar cuando en los cuerpos de agua naturales se filtran diversos tipos de sustancias químicas ajenas a su composición original, que modifican sus propiedades haciéndola insalubre o dañina para la vida, y por lo tanto inútil para los animales, la agricultura y el consumo humano.

A su vez, también se mencionan las principales causas contaminantes:

- Residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Agentes infecciosos. Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Grasas y aceites de los insumos usados en las industrias, ya que pueden cubrir grandes superficies de agua, además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interface aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, en

consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Encarecen los tratamientos de depuración, y algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Según la enciclopedia Concepto (2021), es el método de ensayo que se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se han retirado los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno, en ámbitos que favorecen el desarrollo de los microorganismos; este método mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción DBO<sup>5</sup>, y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO<sub>2</sub>/l).

La DBO, también se puede definir como el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua.

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Es un ensayo de laboratorio que mide el equivalente en oxígeno de la fracción del material orgánico presente en la muestra, que es susceptible de oxidación, en medio ácido, por medio del dicromato de potasio.

Tal cual lo menciona la enciclopedia Concepto (2021), la demanda química de oxígeno se expresa (en mg/l) como la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación de una sustancia química durante una prueba específica. Como tal, la DQO es una medición de la capacidad de consumo de oxígeno de la materia orgánica presente en agua residual.

- **Lodos:** Según definición de Castro (2020, p. 27), es la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de los procesos de potabilización o del tratamiento de aguas residuales. El lodo se origina a partir de la desestabilización de los sólidos disueltos

en el agua cruda, esa perturbación es efectiva con la ayuda de un agente coagulante, apilando las partículas, logrando el aumento de su densidad y tamaño, para que finalmente por efecto de la gravedad puedan sedimentar.

Así mismo, Castro (2020, p.29) se llaman también lodos residuales a los residuos semisólidos desechos de los procesos de tratamiento de aguas residuales, cuya composición se basa en materia orgánica no descompuesta, microorganismos patógenos, compuestos no biodegradables y/o potencialmente tóxicos como metales pesados y sales inofensivas que han sido removidas de los procesos de tratamiento de aguas,

- **PTAR:** Según plantea Quiroga (2020, p.2-3), es la sigla para nombrar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR es el conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales usadas por una comunidad o industria, tal como lo establece el Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del río Bogotá. Es un sistema físico, químico y/o biológico que tiene como objeto reducir los contaminantes presentes en el agua residual y así evitar efectos secundarios al ser vertida en las corrientes hídricas o para el uso que quiera darse.

Es así que el tratamiento de agua industrial implica varios procesos de tipo físico, químico y biológico con la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en el agua, dentro de los procesos encontramos filtración, sedimentación, coagulación, y desinfección, este tratamiento es crucial si se quiere asegurar la calidad de agua a verter al medio ambiente, dicho proceso se lleva a cabo en las PTAR y normalmente se distribuye en cuatro etapas:

### **3.2.1. Tratamiento Preliminar o Pretratamiento**

Es la etapa que da inicio al proceso de potabilización de agua. Consiste en liberar del agua los sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables) o mediante su sedimentación, en esta etapa también se retiran los objetos que puedan dañar las instalaciones o los equipos esta práctica se realiza a través de procesos físicos.

Durante el proceso, se realiza un proceso de desbaste, donde se separan los residuos sólidos de tamaño grande y mediano, mediante rejas y tamices de diferente grosor, para que posteriormente, se puedan retirar las grasas y las partículas de arena utilizando desarenadores o desengrasadores.

Para realizar esta primera etapa se pueden diseñar dos modelos de tanques, tal como lo describe la Fundación Centro de las nuevas tecnologías del agua (s.f., Diapositiva 9):

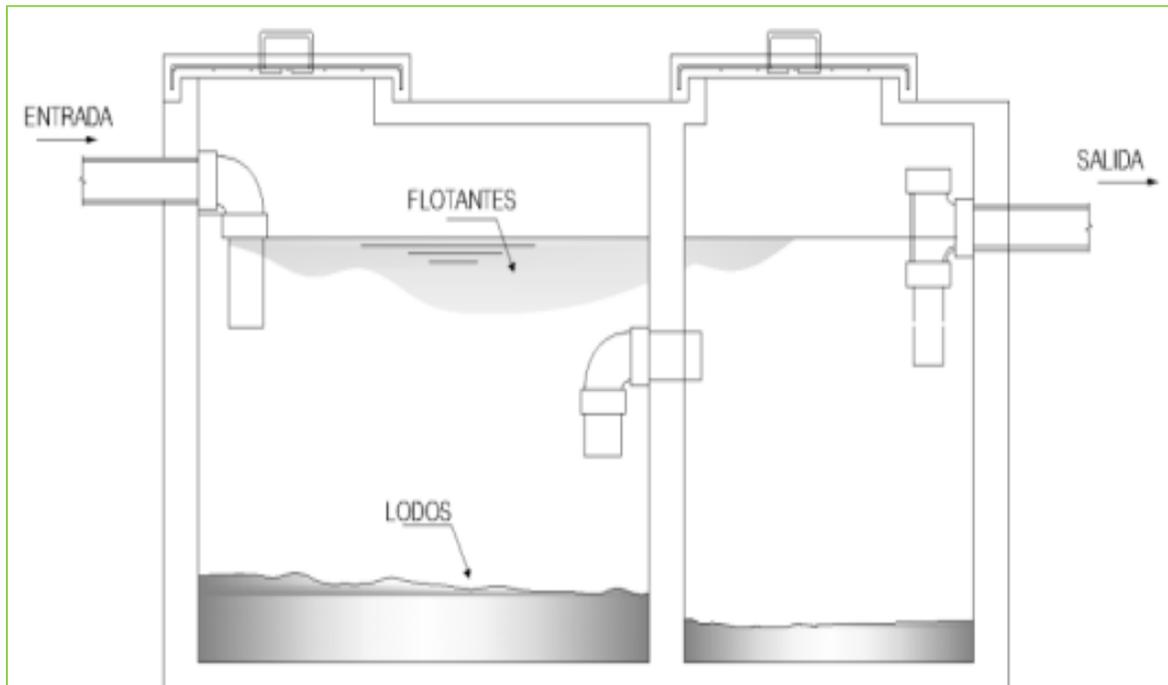
- **Fosas sépticas o tanques para trampa de grasas:**

En su funcionamiento cabe distinguir dos tipos de procesos:

- Físicos: bajo la acción de la gravedad se separan los sólidos sedimentables, que se van acumulando en el fondo de la fosa, y por flotación, los flotantes y grasas van formando una capa sobre la superficie líquida, tal como se observa en la figura 2.
- Biológicos: los lodos decantados se estabilizan mediante una digestión anaerobia, con desprendimiento de biogás.

**Figura 2.**

*Tanques sépticos*



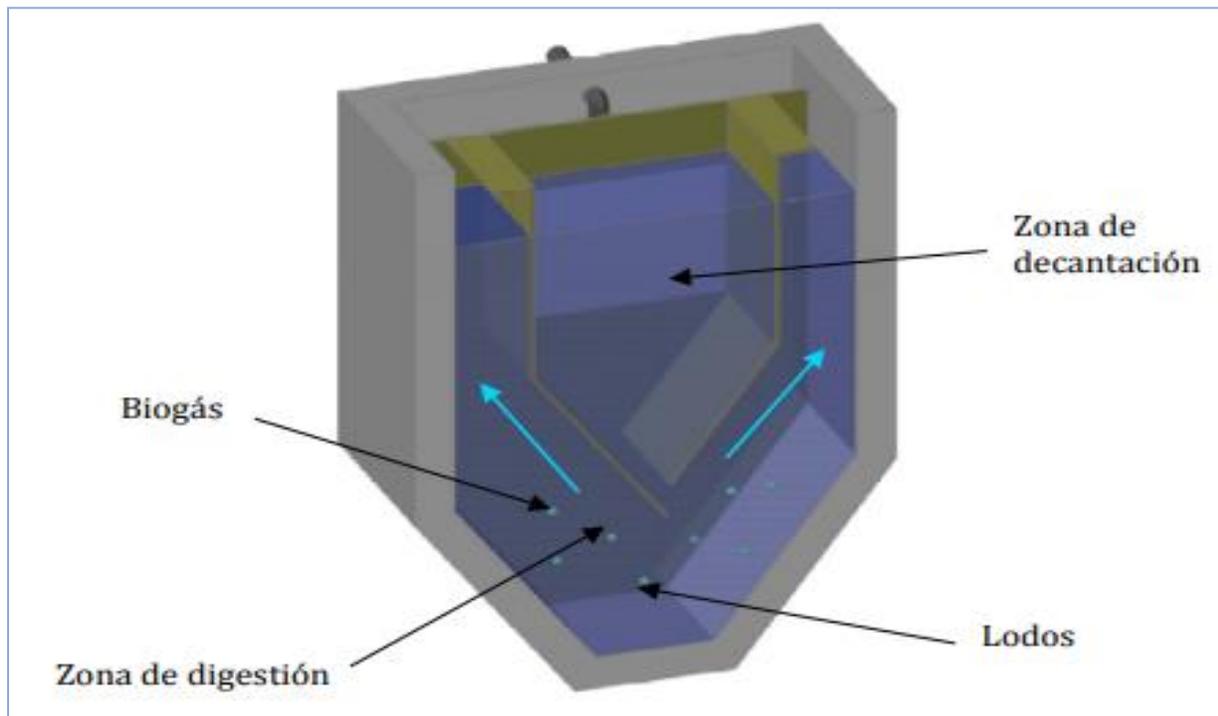
**Nota.** La gráfica demuestra los sitios de ingreso y salida del agua para comenzar su proceso de tratamiento inicial. Requisitos. Tomado de: Aragón. (2012) Pretratamientos y tratamientos primarios, [En Línea]. <https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Pretratamientos+y+tratamientos+primarios.pdf/6a26dd5c-d5d8-1bcc-7b34-2ead6af5e66b?t=1575982127807>

- **Tanque Imhoff**

Los tanques Imhoff integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara, en la figura 3, se observa que se dan procesos físicos y biológicos, similares a los expuestos en las fosas sépticas, su principal diferencia radica en la corta estancia del agua residual en el proceso, lo que permite la obtención de efluentes con bajo grado de septicidad.

**Figura 3.**

*Esquema de un tanque Imhoff*



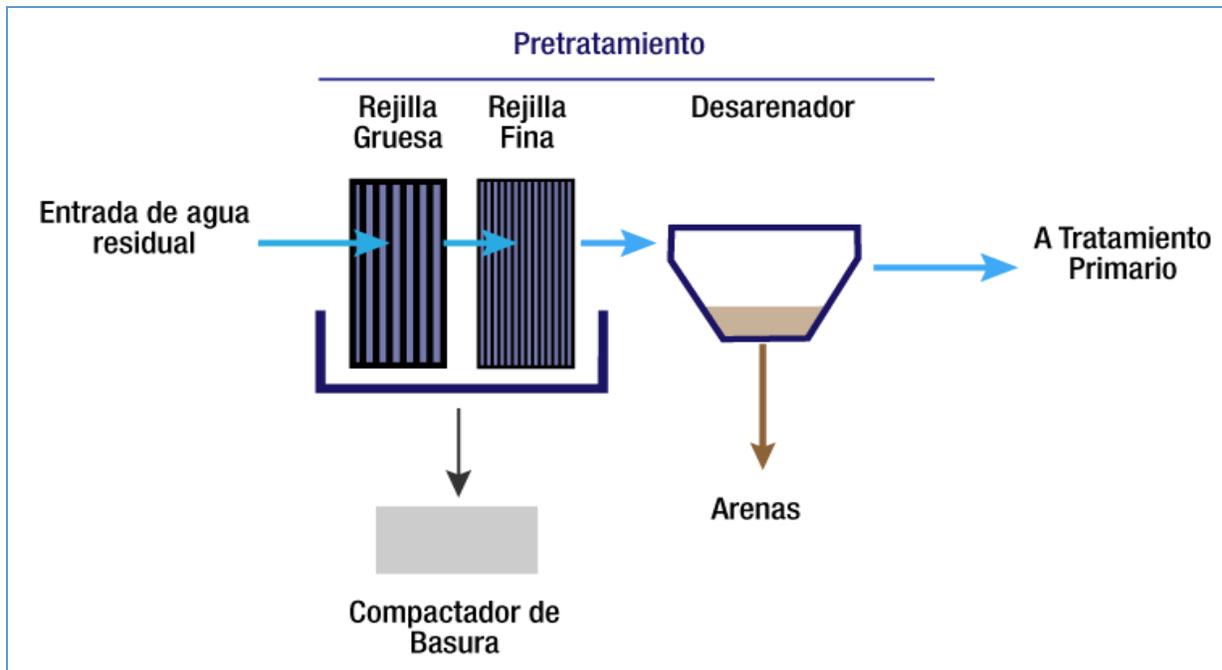
**Nota:** La imagen demuestra el proceso de decantación para la obtención del gas y la separación de sedimentos. Tomado de: Aragón. (2012) Pretratamientos y tratamientos primarios. [En Línea]. <https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Pretratamientos+y+tratamientos+primarios.pdf/6a26dd5c-d5d8-1bcc-7b34-2ead6af5e66b?t=1575982127807>

- **Conceptos asociados: Rejillas**

Las rejillas se instalan antes de las bombas para evita que los impulsores y las carcasas de la bomba sean dañados por componentes gruesos. Como se observa en la figura 4, las rejillas consisten en barras verticales y retienen las ramas, los trapos, las latas, el papel, los desechos plásticos y vegetales.

**Figura 4.**

Esquema de Rejillas Pretratamiento agua



**Nota:** La imagen demuestra la función de las rejillas gruesa y fina durante el proceso de separación de arena. Tomado de: Septar suministros especializados para potabilización y tratamiento de aguas residuales. [En Línea]. <https://septar.com.mx/index.php/equipos-para-pretratamiento-de-aguas-residuales/>

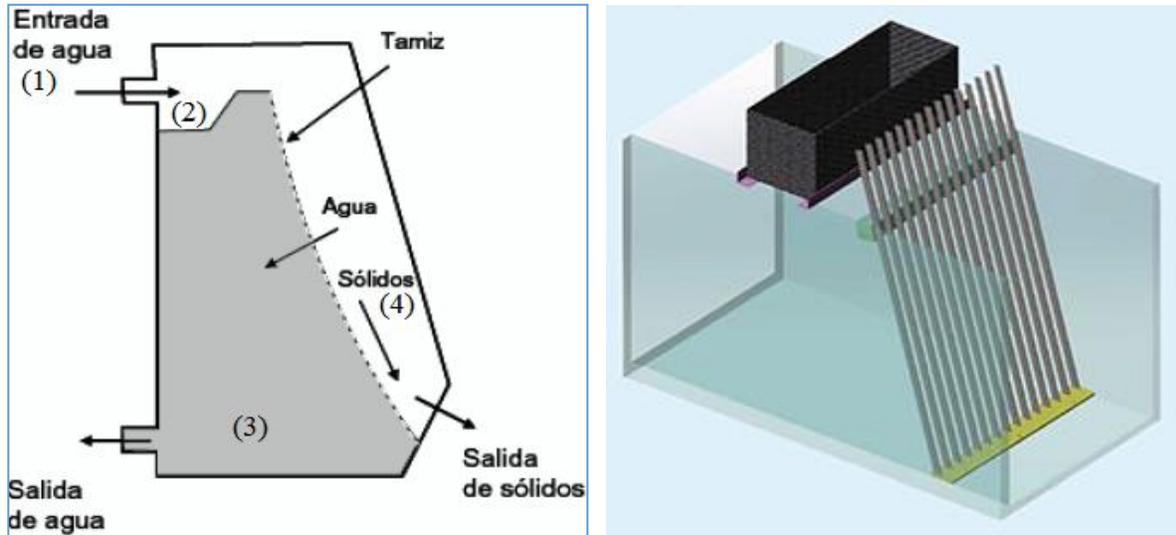
- **Tamiz**

Es apropiado en diferentes industrias. Como se muestra en la imagen de la figura 5, las partículas sólidas tales como arena, pellets de plástico, otras partículas así como componentes más grandes que no pueden ser restringidos por ninguna rejilla anterior pueden separarse así del agua. La limpieza del tamiz se gestiona mediante escobillas duras, aire comprimido o agua de lavado bajo presión, lo que da lugar a varios tipos de tamiz:

- Tamiz rotativo
- Tamiz de arco
- Tamiz vibratoria

Figura 5.

**Esquemas de Tamiz**



**Nota:** La imagen clarifica el proceso de entrada y salida tanto del agua como de los sólidos contenidos en ella. Tomado de: Empresa de tratamiento de aguas. [En Línea]. <https://www.gedar.com/residuales/desbaste/tamiz-estatico.htm>

Es necesario delimitar que este pretratamiento no elimina todos los contaminantes, por lo que se necesitan procesos adicionales para eliminarlos.

**3.2.2. Tratamiento Primario**

El objetivo de este tratamiento, tal cual lo señalan Millán y Polanía (2018, p. 29) es remover parcialmente sólidos suspendidos y parte de materia orgánica, los contaminantes más finos que no han podido ser eliminados durante el pre- tratamiento, es así que los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración,(p. 30-32):

- **Sedimentación:** Es un proceso de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua, tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del tanque, está en función de la densidad del líquido,

del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas, como las arenas, las grasas, y los aceites. En el tanque de sedimentación primario o clarificador primario los sólidos orgánicos pesados se eliminan por gravitación. Este proceso primario puede lograr la eliminación del 50-70% de sólidos suspendidos y del 30-40% de la DBO (demanda biológica de oxígeno), además se puede realizar con o sin el uso de coagulantes (sustancias químicas), dependiendo del proceso productivo que maneje la empresa o industria.

- **Flotación:** se lleva a cabo por medio de burbujas pequeñas de aire adhiriéndose a la materia suspendida en el agua residual que va rotando suavemente, esta materia luego va a la superficie para su posterior remoción y comprende dos sistemas: Flotación por Aire Disuelto – DAF, el más común, se “introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire. El segundo por aire inducido – AIF, posee la propiedad de inyectar aire en forma de micro burbujas a la entrada del proceso. Estas burbujas son generada por un sistema de eductores o por un disco difusor-impulsor único, este disco tiene una serie de orificios finos en todo su perímetro para lograr una difusión de burbujas de aire ultrafinas, en tamaño entre 10 y 100 m de diámetro.
- **Coagulación:** Es la agrupación de partículas finas que se unen entre sí para formar otras más grandes, que se pueden remover con mayor facilidad, en este proceso se usan sustancias químicas. En muchos casos parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas, lo que hace que posean una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de

los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables.

La coagulación de partículas, tal cual afirman Acosta y Laverde (2017, p. 36) consiste en la adición de un producto químico denominado “coagulante”, por lo general se utilizan sales de hierro como el cloruro férrico o el sulfato de aluminio o polielectrolitos los cuales son polímeros un poco costosos que los coagulantes inorgánicos, pero los costos de operación son menores, disminuyendo los lodos producidos y disminuyendo la necesidad de ajustar pH. Estos coagulantes o aglomerantes son sustancias químicas, conocidas como sales metálicas coagulantes, las cuales desestabilizan las partículas, neutralizando sus cargas negativas y permitiendo así la agrupación de flóculos de tamaño y peso suficiente para ser afectados por la aceleración de la gravedad; sin embargo, hay partículas desestabilizadas las cuales necesitan de una ligera agitación para aumentar el contacto con otras partículas y formar así los flóculos.

Dentro de las sustancias químicas a utilizar en el proceso de coagulación para el tratamiento de aguas residuales, las figuras 6 y 7 exponen al detalle las formulas, dosis y aplicación, que según Millán y Polanía (2018, p.32), cumplen en el proceso de limpieza del agua:

**Figura 6.**

*Coagulantes usados en tratamiento de aguas residuales*

PRODUCTO QUIMICO	FORMULA	PESO MOLECULAR (g/mol)
Sulfato de alúmina	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	666,7
Sulfato de Hierro (caparrosa)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278,0
Cal	$Ca(OH)_2$	56 como CaO
Cloruro férrico	$FeCl_3$	162,1

**Figura 7. (Continuación)**

Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	400
<b>Nota:</b> El número de moléculas de agua combinada oscila entre 13 y 14		

**Figura 8.**

*Usos y dosis recomendadas para coagulantes o aglomerantes en tratamiento de aguas residuales*

COAGULANTE	DOSIS (ppm)	APLICACIÓN	FLOCULANTE (Polímero)	DOSIS (ppm)
Cloruro Férrico (FeCl <sub>3</sub> )	100 -150 50 - 100	Eliminación de la materia orgánica Eliminación de fosforo en tratamiento biológico	Aniónico	0,5 - 1,0
Sulfato Férrico (Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )	100 -200 50 - 100	Eliminación de fosforo en tratamiento fisicoquímico Eliminación de fosforo en tratamiento terciario		
Policloruro de Aluminio (PAC) al 18%	75 -100 25 - 50	Eliminación de materia orgánica y fosforo Eliminación de materia orgánica y fosforo en tratamiento primaria		
Sal Mixta de Fe Y Al	150 - 250	Eliminación de fosforo en tratamiento fisicoquímico		

- **Floculación:** Es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agentes preformados, dando como resultado flocs que se pueden retirar fácilmente del agua clarificada. Se produce en condiciones de mezcla suave y lenta, se ve favorecida por una agitación moderada

con paletas a poca velocidad, esta agitación debe controlarse con mucho cuidado, para que los flóculos tengan un tamaño adecuado y puedan depositarse rápidamente. Los tiempos de retención típicos para floculación varían entre 5 y 30 minutos, tal cual describen Millán y Polanía (2018, p.33). Dentro de los agentes floculantes a utilizar, se encuentran polielectrolitos orgánicos sintéticos, que son polímeros de elevado peso molecular y solubles en agua, con cargas eléctricas y/o grupos ionizables; pueden ser de tipo iónico (aniónico o catiónico) o también de tipo no iónico. Una vez formados los flóculos, deben dejarse reposar durante cierto tiempo en el tanque o tolva a fin de favorecer su posterior sedimentación o decantación.

Así, se mencionan los principales floculantes con sus respectivas características, los cuales son utilizados para el proceso de tratamiento de aguas residuales, tal como se demuestra en la figura 8:

**Figura 9.**

*Tipos de Floculantes para el tratamiento de aguas residuales*

TIPO DE FLOCULANTES	CARACTERISTICAS
Poliacrilamidas no aniónicas	Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos)
Poliacrilamidas catiónicas	Reservadas para potabilización de aguas. Son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones
Poliacrilamidas aniónicas	Reservadas para potabilización de aguas. Caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

**Nota:** La imagen facilita la información sobre los tipos de floculantes implementados y sus características particulares. Tomado de: Millán Melo, C. F. y Polanía Villegas, L. M. (2018). Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa somos K S.A. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6723/1/6122891-2018-1-IQ.pdf>

La floculación es una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales, con la adición de estas sustancias es posible utilizar bajas dosis de sales metálicas y alcanzar

excelentes remociones del DBO y sólidos totales suspendidos, con niveles de producción de lodos más manejables.

- **Filtración:** Este proceso, consiste en pasar el agua a través de un medio filtrante poroso, para eliminar partículas y sólidos suspendidos, tales como arena, carbón activado o membranas. La filtración se puede realizar después de procesos previos de tratamiento, como la sedimentación, para lograr una mayor eliminación de impurezas y contaminantes. Es importante mencionar que la pre-tratamiento, como la eliminación de la grasa y la arena, puede mejorar la eficacia de la filtración y prolongar la vida útil del medio filtrante. Por lo general es el paso final en el proceso de remoción de sólidos que se inicia con la coagulación y se hace avanzar a través de la floculación y la sedimentación. En el filtro hasta el 99,5% de los sólidos suspendidos en el agua se puede eliminar, incluyendo minerales, flóculos y microorganismos.

### **3.2.3. Tratamiento Secundario**

En este proceso, según manifiesta Millán y Polanía (2018, p. 36) se encuentran los tratamientos biológicos convencionales, que hacen referencia a una serie de procesos de naturaleza biológica que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable o lodos. Es realizado de forma controlada, denominada: Digestión anaerobia y digestión aerobia, en esta fase también se debe tener en cuenta la aireación, el cual utiliza un tanque de tratamiento llamado clarificador secundario, allí recibe las aguas residuales del tratamiento primario del cual tuvo lugar la evacuación inicial de lodos e impurezas de la superficie. En el proceso primario se retiran aproximadamente del 40% al 60% de los sólidos, en el proceso de tratamiento secundario se retira aproximadamente el 90% de los contaminantes del agua.

- **Digestión Anaerobia:** tal cual menciona Pérez Vidal, *et al* (2009, pp. 139-148) es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento de las aguas residuales; el

proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO<sub>2</sub>, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas, esta digestión se produce en ambientes naturales. Es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido y ha sido utilizada ampliamente para estabilizar lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales. En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobia, una pequeña parte de la energía libre es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química en el metano producido.

La degradación anaerobia de la materia orgánica requiere la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas; esta digestión anaerobia involucra tres grandes grupos tróficos y cuatro pasos de transformación, los cuales cumplen una función fundamental en el proceso de tratamiento de aguas residuales tal como se demuestra en la figura 9 y la figura 10:

**Figura 10.**

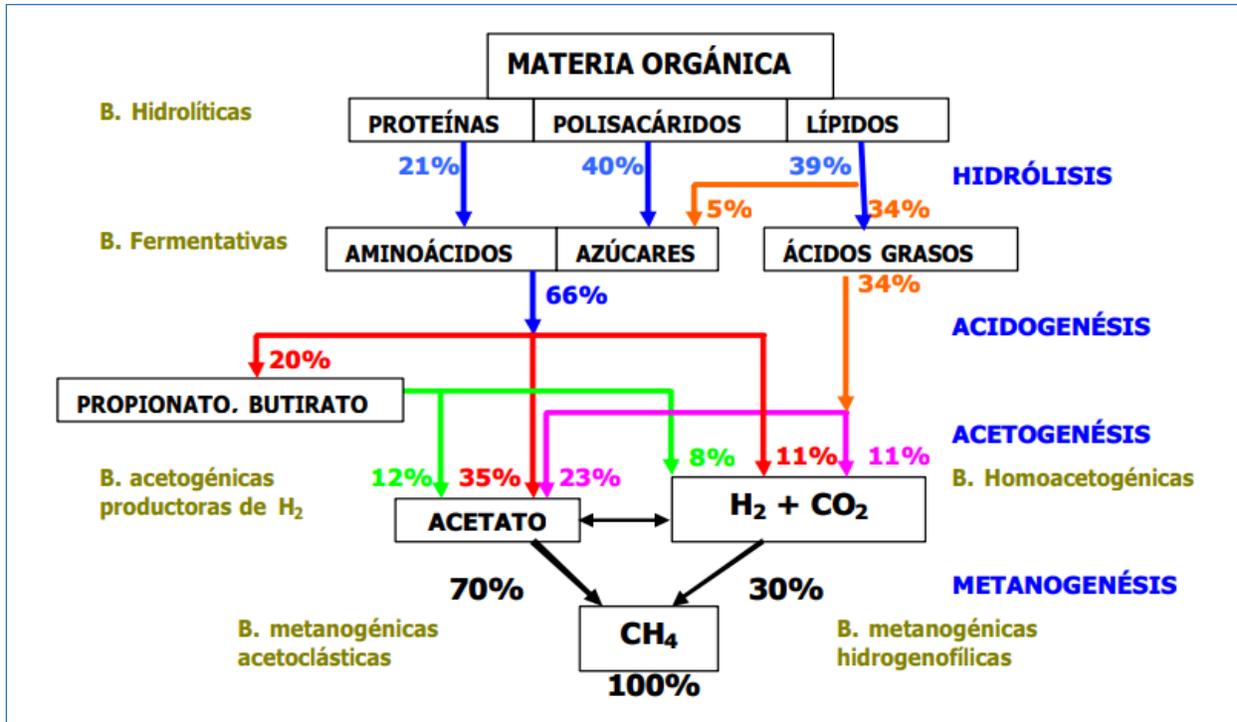
*Grupos de bacterias Facultativas*

GRUPO TRÓFICOS	PASOS DE TRANSFORMACIÓN
Hidrólisis	Grupo I: bacterias hidrolíticas
Acidogénesis	Grupo I: bacterias fermentativas
Acetogénesis	Grupo II: bacterias acetogénicas
Metanogénesis	Grupo III: bacterias metano génicas

**Nota:** La figura menciona los 4 grupos tróficos implementados en el proceso de transformación.

**Figura 11.**

*Etapas de la Digestión Anaerobia*



**Nota:** La figura demuestra los procesos que acontecen con cada una de las bacterias contenidas en la etapa mencionada. Tomado de: Madigan (1997) Van Haandel (1994) [En línea]. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>

- **Digestión Aerobia:** Proceso en el cual se produce una aireación, por un periodo de tiempo significativo, en la mezcla del lodo resultante de tratamiento primario y el lodo generado en el tratamiento secundario bajo la digestión anaerobia, el resultado es la destrucción de células y la suspensión de solidos suspendidos volátiles. Su objetivo consiste en reducir la cantidad de lodos generados y los cuales se dispondrán posteriormente, se presenta como una alternativa viable RESPECTO a la digestión anaerobia para la estabilización de los lodos por lo que representa algunas ventajas como:
  - Reducción de solidos volátiles
  - Formación de un lodo limpio, biológicamente estable que se puede eliminar fácilmente y cuyas características de deshidratación son excelentes

- El sistema es estable y reduce los problemas de operación

De la digestión aerobia se obtienen tres tipos de tratamientos biológicos tal como menciona la comisión Nacional de Agua de México (2019):

- a. Laguna de aireación: Este método se utiliza para el tratamiento de aguas industriales, que tiene altas cargas orgánicas y no requiere de procesos de nitrificación. Las lagunas de estabilización son una alternativa simple de tratamiento del agua residual, que aprovecha el tiempo de residencia hidráulica como principal ventaja para la remoción de materia orgánica. Las lagunas aireadas se pueden implementar cuando se requieren condiciones predominantemente aerobias, o cuando se necesita aumentar el tiempo de residencia como consecuencia de incremento del caudal, o de la carga orgánica del afluente, y el terreno no permite dicha ampliación.
- b. Lodos activos: Este proceso, es utilizado en aguas residuales urbanas e industriales, consiste en una operación continua por medio del reciclado de lodos biológicos. Este sistema de depuración requiere de la presencia de oxígeno, ya que en la degradación de la materia orgánica por parte de bacterias aerobias, suspendidas dentro del reactor biológico.

Las características de sedimentación del lodo activado son el parámetro más importante a considerar cuando se diseña el clarificador o sedimentador secundario. El clarificador se debe diseñar para permitir una separación perfecta del agua tratada y el lodo activado. Si las características del lodo no se conocen, el diseño del sedimentador puede quedar mal. Hay dos pruebas que pueden ayudar a definir estas características: a) El índice volumétrico de lodo y b) la velocidad de sedimentación por zonas.

La diferencia principal entre un tanque de aireación empleado en los sistemas de lodos activados y una laguna aireada, según expone la Comisión del Agua de

México (2019), es que la población de microorganismos en el sistema de lodos activados se controla mediante la purga del lodo sedimentado y la recirculación en el sedimentador secundario, mientras que en una laguna aireada el paso del flujo a través de la laguna es donde la concentración de los sólidos depende de las características del agua a tratar, al igual que el tiempo de retención del sistema.

c. Aireación prolongada o proceso de oxidación total: Es un proceso modificado directamente de lodos activados, se produce de forma aerobia y gracias al empleo de aireadores mecánicos, los cuales pueden ser turbinas o inyectores; o por difusión, permiten la homogeneización de la mezcla de agua residual cruda o sedimentada y lodos activados, evitando así la sedimentación de los flóculos. También se puede decir que la oxidación prolongada es una variante dentro de los procesos de lodos activados para el tratamiento biológico de aguas residuales en condiciones aerobias (presencia de oxígeno), que consiste en la degradación de la materia orgánica por parte de bacterias aerobias. Estas bacterias incorporan la materia orgánica a su metabolismo para generar nuevo tejido celular y mantener su actividad vital. La presencia de oxígeno se consigue introduciendo aire por medio de un compresor y un difusor de microburbujas. Las desventajas de digestión aerobia es el alto consumo de energía.

#### **3.2.4. Tratamiento Terciario**

Representa la última fase del proceso de tratamiento de agua residual, según Millán y Polanía (2018, p.36) complementa los procesos de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, lo que busca este último proceso es lograr aguas más puras, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizada o reutilizada en uso doméstico, agrícola o industrial. Tiene como fin eliminar los elementos contaminantes que no se pudieron expulsar en las etapas previas. Algunos de estos elementos son: sólidos suspendidos y sólidos coloidales, materia orgánica y nutrientes (nitrógeno, fósforo), y componentes patógenos.

Teniendo en cuenta que la aplicación del tratamiento terciario de aguas residuales es esencial para cumplir las normas internacionales de vertimiento, pueden utilizarse diferentes tecnologías, según lo menciona la empresa peruana Bosstech:

- **Filtración:** Elimina las partículas del agua haciéndola pasar por un medio poroso reteniendo el mayor número posible de residuos sólidos, mediante dos formas de filtración: profundas o superficiales.
- **Flotación por aire disuelto:** Consiste en la generación de burbujas de gas en las cuales el aire contiene las partículas presentes en el agua tratada, lo que provoca que las partículas suben a la superficie y salgan del proceso.
- **Filtración por Membrana:** La tecnología de membranas se utiliza para procesar una amplia variedad de residuos, como residuos orgánicos e inorgánicos y residuos oleosos solubles en agua, estos se clasifican según su fuerza motriz y su método de separación, como la multifiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración, la ósmosis inversa y la ósmosis directa.
- **Oxidación Avanzada:** Esta tecnología se utiliza para eliminar bacterias y descomponer los contaminantes orgánicos existentes. En la actualidad, el ozono es el desinfectante más utilizado después del cloro.
- **Desinfección:** Es un procedimiento que elimina o inactiva los microorganismos perjudiciales para la salud, haciendo uso de la radiación ultravioleta, la cloración y la ozonización.

### **3.2.5. Tratamiento y Disposición de lodos**

Los lodos son el resultado de la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de los procesos de potabilización o del tratamiento de aguas residuales, estos se originan a partir de la desestabilización de los sólidos disueltos en el agua cruda, con la ayuda de un agente coagulante, apilando las partículas para lograr el aumento de su densidad y tamaño, para que finalmente por efecto de la gravedad se puedan sedimentar.

La normatividad Colombiana, en la Resolución 0330 del 2017, artículo 125, reglamenta que todos los lodos deben ser sometidos a un tratamiento que incluye técnicas de homogeneización, espesamiento y deshidratación, de igual forma se les debe acondicionar antes de su disposición final, ya que poseen alto contenido de materia orgánica, la cual no pueden ser dispuestos libremente.

El lodo procedente de las plantas de tratamiento de agua residual, tal como lo mencionan Castro y Delgado (2020, p. 27-28) varía según el tipo de planta, estos provienen de la sedimentación primaria lo cual representa entre el 0.22% y el 0.93% del volumen de agua residual y el contenido de sólidos volátiles podría ser del 63% al 83%.

En el caso de los lodos provenientes de la sedimentación secundaria, varían en función de los procesos. Los lodos resultantes de los filtros percoladores muestran un rendimiento de 0.08% a 0.10% del caudal tratado y el contenido de sólidos volátiles es del 60% en promedio. Los lodos activados comúnmente presentan rendimiento del 1.2 al 1.5 del volumen de agua tratado con un contenido de humedad de 97% al 99%.

- **Clasificación de los Lodos**

- Según el afluente a tratar:

- Lodos urbanos o domésticos
- Lodos Industriales

- Según la etapa del tratamiento del agua residual los lodos se clasifican en:

- Lodos primarios: Producidos durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales, según definición de Fibras y Normas de Colombia S.A.S., surge del proceso de separación por gravedad de los sólidos en suspensión presentes en el agua residual, la cantidad que se produce mediante este proceso, se encuentra

ligada a parámetros tales como el volumen del agua tratada, la concentración de sólidos suspendidos presentes en el recurso y la eficiencia del sistema de decantación responsable del tratamiento.

- Lodos secundarios (biológicos): Generados durante los procesos de depuración de aguas residuales, estos son separados mediante decantación secundaria; se encuentran conformados por biomoléculas tales como polisacáridos, proteínas, bacterias y microorganismos, los cuales son los responsables de la cantidad y las características las cuales pueden variar con el metabolismo y grado de crecimiento de los mismos.
- Lodos mixtos: Resultan de la mezcla que se produce a partir de los lodos primarios y secundarios, los cuales son tratados en las estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Lodos terciarios (químicos o físico-químicos): Se producen a partir de la adición de sales de hierro o aluminio y cal, los cuales se añaden para mejorar el rendimiento en la reducción de concentraciones de materia orgánica en suspensión presente en el agua, eliminar determinados compuestos inorgánicos disueltos presentes, o precipitar el fósforo.
- o Según el tipo de tratamiento en la línea de lodos:
  - Homogeneización: Los lodos son retirados de manera interrumpida por tanto las concentraciones varían, en este caso se hace necesario hacer una recolección de los mismos, con el fin de almacenar cantidades suficientes para posteriormente mezclarlos y lograr una concentración homogénea, garantizando características similares en estos.
  - Espesamiento: Esta etapa permite una reducción del volumen del lodo a tratar ya que por su alto porcentaje de humedad, existe la necesidad de concentrar los

sólidos presentes haciendo una separación de fases, este proceso se puede realizar mediante espesamiento por gravedad, en donde los lodos se precipitan por la acción de esta, dejando el agua clarificada en la parte superior, la cual puede ser retirada fácilmente. Otra manera de realizar el proceso de espesamiento, es por medio de la flotación de los flóculos, en donde se inyectan los lodos a tratar acompañados de una corriente de aire, con el fin de crear pequeñas burbujas que se adhieran a los flóculos, el lodo flotante y espesado es retirado por medio de rasquetas.

- **Deshidratación:** Se trata de una operación física (natural o mecánica), con el fin de reducir el contenido de humedad y el volumen presente en los lodos. Entre los sistemas mecánicos se encuentra la centrifugación, la cual consiste en un tambor cilíndrico-cónico de eje horizontal en el cual se ejerce fuerza de centrifugación o de inercia que actúa para la separación del sólido (lodo) y el líquido (agua). La deshidratación por sistemas naturales se hace mediante lechos de secado, en donde los lodos se pasan por medio de capas de grava o arena, produciendo una filtración y la deshidratación de los mismos por evaporación, siendo ésta producto de condiciones climáticas.

- **Disposición final de los Lodos**

Existen diferentes alternativas de manejo de los lodos para su disposición final de acuerdo a la calidad y el volumen obtenidos, es posible optar por tratamientos finales en base a incineración, aplicación al terreno, disposición en mono rellenos y co-disposición en rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos.

Algunos lodos debido a los nutrientes que poseen se hace una excelente enmienda de suelo y por consiguiente, se le puede dar uso como fertilizante en la agricultura, sin embargo, se han generado inquietudes acerca de los impactos que pueden causar a la salud, dado que se asocian a la utilización de este método de tratamiento como el

físico-químico, por lo que ha hecho que se le dé otra disposición de estos residuos sólidos.

Otra alternativa de disposición de los lodos es el encapsulamiento, según García Ubaque et al (2013, p.26-36) este es un proceso por medio del cual el residuo es incorporado dentro de un material que lo aísla del ambiente, sin que los componentes del residuo se fijen químicamente al material utilizado; entre los materiales de encapsulamiento están el vidrio, el metal, el concreto y el plástico.

En Colombia según la Corporación Autónoma Regional – CAR (2011), define que dentro de las posibles alternativas de sitio para de disposición final de los biosólidos, se tienen los siguientes lugares en Cundinamarca:

- Relleno Sanitario de Doña Juana
- Relleno Sanitario de Mondoñedo
- Mono-rellenos Predio Cruz Verde
- Mono-rellenos Predio La Cañada
- Mono-rellenos Predio La Cañada
- Mono-relleno en Canteras

Como otras alternativas de uso de lodos, la CAR, refiere como aprovechamiento:

- Restauración de Suelos
- Re-vegetalización
- Compostaje

#### 4. METODOLOGÍA

La presente investigación se centró en definir los requisitos funcionales para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa Gráficas Jaiber SAS, mediante el análisis técnico de la normatividad nacional, metodologías implementadas y prácticas acordes que garanticen la adecuada disposición final de los residuos contaminantes, por medio del método cualitativo de tipo documental, ya que según Bonilla y Rodríguez (2005), dicho método se orienta en profundizar casos específicos y no a generalizar, mediante la cualificación y descripción del fenómeno social a partir de rasgos determinantes según sean percibidos por el contexto particular del objeto de la investigación, lo cual permite conocer y describir la situación actual del proceso técnico de disposición final de las aguas residuales industriales y residuos peligrosos sólidos provenientes del proceso de troquel, impresión y producto terminado de la empresa Gráficas Jaiber SAS, partiendo de sus comportamientos, procesos y procedimientos establecidos y forma de realizar y desarrollar las actividades de tratamiento de residuos sólidos contaminantes.

Respecto al tipo de investigación se realizó una mezcla de dos tipos: la documental y descriptiva, lo anterior basado en Hernández (1998) quien expone que:

algunas veces una investigación puede caracterizarse como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa pero no solo situarse únicamente en una como tal, aunque el estudio sea esencialmente exploratorio contendrá elementos descriptivos, o bien un estudio correlacional incluirá elementos descriptivos, y lo mismo ocurre en cada una de las clases de estudio (p. 76).

En principio se elaboró un estudio metódico, sistemático y ordenado con objetivos definidos que permiten posteriormente al rastreo de fuentes documentales y referencias bibliográficas mediante la utilización de palabras claves, de tal manera que una vez recopilada la información se organizó la misma con ayudas tecnológicas como gráficas, figuras y tablas con sus respectivas notas bibliográficas las cuales permitieron acceder

a dicha información de manera rápida, ordenada y oportuna, y posteriormente se procede a contextualizarlas, analizarlas y categorizarlas a fin de tener una comprensión holística sobre el manejo de aguas residuales en el contexto nacional y propio de la empresa objeto de investigación.

Como complemento a la investigación documental, en segunda instancia se desarrollaron algunos elementos de la investigación descriptiva, puesto que según Naghi (2005) este tipo de investigación “es una forma de estudio para saber quién, dónde, cuándo, cómo y porqué del sujeto de estudio.” (p. 528).

A su vez y de acuerdo con Tamayo (1999, p.50), quien afirma que se deben seguir algunos patrones metodológicos propios de este tipo de investigación, como describir la situación o acontecimiento, definir en términos claros y específicos qué características se desean describir, se hizo una amplia observación sobre las muestras, técnicas e insumos implementados por la empresa para analizar la información en torno al cumplimiento de los objetivos y suministrar recomendaciones y conclusiones de manera apropiada, de acuerdo a los resultados obtenidos.

#### **4.1. Fases de investigación**

El estudio descriptivo que se desarrolló en esta investigación siguió cada uno de los pasos mencionados, comenzando con la identificación y análisis de todo el proceso desarrollado en la empresa de Gráficas Jaiber SAS para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos contaminantes, en los cuales se realizó un levantamiento de información estadística de producción y emisión de desechos sólidos y líquidos para poder tener un conocimiento holístico de la situación actual y así poder definir posteriormente los requisitos funcionales para un adecuado tratamiento de las aguas industriales.

Posteriormente se articuló tanto el tipo de investigación documental como la descriptiva, en la medida que para recolectar los datos se definió la revisión técnica,

previamente identificada y categorizada desde la normatividad internacional hasta la nacional y las disposiciones empresariales particulares. Una vez recolectada la información, se procedió a transcribir los datos de forma literal a fin de evitar sesgos en su posterior análisis. Una vez analizada la información se procede a redactar el informe final con los resultados de la investigación y su posterior divulgación a la Alta Dirección de la empresa Gráficas Jaiber SAS.

#### **4.1.1. Diseño metodológico**

Para el desarrollo y cumplimiento del primer objetivo se utilizó una metodología de carácter documental, que según lo expuesto por Hoyos (2000), lleva implícito el método inductivo y deductivo; inductivo porque al iniciar se recolecta la información desde los textos individuales, para llegar a la información general que es la sistematización de los mismos. Deductivo porque parte de lo universal a lo particular dado que se realiza la interpretación y construcción teórica.

Para la presente investigación, el carácter inductivo corresponde a los textos que resultan del rastreo documental que se realizó a partir de las palabras clave: contaminación, tratamiento de aguas, legislación colombiana, agua residual, residuos peligrosos, y cuál ha sido su impacto ambiental, para llegar posteriormente a la parte deductiva la cual se muestra en el análisis e interpretación de la información de los documentos seleccionados los cuales seguidamente soportan la construcción del contexto teórico.

Finalmente los datos recopilados dando cumplimiento tanto al primer como el segundo objetivo, facilitaron los elementos que nos permitieron el análisis y la construcción de las respuestas a la problemática propuesta, a continuación se observa el proceso para el análisis de la información de manera detallada en la figura 11, explicando la relevancia de cada actividad, procedimiento e instrumento en concordancia con los objetivos planteados:

**Figura 12.**

*Diseño temático de la investigación*

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTOS	ANALISIS
1°	Definir el planteamiento del problema. Delimitar los objetivos específicos.	Recopilación de información sobre los riesgos ambientales del mal manejo de aguas residuales.	Búsqueda en páginas web de documentos relacionados con el tema.	Tesis nacionales e internacionales sobre el tema problemático. Normativas nacionales	Se evalúa la pertinencia de la información registrada en la base de datos, para la selección de criterios de investigación.
2°	Establecer el diseño metodológico y referencial. Análisis de los aspectos e impactos ambientales presentes en la empresa en estudio.	Construcción del marco demográfico, legal y conceptual.	Lectura de teorías y marcos conceptuales para definir los componentes correspondientes al análisis de contenido. Revisión de la normativa aplicable a la empresa en estudio.	Documentos de gestión ambiental presentes en la empresa en estudio.	Se evalúa la información de los documentos consultados para el análisis de los términos seleccionados.
3°	Consolidación de las recomendaciones y conclusiones	Sistematización de la información recolectada.	Análisis sobre los hallazgos de los procedimientos de tratamiento de las aguas residuales.	Reflexión e interpretación de los resultados para la elaboración de las conclusiones y recomendaciones.	Pertinencia y coherencia entre la información recolectada y la suministrada por la autora.

**Nota:** La figura corresponde a la organización de las fases de la investigación atendiendo el modelo descriptivo y el enfoque cualitativo.

## 5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Marco legal

Al verificar el cumplimiento de la normatividad nacional y en desarrollo del objetivo 1 de la presente investigación, a continuación se hace un análisis sobre la reglamentación relevante en cuanto al recurso hídrico y sus vertimientos.

Para destacar dicha legislación, en la figura 12 se establecen las principales normas ambientales nacionales, seguido de las normas definidas para el recurso hídrico en las que se refiere tanto a la calidad del agua, como la cantidad y los vertimientos.

**Figura 13.**

*Normatividad nacional para el manejo de recursos hídricos.*

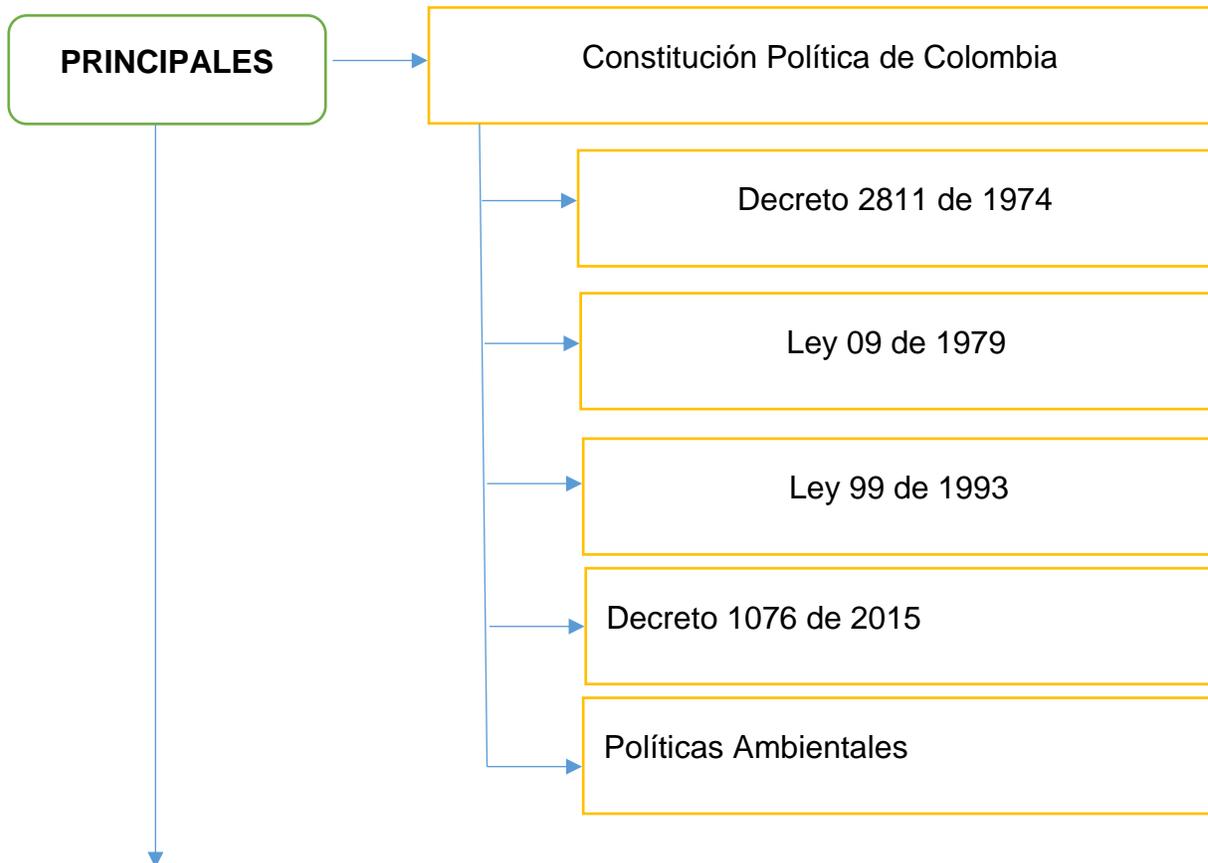


Figura 12. (Continuación)

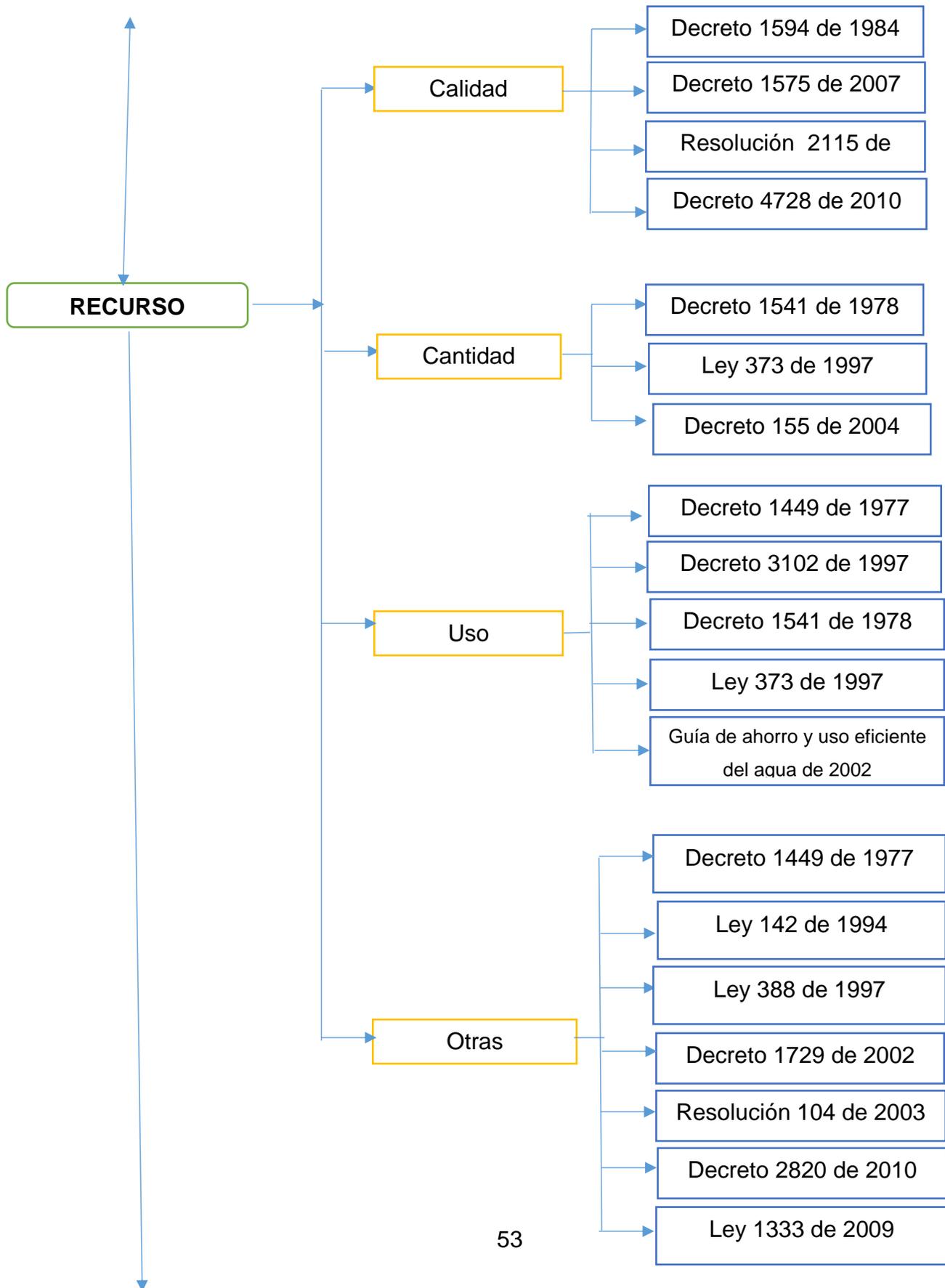
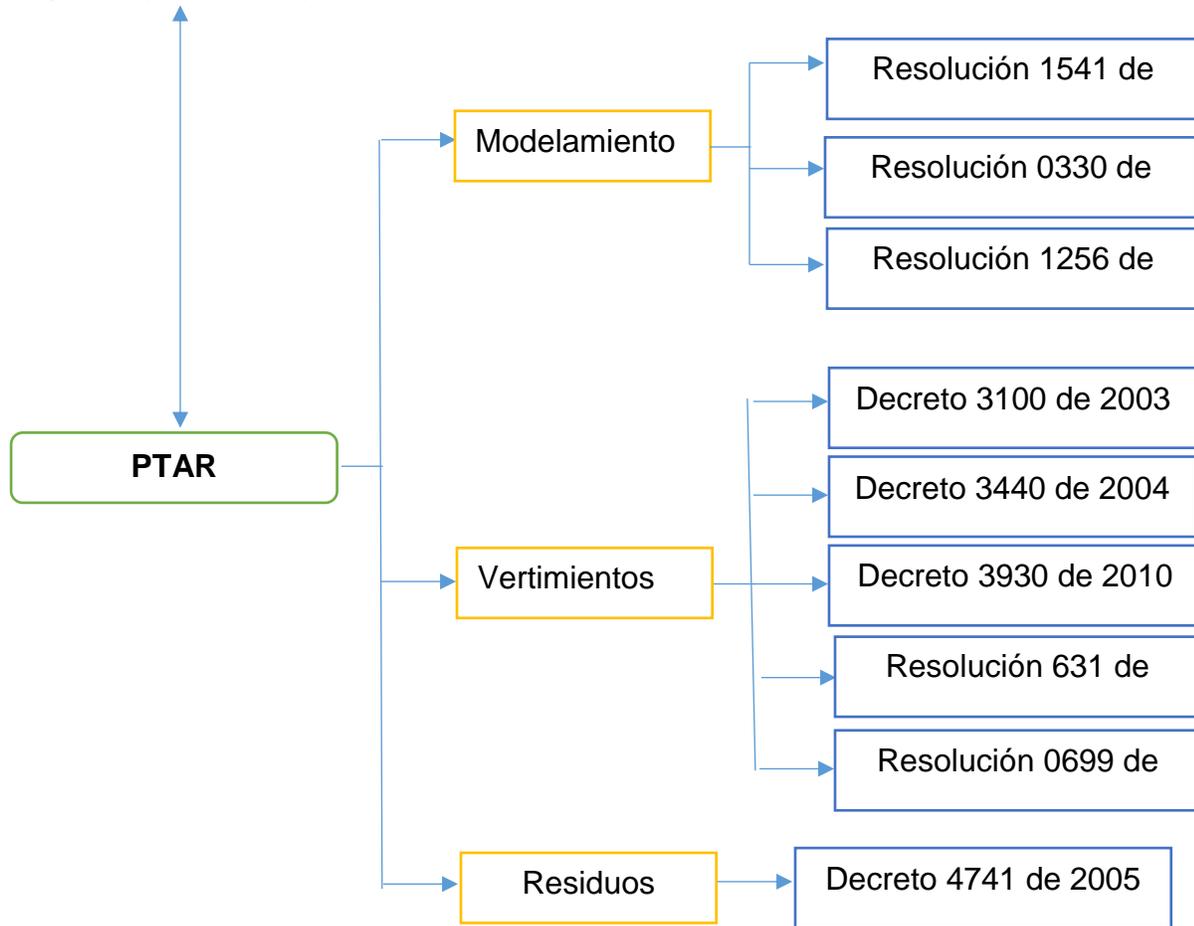


Figura 12. (Continuación)



**Nota:** La figura es elaborada con datos basados en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada Miraflores.

Luego de revisar el concepto normativo aplicable al Recurso Hídrico, a continuación se presenta la figura 13, explicando cada norma, resaltando el tema que abarca en la investigación y su relación con el Ordenamiento del Recurso Hídrico nacional.

**Figura 14.**

*Normativas nacionales*

NORMA	ALCANCE	RELEVANCIA EN:
Constitución Política de Colombia	Consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y garantizar un medio ambiente sano. Asigna competencias a diferentes entes estatales para adelantar las tareas de administración, planeación, prevención y defensa del medio ambiente.	Principal en términos Ambientales
Decreto - Ley 2811 de 1974	<p>Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente</p> <p>Define normas generales y detalla los medios para el desarrollo de la Política Ambiental. Entre otras competencias, asigna responsabilidades para ejecución de obras de infraestructura y desarrollo, conservación y ordenamiento de cuencas, control y sanciones, concesiones y uso del agua, tasas, incentivos y pagos, medición de usos, uso eficiente del agua y demás herramientas para la administración, protección, conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables.</p> <p>Artículo 3: Control sanitario del uso de las aguas                      Artículo 164: Definición legal del agua                      Art. 77 a 78: Clasificación de aguas.                      Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces.                      Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua.                      Art. 134 a 138: Prevención y control de contaminación.                      Art. 149: aguas subterráneas.                      Art. 155: Administración de aguas y cauces</p>	Principal en términos Ambientales
Ley 09 de 1979	<p>Código Sanitario Nacional: Establece las normas generales para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana y define desde el aspecto sanitario los usos del agua y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.</p> <p>Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano.                      Art. 55 aguas superficiales.                      Art. 69 a 79: Potabilización de agua</p>	Principal en términos Ambientales

Figura 13. (Continuacion)

<p>Ley 99 de 1993</p>	<p>Sistema Nacional Ambiental SINA: Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Define el marco legal y asigna funciones en relación con la formulación de la Política Nacional Ambiental, ordenamiento territorial y manejo de cuencas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tasas de uso del agua y retributivas, licencias ambientales, concesiones de agua y permisos de vertimiento, control, seguimiento y sanciones, manejo de conflictos de competencias, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.</p> <p>Art.5 Funciones de Minambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental</p> <p>Art. 31 Funciones de las CAR,s relacionadas con calidad y normatividad ambiental</p> <p>Art. 10,11,24,29: Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.</p>	<p>Principal en términos Ambientales</p>
<p>Decreto 1076 de 2015</p>	<p>Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, su última fecha de actualización se realizó el 20 de diciembre de 2021</p> <p>El objeto de este decreto es compilar la normatividad expedida por el Gobierno Nacional en ejercicio de las facultades reglamentarias conferidas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, para el cumplimiento y ejecución de las leyes del sector Ambiente, rige en todo el territorio nacional y aplica a las personas naturales y jurídicas y a las entidades del sector ambiente, a las Corporaciones Autónomas Regionales, a los grandes centros urbanos de que trata el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, a las autoridades ambientales de que trata el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 en el ámbito de sus competencias</p>	<p>Principal en términos Ambientales</p>
<p>CONPES 1750 de 1995</p>	<p>Políticas de manejo de las aguas, busca ampliar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de acueducto y alcantarillado, y crear las condiciones que permitan la modernización y el desarrollo del sector de agua potable y saneamiento básico</p>	<p>Políticas Ambientales en materia del Recurso Hídrico</p>
<p>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2010</p>	<p>El Objetivo de esta política es caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país, bajo la Estrategia del uso eficiente y sostenible del agua.</p> <p>En esta política, se establecen 6 objetivos y 62 líneas de acción estratégicas para el manejo del recurso hídrico en el país, cuyo objetivo general es garantizar su sostenibilidad. Estableció el principio "ahorro y uso eficiente".</p>	<p>Políticas Ambientales en materia del Recurso Hídrico</p>
<p>CONPES 3918 de 2018</p>	<p>Estrategias para la implementación de los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODS) en Colombia</p>	<p>Políticas Ambientales en materia del Recurso Hídrico</p>

Figura 13. (Continuación)

CONPES 3934 de 2018	Política de Crecimiento Verde, la cual busca Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima	Políticas Ambientales en materia del Recurso Hídrico
CONPES 3177 de 2002	Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del Plan Nacional de manejo de aguas Residuales (PMAR) con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la Nación	Políticas Ambientales en materia del Recurso Hídrico
CONPES 4004 de 2020	Economía Circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales	Políticas Ambientales en materia del Recurso Hídrico
Decreto 1594 de 1984	Aunque el Decreto en la actualidad es reemplazado en su mayor parte por el Decreto 3930 de 2010, aún están vigentes los artículos relacionados con los Usos y Criterios de Calidad del agua, así como las Normas de Vertimientos para usuarios que viertan al suelo o a un cuerpo hídrico. Normas de vertimientos de residuos líquidos Art. 1 a 21 Definiciones. Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua. Art. 29 Usos del agua. Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos. Art. 72 a 97 Normas de vertimientos. Art. 142 Tasas retributivas. Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras	Calidad del Agua
Decreto 1575 de 2007	Establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano	Calidad del Agua
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Calidad del Agua
Decreto 4728 de 2010	Modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010 principalmente en lo que respecta a la ampliación de los plazos estipulados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la elaboración y entrega de los criterios de calidad, normas de vertimientos y demás compromisos adquiridos en la Norma.	Calidad del Agua
Decreto 1541 de 1978	Reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados, reglamenta el dominio y usos de las aguas con fines de desarrollo humano, económico y social, restringe y limita el dominio de las aguas para asegurar su aprovechamiento sostenible y expone las sanciones por el incumplimiento de la norma, entre otros aspectos. Aguas continentales: Art. 44 a 53 Características de las concesiones Art. 54 a 66 Procedimientos para otorgar concesiones de agua superficiales y subterráneas Art. 87 a 97: Explotación de material de arrastre Art. 104 a 106: Ocupación de cauces y permiso de	Cantidad de agua

Figura 13. (Continuación)

	<p>ocupación de cauces                  Art. 211 a 219: Control de vertimientos, Art. 220 a 224                  Vertimiento por uso doméstico y municipal                  Art. 225: Vertimiento por uso agrícola                  Art. 226 a 230: Vertimiento por uso industrial                  Art. 231: Reglamentación de vertimientos.</p>	
Ley 373 de 1997	<p>Obliga a incorporar el programa de uso eficiente del agua a nivel regional y municipal, y a utilizar métodos eficientes en el uso del recurso hídrico.                  También obliga a definir una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y ahorro del agua</p>	Cantidad de agua
Decreto 155 de 2004	<p>Reglamenta el instrumento económico de las tasas por utilización del agua – TUA</p>	Cantidad de agua
Decreto 1449 de 1977	<p>Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974</p>	Uso del agua
Decreto 1541 de 1978	<p>Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973                  Sección 3 Uso Industrial.                  Título VII Capítulo I: Aguas lluvias.</p>	Uso del agua
Decreto 3102 de 1997	<p>Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua</p>	Uso del agua
Ley 373 de 1997	<p>Programa ahorro y uso eficiente del agua modificado por la Ley 812 de 2003</p>	Uso del agua
Guía de ahorro y uso eficiente del agua de 2002	<p>Su objetivo es orientar a las autoridades ambientales frente a la promoción, seguimiento y control del uso eficiente y ahorro del agua, como también las formulación e implementación de un programa de uso eficiente y ahorro del agua, de acuerdo con lo establecido en la Ley 373 de 1997</p>	Uso del agua
Decreto 1449 de 1977	<p>Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974                  Establece obligaciones a los propietarios de predios para la conservación, protección, y aprovechamiento de las aguas, bosques, fauna terrestre, acuática, y suelos.                  Artículo 2: En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, los propietarios de predios.</p>	Otras referentes al Recurso Hídrico
Ley 142 de 1994	<p>Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.</p>	Otras referentes al Recurso Hídrico
Ley 388 de 1997	<p>Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones, define, entre otros, competencias en el manejo de las cuencas hidrográficas para elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial en los municipios y distritos</p>	Otras referentes al Recurso Hídrico

Figura 13. (Continuación)

Decreto 1729 de 2002	Establece las finalidades, principios y directrices para la ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas- POMCA, la competencia para su declaración, procedimiento, acciones y plazos para su cumplimiento. Se define como norma de superior jerarquía sobre cualquier otro ordenamiento administrativo y determinante de los Planes de Ordenamiento Territorial POT.	Otras referentes al Recurso Hídrico
Resolución 104 de 2003	Reglamentaria del decreto 1729/02, establece criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas	Otras referentes al Recurso Hídrico
Ley 1333 de 2009	Se establece el Procedimiento Ambiental Sancionatorio y se dictan otras disposiciones.	Otras referentes al Recurso Hídrico
Decreto 2820 de 2010	Establece todo lo relacionado con la autorización de Licencias Ambientales, las cuales deben estar articuladas al Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas.	Otras referentes al Recurso Hídrico
Resolución 1541 de 2013	Por el cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.	Modelamiento de la PTAR
Resolución 0330 de 2017	Por el cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico-RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000,0424 de 2001,0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009	Modelamiento de la PTAR
Resolución 1256 de 2021	Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones.	Modelamiento de la PTAR
Decreto 3100 de 2003 y Decreto 3440 de 2004	Modifican el instrumento económico de tasas retributivas por vertimientos puntuales. Crea los PSMV (hacen las veces de planes de cumplimiento) y Reactiva los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH del 1594/84, exigiendo establecer Objetivos de Calidad en un Horizonte de tiempo.	Vertimientos
Decreto 3930 de 2010	Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados	Usos del agua y Vertimientos
Decreto 631 de 2015	Por el cual el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, en el año 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 y se dictan otras disposiciones.	Vertimientos
Resolución 0699 de 2021	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas Tratadas al suelo y se dictan otras disposiciones	Vertimientos
Decreto 4741 de 2005	Reglamenta parcialmente la prevención y generación de residuos o desechos peligrosos y regula el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente	Residuos

**Nota:** Figura elaborada con datos basados en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada Miraflores.

Tomado de:<https://corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmiraflorresp1.pdf>

Luego de la revisión bibliográfica, la recolección de la información, se procede al análisis documental en términos ambientales, la consolidación de dicha información nos permite reconocer los términos legales que rige el uso y la calidad del agua así como los parámetros de los vertimientos que se realizan en las fuentes de agua, asimismo al analizar los artículos y documentos sobre el tratamiento y disposición del agua residual, nos aclara el panorama del estado actual de la PTAR en la empresa Graficas Jaiber SAS.

Dentro del análisis documental en términos legales en primera instancia citamos la Constitución Política Colombiana de 1991, la cual estableció el derecho a un ambiente sano y al desarrollo sostenible; también proclama los derechos y deberes del estado y de las personas de proteger los recursos naturales, el ambiente y velar por su conservación.

El Decreto 1594 de 1984, por su parte reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, establece los parámetros para los diversos tratamientos de aguas de acuerdo a su uso y disposición, en el artículo 5 nos habla del tratamiento convencional para potabilizar las aguas, mediante los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, del cual también se hacen referencia los diferentes autores presentados en esta investigación.

Para la construcción de una Planta de Tratamiento de agua residual de se debe tener en cuenta la Resolución 0330 de 2017 en su capítulo 3 referente a la potabilización de aguas, en el artículo 101 nos da a conocer los requisitos para la selección de tecnologías y procesos unitarios de tratamiento.

En este artículo en particular nos notifica que se debe realizar un estudio técnico el cual debe contener entre otros:

- a. Estudio de caracterización de agua cruda
- b. Una inspección sanitaria en campo de acuerdo a los lineamientos del POMCA
- c. Se debe conocer los parámetros permisibles de vertimiento
- d. Se debe diseñar un esquema y modulación de las unidades del sistema de tratamiento
- e. Un análisis de vulnerabilidad del sistema de tratamiento de la PTAR

Por su parte la sección 4 de esta resolución, nos da a conocer la gestión que se debe tener con el subproducto proveniente de la potabilización del agua, el cual el subproducto son los Lodos, en este capítulo hacen referencia a la caracterización, tratamiento y disposición final de los mismos.

Decreto 631 de 2015, por su parte 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.

El capítulo IV, artículo 13 de este Decreto, define los parámetros fisicoquímicos y sus límites permisibles en los vertimientos de aguas residuales no domésticas asociadas a las actividades de fabricación y manufactura de bienes, para este caso en estudio, se tiene en cuenta lo establecido para empresas cuyo objeto social sea imprentas y litografías.

En consecuencia la sección 4 de la resolución 0330 de 2017, en cuanto a la disposición de los subproducto proveniente de la potabilización del agua, hablando específicamente de los lodos, esta disposición se debe realizar de acuerdo a lo dispuesto en el Decreto 4741 de 2005; este decreto tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos y regular el manejo de los residuos generados, con el fin de proteger la población y el medio ambiente.

Los artículos de 05, 06 y 07 de la resolución 0330 de 1017, nos especifican la clasificación, las características y el procedimiento para identificar un residuo peligroso,

igualmente en su capítulo III relaciona las obligaciones y responsabilidades del generador de los residuos.

El artículo 20 por su parte establece los parámetros de la gestión y manejo de los empaques, envases, embalajes y residuos de productos o sustancias químicas con propiedad o característica peligrosa.

Cuando se llega al incumpliendo de la normatividad aparecen las multas, esta es una sanción económica que se impone al infractor de la norma.

En referencia a los autores citados, encontramos que las etapas en las cuales se distribuye el proceso de tratamiento de agua son:

- a) Tratamiento preliminar o pretratamiento
- b) Tratamiento primario
- c) Tratamiento secundario
- d) Tratamiento terciario
- e) Tratamiento y disposición de lodos

Estos a su vez se desglosan en los procesos físico químico de los cuales hace referencia el Decreto 1594 de 1984.

## **5.2.Estado actual de la planta de tratamiento de agua residual en la empresa Gráficas Jaiber SAS**

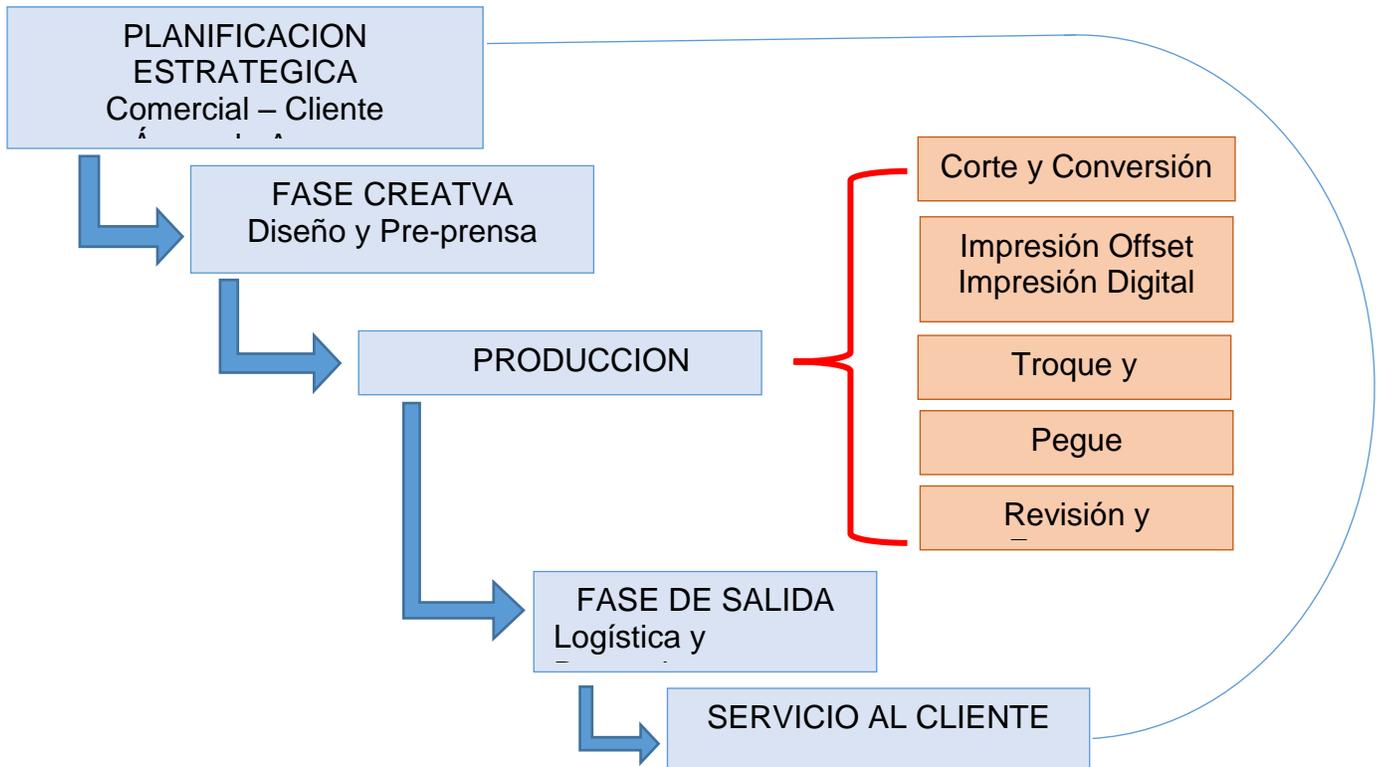
**Proceso de producción:** Consiste en una serie de pasos para elaborar un producto impreso, este va desde la necesidad del cliente y ejecución del diseño hasta la edición y realización del producto acabado. Cada etapa del proceso grafico es realizada por un equipo humano idóneo diferente, para asegurar la calidad del producto final.

El proceso grafico de la empresa en estudio, se divide en cinco fases, figura 14, en las dos primeras se desarrolla el concepto creativo, en la siguiente y la más importante

para esta investigación es la producción y por ultimo encontramos la fase de salida, esto descrito.

**Figura 15.**

*Proceso Productivo*



**Nota:** La figura expone los 5 momentos presentes en la etapa productiva de la empresa objeto de estudio.

### 5.3. Impactos ambientales generados en el proceso productivo

Dentro del proceso productivo de la empresa de artes gráficas en estudio, se realizó un análisis de los aspectos e impactos generados al ambiente, como también se definen los criterios de control que se manejan en la actualidad.

Graficas Jaiber S.A.S., es una Organización dedicada a la elaboración de productos impresos sobre diferentes sustratos, maneja la siguiente política integrada de gestión

con el fin de cumplir con estándares nacionales e internacionales, generando una cultura de prevención y promoción de la seguridad y salud en el trabajo, para identificar y controlar de manera prioritaria los riesgos de tipo físico, químico, biológico, psicosocial y de medio ambiente laboral, al igual que los impactos ambientales generados por las actividades propias de su proceso productivo en todos sus grupos de interés.

También se busca mitigar de manera prioritaria los accidentes de trabajo, las enfermedades laborales, los daños a la propiedad, la contaminación ambiental y la afectación de la calidad del producto en todas las actividades desarrolladas siendo responsabilidad de todas las partes interesadas, dando cumplimiento a los requisitos legales aplicables en materia de Calidad, Medio Ambiente, Salud y Seguridad en el Trabajo y cualquier otro suscrito a la organización.

De igual manera, se asignan los recursos necesarios que permitan la implementación de programas y acciones que sean medibles basadas en buenas prácticas empresariales, que contribuyan al mejoramiento continuo de la Organización y todos sus grupos de interés.

Esta política integrada debe ser conocida y practicada por todas las personas que conforman la organización, por lo cual será revisada, actualizada, publicada y divulgada de forma permanente, estando disponible para todas las partes interesadas de la Compañía.

Es así que en la figura 15, se resumen la matriz de aspectos e impactos de la empresa en estudio, de acuerdo a los procesos y etapas de producción.

**Figura 16.**

*Aspectos e Impactos ambientales*

ETAPA	ACTIVIDADES GENERADORAS DE IMPACTOS	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	CRITERIOS DE CONTROL EMPLEADOS
PLANIFICACION ESTRATEGICA	Comercial - Cliente	*Emisiones Atmosféricas *Consumo de Agua *Consumo de Energía *Generación de gases por uso vehicular *Contaminación del suelo por generación de residuos (papel)	*Deterioro en la salud de las personas *Agotamiento del recurso hídrico	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables
FASE CREATIVA	Diseño y Pre-prensa	*Consumo de Agua *Consumo de Energía *Contaminación del suelo por generación de residuos (lamina litográfica-papel)	*Agotamiento del recurso hídrico *vertimientos (agua resultante del proceso del CTP con químicos y residuos para la eliminación de emulsión de la plancha)	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos peligrosos Tratamiento de Agua Residual industrial
PRODUCCION	Corte y Conversión	*Consumo de Energía *Contaminación del suelo por generación de residuos de papel	* Agotamiento del recurso hídrico	Indicadores de desperdicio de cartulina Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables
	Impresión Offset Impresión Digital	*Emisiones Atmosféricas *Consumo de Agua *Consumo de Energía *Contaminación suelo por generación de residuos peligrosos *Generación de Ruido	*Contaminación Atmosférica por emisiones de gases que emanan las máquinas de brillo y los solventes usados en el proceso *Contaminación del agua (Agua utilizada para el lavado de planchas, limpieza de máquinas, limpieza de Baldwin) *Sobrepresión del relleno sanitario *Contaminación Auditiva	Disposición de residuos peligrosos Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) <b>Tratamiento de Agua Residual industrial</b>

Figura 15. (Continuación)

PRODUCCION FASE DE SALIDA	Troque y Descartone	*Consumo de Energía *Contaminación suelo por generación de residuos de papel y disposición final de residuos peligrosos (residuo caucho y cito-solidos contaminados) *Generación de Ruido	* Agotamiento del recurso hídrico *Contaminación Auditiva * Sobrepresión del relleno sanitario	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos peligrosos
	Pegue	*Consumo de Energía *Contaminación suelo por generación de residuos de papel y disposición final de residuos peligrosos (residuo de pegantes-solidos contaminados) *Generación de Ruido	* Agotamiento del recurso hídrico *Contaminación Auditiva * Sobrepresión del relleno sanitario	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables y residuos peligrosos.
	Revisión y Empaque	*Consumo de Energía *Contaminación suelo por generación de residuos de papel (producto no conforme) *Generación de Ruido	* Agotamiento del recurso Hídrico * Sobrepresión del relleno sanitario	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables
	Logística y Despachos	*Emisiones Atmosféricas *Consumo de Energía *Contaminación del suelo por generación de residuos de papel	* Deterioro en la salud de las personas por gases de los vehículos * Agotamiento del recurso hídrico * Sobrepresión del relleno sanitario	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables
	Servicio al Cliente	*Consumo de Agua *Consumo de Energía *Contaminación del suelo generación de residuos de papel	*Agotamiento del recurso Hídrico * Sobrepresión del relleno sanitario	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables

Figura 15. (Continuación)

AREAS DE APOYO (Planificación Estratégica)	Administración	*Consumo de Agua *Consumo de Energía *Contaminación del suelo por generación de residuos de papel	*Agotamiento del recurso Hídrico * Sobrepresión del relleno sanitario	Indicadores de sostenibilidad (consumo de Agua y Energía) Disposición de residuos aprovechables
--	----------------	---	--	--

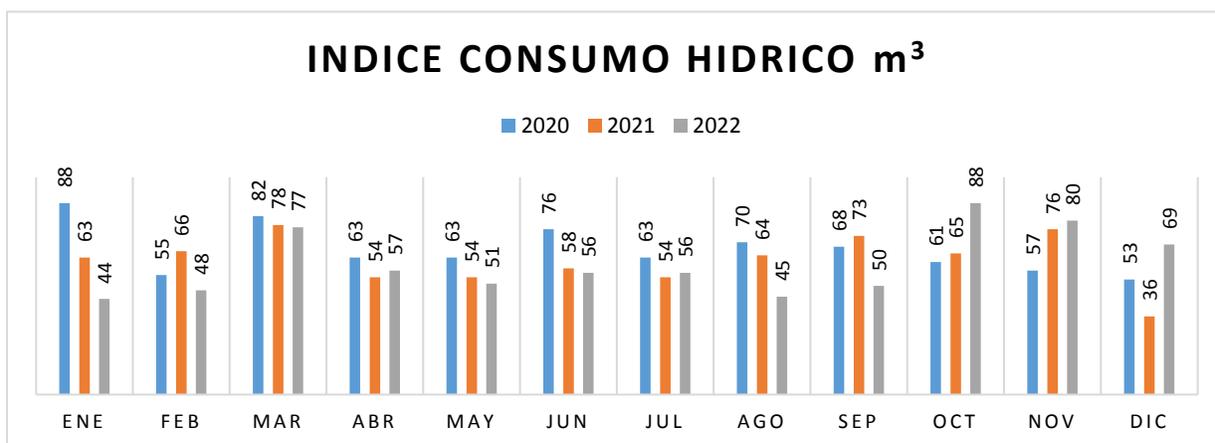
**Nota:** La figura describe de manera detallada las actividades realizadas por la empresa Graficas Jaiber SAS y sus implicaciones ambientales.

### 5.3.1. Índices de consumo hídrico

La empresa cuenta con un programa para el uso eficiente de energía y ahorro del agua, en el cual se definen las medidas para el ahorro del recurso hídrico y energético al igual que se definen las prácticas de conducta y las alternativas de ahorro. Igualmente y como se describe en la figura 16, se detallan los indicadores de gestión presentados periódicamente a las directivas de la compañía desde el año 2020 al 2023 en cuanto a consumo de agua durante cada periodo anual de manera discriminada.

Figura 17.

Índice consumo hídrico



**Nota:** Basada en los datos relacionados en la factura de pago de agua y alcantarillado de la empresa de servicios públicos de Cota-C/marca para la empresa Jaiber SAS, relacionando el mes de consumo y metros cúbicos utilizados.

Durante los años analizados 2020, 2021 y 2022, en el primer año valuado en este caso 2021, enero es el mes que presenta más consumo de agua, el cual fue de 88m<sup>3</sup>, en el año 2021 el mes con más gasto de agua fue marzo, este con 78m<sup>3</sup> y finalmente en el año 2022 el mes de octubre presenta un elevado consumo de recurso hídrico con 88 m<sup>3</sup>. En promedio el periodo con mayor consumo de agua fue el año 2020 con 67 m<sup>3</sup>, lo que demuestra que hay gestión en la implementación del programa de uso eficiente de energía y ahorro del agua.

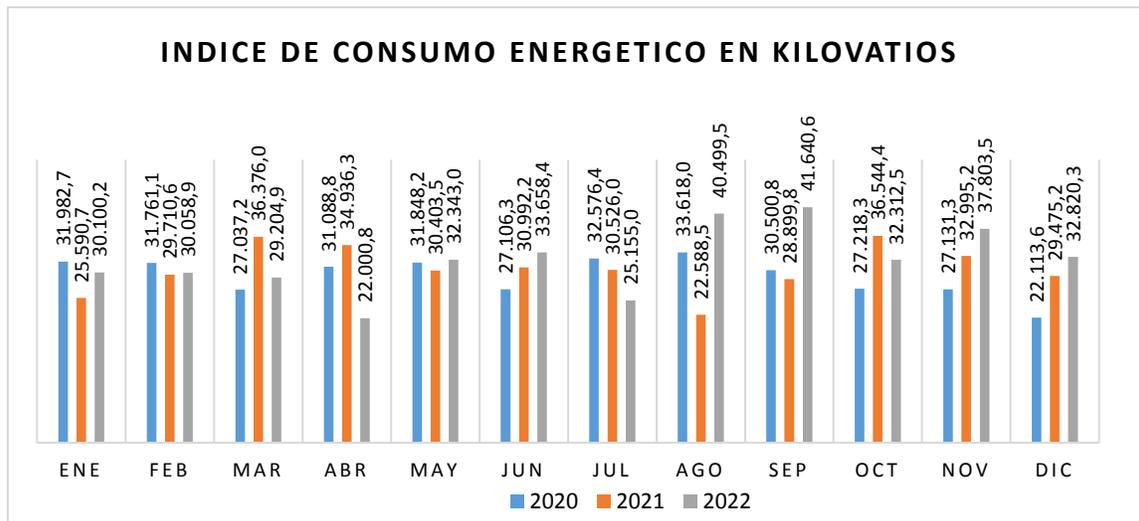
### **5.3.2. Índice de Consumo Energético**

El consumo de energía eléctrica es un factor predominante, en el proceso de producción de la empresa de artes gráficas en estudio, dado que el 100% de sus equipos y maquinas funcionan mediante electricidad.

Por tanto se hace importante revisar el consumo que ha tenido la empresa durante los tres últimos años siendo estos 2020, 2021 y 2022, en la figura 17, se muestra que mes a mes el consumo de energía ha sufrido fluctuaciones importantes como por ejemplo en julio de 2020 el mes más elevado en consumo, el cual fue de 32.576 kilovatios, para el año 2021 el mes donde hubo mayor gasto fue en octubre con 36.544 kilovatios y para el año 2022 el mes con mayor consumo fue septiembre con 41.640 kilovatios, siendo este periodo el más consumo en comparación con los dos años anteriores, igualmente el promedio de los tres años evaluados arroja como resultado que el año 2022 fue donde se presentó más gasto de energía.

**Figura 18.**

*Índice de consumo energético*



**Nota:** Basada en los datos relacionados en la factura de pago de la empresa de luz eléctrica de servicios públicos de Cota-C/marca para la empresa Jaiber SAS, relacionando el mes de consumo y los kilovatios utilizados.

En la recolección de datos en el histórico 2020 a 2022, la figura 17, muestra que los meses de Febrero y Mayo la tendencia de consumo se ha mantenido con respecto a los otros meses, el mes de septiembre en el año 2022 fue el mes de mayor consumo energético con respecto al periodo evaluado.

### 5.3.3. Disposición de las Aguas residuales industriales

Las aguas generadas en la empresa de Gráficas Jaiber SAS, son las provenientes de los siguientes procesos:

- CTP (Pre-prensa): Agua resultante del proceso del lavado de la maquina CTP, que contiene residuos de químicos y residuos para la eliminación de emulsión de la plancha, además usada en la refrigeración del CTP.
- Impresión Offset: Contaminación del agua por lavado de planchas, limpieza de mantillas, limpieza de rodillos de las maquinas impresoras, limpieza del balwin.

- Impresión Digital: Agua usada en la limpieza de rodillos de las maquinas impresoras.
- Pegue: Agua utilizada para el lavado de ollas e implementos de las maquinas contaminados con pegante.
- Administrativo: Agua usada en el aseo y limpieza de las oficinas y áreas sociales así como pasillos de la planta de producción.

#### **5.3.4. Diseño del sistema de Tratamiento de las aguas residuales**

Actualmente la empresa de artes gráficas en estudio, Graficas Jaiber SAS, cuenta con una Planta de Tratamiento de agua residual Industrial, desde el año 2014, la implementación de la PTAR surge de la necesidad de reducir el impacto ambiental negativo generado por los vertimientos líquidos provenientes del proceso de producción en la empresa así como el cumplimiento a los requisitos máximos de calidad de vertimientos de agua exigidos por las autoridades ambientales.

La capacidad del sistema en cuanto a caudal a tratar es de  $0,5\text{m}^3/\text{día}$  de agua residual, la cual presenta una alta presencia de Demanda Química, Demanda Biológica, metales, tenso activos, hidrocarburos, sólidos suspendidos.

En los documento de consulta que reposan en la empresa, indica que el caudal de agua a tratar es de  $20\text{m}^3$  al mes y de  $0,66\text{m}^3$  al día, también se relaciona que el cálculo de eficacia en la remoción de contaminantes es de  $12,67 \text{ m}^3$ .

La Figura 18, hace parte de los documentos que la empresa Vioges ingeniería entrego a Graficas Jaiber SAS, como resultado de la caracterización de agua residual que se realizó en el año 2014, en ella se detalla el resultado de los parámetros analizados en esa fecha.

**Figura 19.**

*Caracterización agua PTAR Graficas Jaiber*

<b>ENSAYO</b>	<b>METODO</b>	<b>RESULTADO</b>
Cadmio	mg/l	0,014
Cianuros	mg/l	<0,02
Cobre	mg/l	0,22
Color	mg/l	300
Cromo	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	mg/l	<0,02
DBO5	mg/l	3650
DQO	mg/l	45600
Fenoles	mg/l	0,57
Grasas y Aceites	mg/l	22252
Hierro Total	mg/l	1,7
Manganeso	mg/l	0,91
pH	Und	7,87
Plomo	mg/l	0,24
Sólidos sedimentables	mg/l	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	3440
Sulfuros	mg/l	2,4
Tensoactivos Aniónicos	mg/l	168,61
Zinc	mg/l	12,6

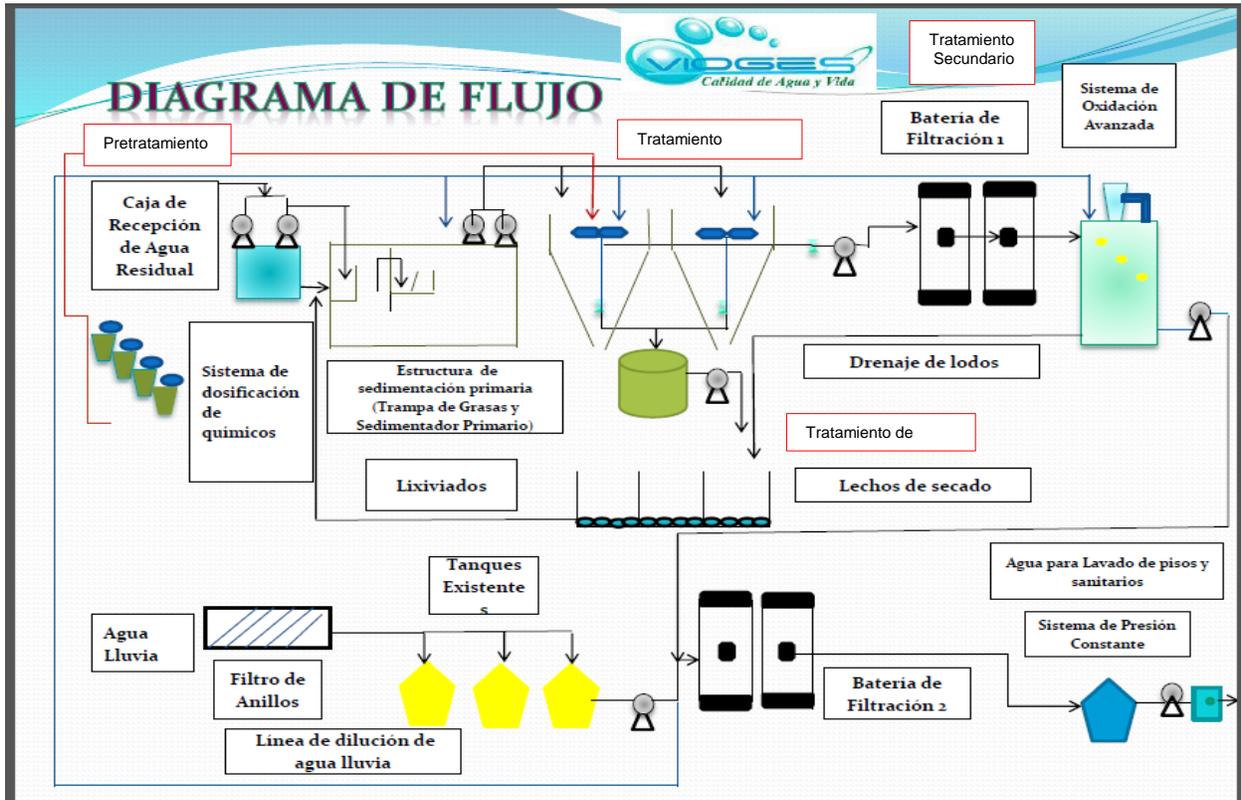
**Nota:** Los datos de la figura demuestran la caracterización del agua de acuerdo a los documentos de operación entregados por la empresa Vioges Ingeniería, quien fue la encargada en su momento de la construcción de la PTAR.

La tecnología utilizada actualmente en el tratamiento de agua residual industrial de la empresa Gráficas Jaiber SAS, es Físico – Química, y su sistema de tratamiento es pre tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, el cual se detalla de la

siguiente manera en el diagrama del proceso figura 19 en el cual se presenta el diseño actual de la PTAR, seguido del análisis del proceso que se lleva en la actualidad:

**Figura 20.**

*Diagrama de Flujo PTAR*



**Nota:** la figura muestra el proceso de tratamiento de agua, este diagrama hace parte de los documentos de operación entregados por la empresa Vioges Ingeniería, quien fue la encargada de la construcción de la PTAR.

- **Pre tratamiento**

Los procesos de pre tratamiento son aquellos que se sitúan a la entrada de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial (PTAR), para eliminar residuos sólidos; para Graficas Jaiber SAS., el pre tratamiento inicia en el lavadero y/o poceta donde se realiza el lavado de las planchas, los rodillos de las maquinas impresoras, los coleros y las ollas de las maquinas pegadoras. En la poceta, como se observa en la figura 20, encontramos una canastilla que se utiliza para impedir que los sólidos (trapos, pegante,

papel cartulina, entre otros residuos), entren al sistema de tratamiento y dañen las bombas hidroneumáticas, siendo el primer receptor de agua residual, la cual es evacuada a la PTAR, mediante bomba hidráulica diariamente.

**Figura 21.**

*Poceta y Rejilla desarenador*



Una vez se vierte el agua de la poseta, esta llega mediante la tubería a las cajas de recepción, ubicadas en el piso a la entrada de la PTAR, como se ve en la figura 21; se acciona manualmente el tablero eléctrico el botón “bomba tolva 1” para llevar el agua a la tolva 1 o 2 según lo requiera el proceso.

**Figura 22.**

*Cajas de Recepción de Agua*



- **Tratamiento Primario**

En Graficas Jaiber SAS., este proceso se realiza por sustancias químicas añadidas a las tolvas 1 y 2. En el momento que la tolva No. 1 este en su nivel máximo de agua 2700 litros; se inicia el tratamiento químico de la siguiente manera:

- a. Se enciende en el panel de control el interruptor de agitación tolva 1, para que el agua se homogenice.
- b. En la tolva por la llave de salida, como vemos en la figura 22, se toma muestra en envase de vidrio, cada muestra tomada es de 500 ml, en esta se mide el PH.

**Figura 23.**

*Llave de Inspección (tomar muestra)*



Una vez se tiene la muestra, como se observa en la figura 23, si el agua esta acida (menos de 6) se agrega sustancia química, es este caso soda caustica, se agita hasta llegar a pH alcalino 12, como lo muestra la imagen de la tabla de escala PH.

**Figura 24.**

*Adición SQ en la muestra*



GRAFICAS JAIBER



Tabla de PH

c. Pasado unos minutos de higienización en la tolva, se adiciona el agente coagulante como sulfato de aluminio en este caso y se deja homogenizar nuevamente.

d. Se toma nuevamente una muestra midiendo el PH, si este es 7, se aplica el agente floculante (polímero), se deja homogenizar, hasta ver formación de flock, la formación del flock puede presentarse sedimentado o en suspensión como se muestra en la figura 24.

**Figura 25.**

*Toma de muestra final*



Al finalizar la dosificación en la tolva se detiene la agitación, apagando el tablero eléctrico, se toma una muestra, para saber el resultado final, pH y sedimentación.

- **Tratamiento secundario**

Transcurridas 12 horas más exactamente, el agua tratada se pasa por el tren de filtración figura 25, estos filtros contienen arena y carbón activado, para purificar mejor el agua y llevar a buen término la disposición final del agua clarificada, este proceso se realiza en 3 pasos:

**Figura 26.**

*Tren de filtración*



- a) Se abre el circuito de llaves de las tuberías y se acciona en el panel de control, el interruptor de tren de filtración 1 para hacer llegar el agua de la tolva a los primeros filtros.
- b) Cuando pase la cantidad de agua requerida por los filtros al tanque de almacenamiento 1, se acciona el interruptor en el tablero eléctrico, tren de filtración 2, para que el agua pase a través del segundo filtros al tanque de almacenamiento.2.
- c) Terminada esta etapa el agua que es almacenada en los taques diseñados para este proceso y se procede a la evacuación del agua clarificada a la red de alcantarillado del Parque Industrial.

- **Tratamiento de Lodos**

Una vez finalizado el paso del agua tratada por el tren de filtración, se procede a realizar el tratamiento de lodos, para esto se realizan el siguiente paso:

- a) Se abren las llaves que se encuentran en la parte de debajo de la tolva y se enciende en el panel de control el interruptor para que los lodos de la tolva 1 lleguen al tanque de tratamiento de lodos
- b) Una vez llena la tolva de lodos, se activa el aspa giratoria, se deja mezclar y se adicionamos CAL disuelta se deja homogenizar el agua.
- c) Pasados 10 minutos, se adicionamos agente floculante (polímero) y homogenización se apaga el aspa.
- d) Se abre la llave de la tolva de lodos y la llave del lecho de secado para verter los lodos tratados

Para el Secado de lodos como observamos en la figura 26, se procede a realizar una deshidratación simple, agregando CAL, diariamente para acelerar el proceso de secado, una vez los lodos estén secos o semi húmedos.

**Figura 27.**

*Lodos secos*



### 5.3.5. Vertimientos y disposición de residuos generados en la PTAR

La disposición de los lodos generados en el proceso del tratamiento de agua residual, se realiza en canecas metálicas de 55 gl; estas se rotulan con el adhesivo diseñado para los residuos respel, se hace un proceso de sellamiento y embalaje de la caneca con plástico vinipel para evitar un posterior derrame de desechos; por último se entrega a la empresa gestora para su disposición final, obteniendo el certificado de disposición final por parte de la empresa gestora de residuos peligrosos.

Para efectos de esta investigación se realizó un estadístico de disposición de lodos en el periodo 2000 a 2022 encontrando como resultado definido en la figura 27, que en el año 2020 en el mes de febrero se generó tonelada y media de residuos provenientes del tratamiento del agua residual industrial, en el año 2021 el mes de julio fue el mes que más se generó lodos y en el año 2022 el mes con más disposición de lodos fue mayo con una tonelada aproximadamente.

**Figura 28.**

*Estadística de lodos generados en la PTAR, expresados en kilogramos*

PERIODO	2020	2021	2022
Ene	390	0	0
Feb	1.504	729	958
Mar	0	624	498
Abr	855	0	0
May	536	667	1.108
Jun	0	0	0
Jul	832	852	407
Ago	0	674	0
Sep	1.333	644	880
Oct	414	340	0
Nov	0	0	0
Dic	916	961	1.009
<b>TOTAL ANUAL EN Kg</b>	<b>6.780</b>	<b>5.491</b>	<b>4.860</b>

**Nota:** Descripción basada en el historico de datos de disposición final, de la empresa Graficas Jaiber SAS.

En la figura anterior, se observa que la generación de lodos en el periodo evaluado genera tendencia a la baja en la generación de los mismos, dado que el periodo 2020 a 2021 estos descendieron en una (1) tonelada aproximadamente y en el periodo 2021 a 2022 en 631 kilos, por lo que en el periodo registrado se presentó una reducción considerable en la generación de residuos por Lodos de 2 toneladas aproximadamente.

- **Vertimientos de aguas residuales**

En cuanto a los vertimientos del agua clarificada, ésta se realiza mediante la tubería de aguas grises de la compañía hacia el alcantarillado del Parque Industrial donde se encuentra ubicada la empresa. En el año 2020, se realizó una caracterización al agua residual tratada, como lo demuestra el anexo 1, con el objetivo de validar el cumplimiento en los parámetros establecidos en la normatividad aplicable, Resolución 0631 de 2015.

De acuerdo a este informe del laboratorio de año 2020, se establece que las aguas residuales vertidas al afluente hídrico cumplen parcialmente con las exigencias medio ambientales establecidas por la normativa vigente.

## **6. ESTRATEGIAS FUNCIONALES PARA EL ADECUADO TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL EN LA EMPRESA DE ARTES GRÁFICAS**

Una vez se recolectó la información y se realizó el debido análisis de la normatividad aplicable a la gestión ambiental en materia de aguas residuales, definiendo así los procesos y técnicas de tratamiento del agua, y analizado el proceso de tratamiento de agua residual industrial en la empresa Gráficas Jaiber SAS, es posible establecer las estrategias funcionales con el fin de fortalecer la gestión en cuanto al adecuado tratamiento de las aguas industriales en estudio.

Las estrategias funcionales que se describen a continuación están relacionadas así: Estrategia funcional 1 y 2 se plantean para cumplir con los parámetros de Aceites y Grasas, la estrategia funcional 3, está diseñada a fin de minimización de aspectos ambientales por generación de lodos provenientes de la PTAR. La estrategia funcional 4, se sugiere dado que los documentos que entregó la empresa que construyó la PTAR -Vioges Ingeniería - a Graficas Jaiber SAS, carecen de fundamentos de una entidad avalada por el ministerio de ambiente.

- **Estrategia Funcional 1 (Aceites, grasas y fenoles).**

De acuerdo a la Resolución 631 de 2015, el gobierno nacional establece los parámetros y los valores límites permisibles para los vertimientos, en el caso de la empresa Graficas Jaiber SAS objeto de esta investigación, se debe cumplir con el artículo 13 capítulo VI "Imprenta y Litografía", según lo muestra la Figura 28.

**Figura 29.***Parámetros establecidos para la industria de las Artes Graficas*

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>IMPRENTAS Y LITOGRAFIAS</b>
<b>GENERALES</b>		
pH	UNIDADES DE pH	5,00 a 9,00
Demanda química de oxígeno	mg/L O <sub>2</sub>	200
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L O <sub>2</sub>	100
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	50
Sólidos sedimentables	mg/L	1
Grasas y aceites	mg/L	10
Compuestos semivolátiles Fenólicos	mg/L	
Fenoles	mg/L	0,2
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y reporte
<b>HIDROCARBUROS</b>		
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L	10
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y reporte
BTEX	mg/L	Análisis y reporte
Compuestos orgánicos Halogenados Adsorbibles	mg/L	Análisis y reporte
<b>COMPUESTOS DE FOSFORO</b>		
Fósforo total (P)	mg/L	
<b>COMPUESTOS DE NITROGENO</b>		
Nitrógeno total	mg/L	
<b>IONES</b>		
Cianuro total	mg/L	0,2
Sulfatos	mg/L	
Sulfuros	mg/L	
<b>METALES Y METALOIDES</b>		
Aluminio	mg/L	3
Arsénico	mg/L	
Cadmio	mg/L	0.1
Cinc	mg/L	3
Cobre	mg/L	1
Cromo	mg/L	0,5
Estaño	mg/L	
Hierro	mg/L	3
Mercurio	mg/L	0,01
Níquel	mg/L	

Figura 28. (Continuación)

Plata	mg/L	0,5
Plomo	mg/L	0,5
OTROS PARAMETROS PARA ANALISIS Y REPORTE		
Acidez total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Color Real	m <sup>-1</sup>	Análisis y reporte

**Nota:** En la figura se designan los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), de las actividades asociadas con la fabricación y manufactura de bienes dentro de la industria de las Artes Gráficas, señalando las medidas establecidas desde la normatividad nacional. Resolución No. 0631 del 17 de marzo de 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

En el anexo 1 (pp. 96), se muestran los resultados de laboratorio Hidrolab, en el mes de junio de 2020 al agua tratada en Graficas Jaiber SAS. Al realizar el análisis detalladamente el informe del laboratorio contra la resolución 631 de 2015, en la tabla 10 se observa inconsistencias como que los numerales de la norma y el informe son diferentes, en la norma los parámetros para el sector de artes gráficas los describe en el numeral 13 y en el informe dice numeral 12, además el parámetro Grasas y Aceites en la norma indica que debe ser evaluado sobre 10mg/L y en el informe dice que sobre 15 mg/L.

Ahora analizando los parámetros establecidos por la norma y el resultado del laboratorio se identifica que los parámetros que se incumplen en el tratamiento de agua residual en la empresa en estudio son Aceites y Grasas con 24,9 mg/L, estando 14.9 mg/L por encima de lo establecido, mientras que los Fenoles arrojan un resultado de 1,21 mg/L, estando por encima de lo establecido en un 0,01 mg/L.

Por tanto para dar cumplimiento a la totalidad de los parámetros de vertimiento establecidos se sugiere implementar el sistema de Flotación de aire disuelto (Dissolved

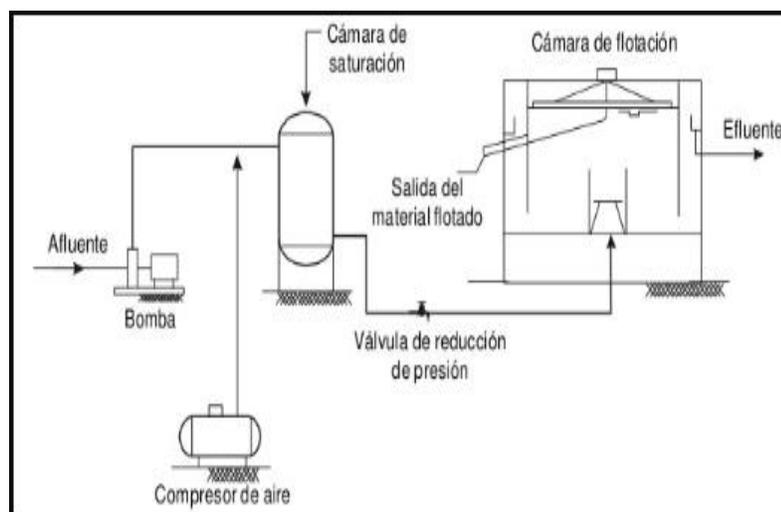
Air Flotation en inglés) o sistema de Coalescencia. Los sistemas DAF son equipos de separación de partículas sólidas, grasas y aceites, diseñados para clarificar aguas residuales industriales, el sistema genera burbujas de aire con un rango de burbujas moleculares a micro burbujas, tal como lo menciona la empresa Synertech.

También se puede definir el sistema de DAF o sistema de Coalescencia como el fenómeno que se ocasiona cuando se unen las burbujas de aire mientras éstas atraviesan el fluido del agua, Figura 29.

La inyección de las burbujas de aire en el afluente se consigue mediante la introducción de agua a presión saturada de aire. Esta saturación se lleva a cabo en un tanque de saturación conectado a un compresor. Debido al cambio brusco de presión del agua saturada al mezclarla con el afluente, se sobresatura liberando pequeñas burbujas de aire. Estas micro burbujas son las que se adhieren a la materia particulada, provocando su ascensión, según lo describe empresa Andaluza Gedar (s.f.). Este sistema es diseñado para tratamiento de aguas residuales industriales, bajo el método físico – químicos.

**Figura 30.**

*Diseño de Sistema DAF*



**Nota:** La gráfica describe el proceso que se lleva a cabo en el sistema DAF para el tratamiento de aguas residuales según Gedar, empresa de gestión de aguas y residuos.

○ **Las ventajas de usar el sistema DAF o sistema de Coalescencia:**

- Es comúnmente utilizado en desarenadores y desgrasadores para la separación de arenas y aceites del agua
- El aumento del volumen de las burbujas favorece la agitación del fluido, produciendo las condiciones idóneas para la homogenización de los sólidos
- Se requiere un compresor de aire

○ **Desventajas del sistema DAF o sistema de Coalescencia:**

- Disminución de la transferencia de oxígeno.
- Reducción del tiempo de retención del oxígeno en el tanque
- Este proceso tal como refieren Millán y Polanía (2018, p.71) es bastante costoso pues se requiere el compresor que genere en el aire una presión de 304,07 kPa a 405,43 kPa.

● **Estrategia Funcional 2 (Aceites, grasas y fenoles):**

Otra alternativa para reducir las grasas del agua residual, figura 30, es la Implementación de una rejilla para sólidos finos a la entrada de las cajas de recepción de agua ubicada a la entrada de la PTAR, figura 31, la cual funcionará como una cámara pequeña de flotación en la cual la grasa se suspendería en la superficie libre de agua mientras que el agua clarificada pasaría a la profundidad del tanque para ser descargada a la tolva para su respectivo tratamiento.

**Figura 31.**

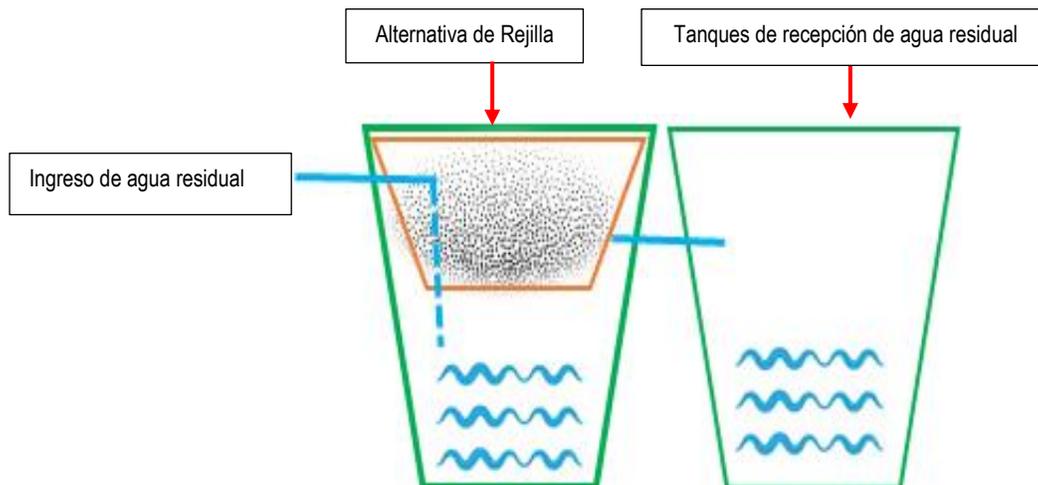
*Estado actual del tanque de recepción de agua residual*



**Nota:** La figura da una visión clara y precisa sobre el estado actual del tanque de recepción de la empresa Graficas Jaiber SAS.

**Figura 32.**

*Diseño de alternativa de Rejilla*



**Nota:** La figura define el diseño de una rejilla para dar cumplimiento a los parámetros de vertimiento para la disposición de los residuos generados en el tratamiento de aguas residuales de la empresa Graficas Jaiber SAS.

- **Estrategia Funcional 3 (tratamiento de Lodos):**

Otros residuos generados en el PTAR son los Lodos, haciendo referencia a la normatividad Colombiana, Resolución 0330 del 2017, en la sección 4, nos da a conocer los parámetros que se debe llevar a cabo para la gestión del subproducto de la potabilización del agua, de acuerdo a esta resolución se sugiere como estrategia de minimización de aspectos ambientales, realizar la caracterización que reglamenta que todos los lodos deben ser sometidos a un ensayo de estudio donde se evalúe los siguientes parámetros:

- pH
- Humedad
- Temperatura
- Sólidos suspendidos totales
- Residuos de Insumos químicos

De acuerdo al índice de generación de lodos expresada en la figura 27 y la caracterización que se realicen al subproducto de la potabilización del agua, se puede definir si el tratamiento que actualmente se realiza es el adecuado o se debe optar por una mejora en el proceso, por tanto es importante los resultados de este estudio, para poner en práctica lo analizado en la presente investigación.

- **Estrategia Funcional 4 (documentación):**

Para llevar a cabo cualquier proyecto de rehabilitación u optimización a las fases de tratamiento de la agua residual de la empresa en estudio se debe realizar la caracterización del agua cruda, según lo establecido en la resolución 0330 del 2017, sección 2, artículo 104 y artículo 107, donde se especifican los parámetros que debe cumplir el cuerpo de agua abastecedor.

Dentro de los parámetros a analizar se encuentran dos fases:

- **Fase 1: In situ**

- Temperatura, pH y Conductividad.

- **Fase 2: Laboratorio**

- Turbiedad, Color, pH, Alcalinidad, Hierro, Manganeseo, Cloruros, Sulfatos, Nitratos.

Al igual que se debe analizar parámetros microbiológicos como *E Coli* y otros patógenos en el cuerpo de agua abastecedor de acuerdo a este último parámetro. El planteamiento de esta última estrategia, deriva a partir del informe de construcción de la Planta de Agua Residual Industrial PTAR, entregado por parte de la empresa Vioges a Graficas Jaiber SAS, figura 32, donde se obtiene la caracterización de agua cruda la cual no tiene aval de un ente certificador como lo establece las entidades regulatorias, sino que se vale de una tabla elaborada en Excel, por tanto ante una auditoria, el documento no tendría mayor validez, por falta de información como la fecha de toma de muestras y el aval del laboratorio.

**Figura 33.**

*Resultado de caracterización agua cruda*

ENSAYO	METODO	RESULTADO
Cadmio	mg/l	0,014
Cianuros	mg/l	<0,02
Cobre	mg/l	0,22
Color	mg/l	300
Cromo	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	mg/l	<0,02
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3650
DQO	mg/l	45600
Fenoles	mg/l	0,57
Grasas y Aceites	mg/l	22252
Hierro Total	mg/l	1,70
Manganeseo	mg/l	0,91
pH	Und	7,87
Plomo	mg/l	0,24
Sólidos sedimentables	mg/l	2,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	3440
Sulfuros	mg/l	2,4
Tensoactivos Aniónicos	mg/l	168,61
Zinc	mg/l	12,6

**CAUDAL DE AGUA A TRATAR: 20M<sup>3</sup>/MES / 0,66M<sup>3</sup>/DIA**

**Nota:** Los datos de la figura 32, demuestran la caracterización del agua de acuerdo a los documentos de operación entregados por la empresa Vioges Ingeniería, quien fue la encargada en su momento de la construcción de la PTAR

A raíz de este discernimiento, se puede evidenciar que la última estrategia funcional se establece como la de mayor importancia y de carácter transversal a las estrategias funcionales 1 y 2, por lo que no se puede modificar el diseño de la PTAR sin saber las características del agua, particularidades que se hacen visibles con esta tabla para que a partir de la información obtenida y gracias a los datos evidenciados en la figura 18 y en la figura 32, es posible realizar las modificaciones pertinentes para gestionar el tratamiento de las aguas y su disposición final, atendiendo las normativas nacionales en cuanto al cuidado ambiental y de salud pública en la zona donde se ejercen las labores de la empresa.

## 7. CONCLUSIONES

La normativa colombiana ha mantenido una fijación de los índices de contaminación considerando elementos importantes tales como la meta de reducción de carga contaminante, el reconocimiento de la diversidad regional, disponibilidad, costo de oportunidad, capacidad de asimilación del recurso y las condiciones socioeconómicas de la población afectada, como mecanismo que conduzcan a la disminución de los costos sociales y ambientales del daño causado por el nivel de la contaminación existente; debe entenderse como un avance importante en materia ambiental y principalmente respecto a los recursos hídricos, de tal forma que las empresas contribuyan en el cuidado ambiental como un bien general y colectivo.

El saneamiento hídrico es un tema que se relaciona con el desarrollo propio de las comunidades en cada uno de los ámbitos que la determinan, de manera que toma relevancia en temas de la salud, los servicios públicos, el ambiente, la ocupación del territorio, las actividades humanas generadoras de los residuos líquidos, la agricultura, en el caso de que las corrientes hídricas receptoras de las aguas residuales se utilicen para riego de cultivos y de consumo humano, lo que desencadena que sea imperante la participación incidente de los actores que confluyen en el municipio de Cota, como lugar de ubicación de esta investigación para que se generen espacios de construcción social y económica a partir de los objetivos ambientales de las autoridades competentes.

De este proyecto de investigación se puede concluir que si los funcionarios de la empresa Graficas Jaiber, SAS., desconocen la normatividad aplicable a la gestión ambiental, la empresa corre el riesgo de sufrir sanciones por parte de los entes reguladores, además también el no tener claro los sistemas de tratamiento del agua y realizar un mal procedimiento de tratamiento de agua residual industrial afectaría seriamente el cuerpo de agua más próximo a la compañía como lo es el río Bogotá.

Al desarrollar el presente proyecto de investigación, se adquiere mayor conocimiento y funcionalidad de los conceptos por lo que es más comprensible definir las fallas que se tienen en el proceso para así definir alternativas de mejora para este proceso de investigación, cumpliendo así con el objetivo principal de este proyecto el cual era: *“Identificar los requisitos funcionales para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa Gráficas Jaiber SAS, mediante el análisis técnico de la normatividad nacional, metodologías implementadas y prácticas acordes que garanticen la adecuada disposición final de los residuos contaminantes.”*

Al realizar un análisis mediante la descripción del procedimiento que se realiza actualmente en la empresa de artes gráficas en estudio, se puede relacionar e identificar más fácilmente las etapas del proceso de purificación del agua residual industrial, lo que hace que el instructivo técnico se desarrolle con terminología técnica y los operarios de la PTAR realicen una mejor labor.

El sistema de tratamiento de la empresa Graficas Jaiber SAS, como se mencionó en el desarrollo de la investigación, ha tenido funcionamiento desde el año 2014 a través de un sistema que mezcla las diferentes fases de filtración y limpieza, sin embargo es preciso que se haga un ejercicio reflexivo con los colaboradores con el fin de ampliar los conocimientos en torno a los factores contaminantes y así fortalecer el proceso de remoción de los mismos, atribuyendo la importancia que amerita la preservación ambiental así como también de los cuerpos de agua cercanos.

La articulación de las estrategias funcionales de tratamiento de aguas residuales con la normativa actual colombiana debe ser un trabajo permanente y de fácil acceso a los trabajadores que manipulan la planta de purificación y que acompañan la disposición final de las aguas, en clave de mantener un margen de gestión que fortalece los mecanismos indicados desde la legislación ambiental, si afectan las metas de producción y sostenibilidad de la empresa, convirtiéndose en un aliado de la protección de la naturaleza.

Analizando los datos consolidados en las gráficas estadísticas, se observa que el consumo de agua y de energía de la empresa, presenta una reducción significativa en los últimos años, lo que deja en evidencia el compromiso de Graficas Jaiber SAS con los proceso de producción eficientes y de bajo impacto ambiental, a pesar de que el 100% de sus equipos y maquinas funcionan mediante electricidad, lo que permite deducir que los mecanismos diseñados hasta el momento para contribuir con el cumplimiento de las normativas colombianas si generan resultados visibles y contundentes.

Al contemplar las estrategias funcionales para el adecuado tratamiento del agua residual industrial, la empresa Graficas Jaiber SAS., estaría ganando tiempos del funcionario que operación de la planta, dado que el sistema DAF, así como la implementación de rejillas en el tanque de recepción del agua ayudaría rápidamente en la separación de sólidos, disminuyendo las horas hombre en el proceso; ahora según lo estudiado en esta investigación para realizar cualquier modificación a las instalaciones de la PTAR se debe tener una caracterización de agua actualizada para saber si las estrategias funcionales son las adecuadas o se debe optar por otra estrategia.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta Díaz, D. I. y Laverde Rojas, D. F. (2017) Diseño conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa transportadora escolar Camargo Hermanos S.A. – Tech S.A. [Trabajo de grado] Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6564>
- Arriols, E. (2018) Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican. Ecología verde. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Bosstech. ¿Cuál es la importancia del tratamiento terciario de aguas residuales? República del Perú. <https://bosstech.pe/importancia-tratamiento-terciario-aguas-residuales/>
- Builes Blandón, S. (2010). Tratamiento y adecuada disposición de lodos domésticos e industriales [Trabajo de grado] Universidad tecnológica de Pereira. Repositorio institucional <https://core.ac.uk/download/pdf/71396137.pdf>
- Corporación Autónoma Regional CAR (2011). Alternativas para el manejo y disposición de biosólidos. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb74e52010b.pdf>
- Castro Sánchez, P. C. y Delgado García, P. A. (2020) Propuesta de alternativa para el aprovechamiento de los lodos generados en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Subachoque. (Trabajo de grado, Fundación Universidad de América) Repositorio Institucional Lumieres. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7794/1/6142450-2020-1-IQ.pdf>

Cely Vargas, M. A. y Acevedo Buitrago, P. V. (2020) Propuesta para la disminución de contaminantes en las aguas residuales provenientes de las piscinas termales del instituto de turismo de Paipa. [Trabajo de grado] Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8110>

Comisión Nacional de Agua (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lodos Activados. Gobierno de México. Repositorio <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro48.pdf>

Concepto (2021) Enciclopedia. Editorial Etecé. <https://concepto.de/tratamiento-de-aguas-residuales/>

Corona Zúñiga, I. (2007). Biodigestores. [Trabajo de grado] Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Repositorio institucional <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/362/Biodigestores.pdf?sequence=1>

Cristancho Bello, A. J. y Noy Ortiz, A. M. (2016). Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para Pelikan Colombia S. A. S. [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/609>

DAF (Flotación aire disuelto). Gedar, gestión de aguas y residuos.

**<https://www.gedar.com/residuales/daf-flotacion-aire-disuelto.htm>**

Daza Monroy, H. R. y Frasser Ospina, J. E. (2022) Desarrollo de una propuesta, a nivel teórico, para el tratamiento biológico de las aguas residuales en la industria láctea. [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8841>

Espitia-Antonio, F. G. (2017). Diagnóstico, evaluación y planteamiento de mejora en los componentes de la planta de aguas residuales en el municipio de Buenavista Boyacá. [Trabajo de Grado]. Repositorio RIUCaC. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/e7afdd97-f3e0-435e-b579-42bcfeeefa29>

Fibras y Normas de Colombia. Lodos activados: definición, clasificación y tipos. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/lodos-definicion-clasificacion-tipos/>

Fundación centro de las nuevas tecnologías del agua. (2012) Pretratamiento y tratamientos primarios [Diapositivas de Power Point] Repositorio <https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Pretratamientos+y+tratamientos+primarios.pdf/6a26dd5c-d5d8-1bcc-7b34-2ead6af5e66b?t=1575982127807>

García Ubaque, C. A., García Vaca, M. C., Vaca Bohórquez, M. L. (2013). Encapsulamiento de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria automotriz en matrices de arcilla. *Tecnura* vol.17 n°.38, pp. 26-36. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2013000400003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2013000400003)

Garzón Gutiérrez, M.J. (2020). Estudio de la bioadsorción de níquel con adsorbente de maíz en aguas residuales provenientes de una industria de galvanotécnica. [Tesis de Maestría] Universidad de Cundinamarca. Repositorio institucional <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10455/8539>

Gaviria Navarro, J. y Márquez Castañeda, K. (2018) Evaluación técnico-financiero de diferentes alternativas para el tratamiento y disposición de aguas y residuos producidos durante la perforación en los Campos de Equión en Piedemonte [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6815>

GEDAR – Tratamiento de Aguas <https://www.gedar.com/domesticos/vertidos-residuales/oxidacion-prolongada.htm>

Gómez Murcia, J. F., Quiroga Barrios, C. A., y Agudelo, R. N. (2022). Tratamiento de aguas residuales generadas en la industria de comunicación gráfica que emplea impresión tipo “Offset”. *Inventum*, vol. 17, n.º 33, pp. 3-12. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/3043/2874>

Gómez Pedraza, J. (2016). Diseño de una herramienta de gestión ambiental para las micro y pequeñas empresas de la industria gráfica en Bogotá. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58632>

González Santamaría, D. H., & Echeverri Villa, J. A. (2004). Saneamiento hídrico en Colombia: Instituciones y situación actual. *Ecos De Economía*, vol. 8, n.º 18, pp. 73–97. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/2013>

Mejía Mocha, C. M. y Zamora Mendoza, G. J. (2022). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en las instalaciones de una industria cartonera de la ciudad de Machala. (Trabajo de grado Universidad de Guayaquil Ecuador) Repositorio institucional: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/65545/1/BINGQ-IQ-22P102.pdf>

Millán Melo, C. F. y Polania Villegas, L. M. (2018). Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa somos K S.A. [Trabajo de grado] Fundación Universidad América. Repositorio Institucional Lumieres. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6723/1/6122891-2018-1-IQ.pdf>

Navarrete Benavides, A. (2020). Propuesta de mejora de procesos para la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza (cundinamarca). [Trabajo de grado]. Universidad Santo Tomás. Repositorio USTA.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28973/2020andresnavarrete.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Orarbo (s.f.) Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo sostenible del Rio Bogotá <http://www.orarbo.gov.co/es/con-la-comunidad/noticias/que-es-una-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-y-como-beneficia-a-el-rio-bogota#:~:te>

Pérez Vidal, A., Torres Lozada, P., Silva Leal, J. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca, optimización de variables ambientales y operacionales. *Dyna*, vol. 76, núm. 160, pp. 139-148

Política de crecimiento verde (2018). Consejo nacional de política económica y social república de Colombia departamento nacional de planeación. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/conpes-3934-de-2018.pdf>

Quiroga Moreno, J.C. (2020) Metodología gerencial para el control y seguimiento de las variables de calidad en lodos secundarios generados en plantas de tratamiento de aguas residuales en la sabana norte de Bogotá. [Tesis de Maestría] Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/37967>

Ramírez Camperos, E. (2004). Fundamentos teóricos de lodos activados y aereación extendida. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloI/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>

*We are water Foundation (2017). Aguas negras, el rastro de nuestra historia.*  
[https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia\\_281141](https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141)

## ANEXOS

## ANEXO 1

### RESULTADOS DE LABORATORIO HIDROLAB, CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE GRAFICAS JAIBER SAS.



Pág. 3 de 5

#### NORMATIVIDAD APLICABLE A LA MATRIZ MUESTREADA

Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales Capítulo VIII, Artículo 16 basado en el Capítulo VI, Artículo 12 "Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas ARnD de actividades asociadas con fabricación y manufactura de bienes – Imprentas y litografías"

#### RESULTADOS ANALISIS DE LABORATORIO Y CRITERIO DE CALIDAD

Parámetros	Unidades	Resultados	Lim. Res.	Concepto
Cianuro Total	mg/L CN	<0,10	0,20	Cumple
pH	unidad	7,7	5,0 – 9,0	Cumple
Plata	mg/L Ag	<0,002	0,50	Cumple
Aluminio	mg/L Al	2,18	3,0	Cumple
Cadmio	mg/L Cd	<0,001	0,10	Cumple
Cromo	mg/L Cr	0,009	0,50	Cumple
Cobre	mg/L Cu	0,049	1,0	Cumple
Hierro	mg/L Fe	0,256	3,0	Cumple
Mercurio	mg/L Hg	<0,001	0,01	Cumple
Plomo	mg/L Pb	0,035	0,50	Cumple
Cinc	mg/L Zn	0,07	3,0	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	24,9	15,0	No Cumple
DBO (5 días)	mg/L	<2	150,0	Cumple
DQO	mg/L	2	300,0	Cumple
Fenoles	mg/L	1,21	0,20	No Cumple
Hidrocarburos totales	mg/L	<5,0	10,0	Cumple
Detergentes aniónicos	mg/L SAAM	0,3	Análisis y Reporte	-
Acidez	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60	Análisis y Reporte	-
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	625	Análisis y Reporte	-
Conductividad	us/cm	4645	-	-
Color Verdadero a 436 nm	/m	1,26	Análisis y Reporte	-
Color Verdadero a 525 nm	/m	<0,32	Análisis y Reporte	-
Color Verdadero a 620 nm	/m	<0,16	Análisis y Reporte	-
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	72	Análisis y Reporte	-
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	68	Análisis y Reporte	-
Sólidos sedimentables	ml/L	0,3	1,5	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	62	75,0	Cumple



Pág. 4 de 5

#### CONCLUSIONES

La muestra identificada como *Tanque Almacenamiento*, cumple parcialmente con lo establecido en la Resolución 631 de 2015, debido a que los parámetros *Aceites y grasas* y *Fenoles*, exceden los valores límites máximos permisibles establecidos en dicha resolución.



RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA, EN DOCUMENTO FIRMADO PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO EN CASO DE ALTERACIONES EN CUANTO A LA FORMA Y EL CONTENIDO DEL PRESENTE DOCUMENTO, HIDROLAB COLOMBIA LTDA SE RESERVA EL USO DE LAS ACCIONES LEGALES QUE ESTIME PERTINENTES PARA LA DEFENSA DE SUS INTERESES

INFORME EMITIDO EL DÍA 30 DEL MES DE JUNIO DEL AÑO 2020