



**PROPUESTA DE SOLUCIÓN FRENTE AL IMPACTO QUE GENERA EL
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL
GUAVIARE**

En el marco del diplomado titulado:

DIPLOMADO CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Celebrado en la ciudad de CAJICÁ entre el 08 de noviembre del año 2021 y el 15 de diciembre del año 2021.

Presentado por:

Mishel Dayanna Cano Urrego

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería Civil
Cajicá, Colombia

Marzo 2022

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN FRENTE AL IMPACTO QUE GENERA EL
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL
GUAVIARE**

Mishel Dayanna Cano Urrego

Ensayo científico-académico para obtener el título de:

Ingeniero Civil

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería civil
Cajicá, Colombia

Marzo 2022

I. INTRODUCCIÓN

El presente ensayo se desarrolla partiendo de los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera de ingeniería civil y al diplomado con énfasis en gestión ambiental cursados, aplicando dichos conocimientos y en busca de cumplir los requisitos establecidos por el programa de ingeniería para validar el diplomado como opción de grado y así mismo optar por el título de ingeniera civil.

El propósito general del ensayo es que, con base a una revisión de diversa información obtenida en diferentes fuentes, sobre el problema ambiental que enfrenta el municipio de San José del Guaviare, ocasionado por los vertimientos de aguas residuales domésticas que se desarrollan sobre el río Guaviare; y una revisión a los temas vistos a lo largo del diplomado cursado, se realiza un análisis, un diagnóstico y se plantea una posible solución frente al problema mencionado.

Para llevar a cabo el desarrollo del ensayo, inicialmente se tienen en cuenta diferentes conceptos teóricos tomados de la literatura técnica, esto con el fin de entender conceptos teóricos y los diferentes tipos de tratamientos de aguas residuales que existen, además de esto se muestra la normativa ambiental vigente referente a lo que trata vertimientos sobre cuerpos de agua. Seguido de esto se realiza una comparación entre los datos obtenidos en la sección teórica referente a la normatividad versus a la sección práctica obtenida en diversas fuentes de información del municipio; A partir de los resultados y del análisis realizado, teniendo en cuenta los diferentes elementos teóricos encontrados se muestra una posible solución y se desarrolla finalmente una propuesta para poder dar solución al problema que se presenta en el municipio actualmente.

II. PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

Es común en muchos municipios del país, la situación de los vertimientos de aguas residuales de modo incontrolado, generando gran diversidad de problemas y afectaciones al medio ambiente y a los habitantes de dichos municipios. Un caso particular es el del municipio de San José del Guaviare; cuya solución se pretende encontrar a partir de información teórica y de la evaluación de los datos reales de vertimientos que allí están ocurriendo. De modo que, identificando los distintos tipos de vertimientos, distintos tipos de tratamientos, analizando el caso puntual del municipio y consultando la normativa, así como el desarrollo de un estudio de impacto ambiental según lo aprendido a lo largo de diplomado y una consulta de las variantes en cuanto a tipologías de plantas de tratamiento y las soluciones comerciales que se ofertan, se aúnan varios factores para tratar de plantear una alternativa de solución viable al problema identificado.

Mencionado lo anterior se plantean unas preguntas que se responderán a lo largo de este ensayo.

- ¿Qué tipo de tratamiento se debe llevar a cabo en el vertimiento de aguas residuales domésticas del municipio de San José del Guaviare, para dar solución a la problemática que enfrenta el municipio?
- ¿Se pueden aprovechar las aguas residuales tratadas?

En mi opinión, fundada en toda la información acopiada, considero que es absolutamente necesaria la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), teniendo en cuenta los impactos negativos que se generan por los vertimientos sin previo tratamiento al cuerpo de agua. Sin embargo, para ubicar la PTAR en el municipio considero que se hace necesario realizar estudios detallados para evaluar posibles ubicaciones viables, donde los nuevos puntos a considerar para tal ubicación reduzcan los problemas que se enfrentan en aquellos que se han tenido en cuenta hasta ahora. Además, considero que no se ha dedicado el

tiempo suficiente para hacer las correspondientes investigaciones por parte de las entidades responsables, de modo que el municipio se ha quedado estancado en un problema desde hace muchos años, en apariencia debido a una evidente falta de compromiso e interés para llegar a la solución del problema.

Por otra parte, considero que la caracterización fisicoquímica realizada por la empresa de servicios públicos (EmpoAguas) en cada uno de los vertimientos es realizada de una manera poco eficiente ya que el informe que se presentó, y del cual se dispuso, en virtud de nuestra petición para hacer el presente trabajo, tiene bastantes inconsistencias. Se nota un deficiente registro de parámetros evaluados, errores en cuanto a unidades y coordenadas, ausencia de información de uno de los vertimientos y finalmente no concuerdan tales datos con el informe ambiental elaborado por la Contraloría Departamental del Guaviare. En definitiva, es necesario hacer un estudio donde se dedique el tiempo necesario para evaluar cada uno de los parámetros fisicoquímicos en los vertimientos y así mismos poder realizar un correcto análisis al impacto que generan las descargas de aguas residuales sin un control previo.

III. DISCUSIÓN

Para poder presentar una propuesta frente al problema que enfrenta el municipio de San José del Guaviare, es necesario tener en cuenta diferentes elementos teóricos conceptuales. Dichos conceptos teóricos son necesarios para poder entender cada tipo tratamiento que puede ser aplicado en situaciones como las que enfrenta el municipio y además de esto la normatividad que se debe tener en cuenta para el cumplimiento de los parámetros establecidos.

Un término muy importante y que se va a mencionar a lo largo de este documento es el de aguas residuales, las cuales son una “sustancia muy compleja que varía desde aguas residuales domésticas hasta una amplia gama de aguas residuales industriales. Las aguas residuales domésticas incluyen, típicamente los excrementos o heces humanas, orina, esputo, jabón, desechos de baño y de cocina, incluidos grasa, arena, etc” (Arceivala & Asolekar, 2012). Sin embargo, teniendo en cuenta los temas que se van a tratar a lo largo del escrito, no se va a tomar en cuenta el término de las aguas residuales industriales debido a la inexistencia de industrias en el lugar en estudio.

Teniendo en cuenta que el problema que enfrenta el municipio es un vertimiento de aguas residuales sin un tratamiento previo, es necesario definir el término de vertimientos. Según la Secretaría de ambiente de Bogotá, se define a un vertimiento como una descarga final a un cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. Los vertimientos pueden ser puntuales o no; los puntuales hacen referencia a aquellos que se realizan a partir de un medio de conducción (tubería, zanja, entre otros) y este puede precisar el punto exacto de descarga. Mientras tanto en los no puntuales, no se puede precisar el punto exacto de descarga, como los provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares (Bogotá, 2020). Para el trabajo en cuestión es fundamental tener

en cuenta que el tipo de vertimiento que se va estudiar es un vertimiento puntual, que se conduce por tuberías y el punto de descarga es en el río Guaviare.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que en Colombia se reglamenta, normatiza y controla la disposición de residuos de acuerdo a su clasificación. Dentro de este marco jurídico se tiene la resolución 0631 del 2015 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde se establecen 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 (MINAMBIENTE, 2015).

A continuación, se podrán evidenciar los límites establecidos por la normatividad vigente frente a los parámetros mencionados anteriormente. En la tabla 1 se evidencian los valores establecidos en la resolución 0631 del 2015 para vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpos de aguas superficiales. (MINAMBIENTE, 2015).

Tabla 1. Límites permisibles según la normatividad vigente en Colombia.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITES PERMISIBLES
DBO₅	mg O ₂ /L	90
DQO	mg O ₂ /L	180
Grasas y aceites	mg/L	20
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	≤ 0.01
pH	upH	6 - 9
Sólidos suspendidos totales	mg/L	90

Tomado de: (MINAMBIENTE, 2015)

Téngase en cuenta que el alto contenido de contaminantes por los que se caracterizan las aguas residuales, se debe principalmente al consumo del oxígeno disuelto contenido en la corriente receptora y se manifiesta por lo general gracias a la presencia de materia flotante, cambio de

color, y malos olores. Para mitigar el impacto que se genera por estos vertimientos es necesario hacer un tratamiento previo a la descarga de estas aguas. Dicho tratamiento se habría de llevar a cabo en una planta de tratamiento donde se apliquen los diferentes procesos que mitigan el impacto de la descarga de aguas residuales sobre el río Guaviare.

Para esto es necesario conocer lo que es una planta de tratamiento; ésta se define como el conjunto de obras, instalaciones y procesos necesarios para tratar las aguas residuales, con material disuelto y en suspensión usadas por una comunidad o industrial (CAR, 2018). Gracias a dichos procesos se planea disminuir la contaminación de las aguas residuales antes de realizar su descarga al medio natural y conservar la calidad de las aguas de la fuente receptora. Es necesario tener en cuenta que una planta de tratamiento no produce agua potable sólo agua tratada, o sea disminuidas en algunas o todas sus cualidades contaminantes para de esta forma se permitan ciertos usos específicos.

Para llevar a cabo un tratamiento adecuado se debe tener en cuenta que dentro de las plantas de tratamiento existen las siguientes etapas en el proceso de aguas residuales:

- Tratamiento preliminar. Debe realizarse por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presente en las aguas negras y que pueda interferir los procesos de tratamiento (Higuera Mozombite & Puentes Diaz, 2017).
- Tratamiento primario. Es un tratamiento realizado mediante procesos que remueven una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual, usando sistemas sencillos de remoción, como operaciones físicas de sedimentación (RAS, 2000).

- Tratamiento Secundario. Es aquel tratamiento que se realiza una vez terminados los procesos de sedimentación, decantación y homogenización, es el encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos (RAS, 2000).
- Tratamiento Terciario. Es un tratamiento más completo, involucra procesos fisicoquímico o biológico de modo que se pueda lograr un alto grado de tratamiento superior al secundario; en este proceso se pueden remover varios parámetros como lo son: sólidos en suspensión, complejos orgánicos disueltos, compuestos inorgánicos disueltos o nutrientes (RAS, 2000). Por otro lado, los procesos biológicos son la floculación y coagulación de material suspendido y disuelto mediante acción bioquímica de ciertos microorganismos, y pueden ser aerobios y anaerobios.

Las plantas de tratamiento aerobias, necesitan de oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica serán procesos aerobios; estos procesos se caracterizan por la falta de malos olores. Por otra parte, las anaerobias, consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan se caracterizan por la presencia de malos olores. (Cabezas, 2013).

Finalmente, partiendo de la cantidad de población del municipio se define un tipo de planta de tratamiento específico. Según (ACUATECNIA, 2016) “una planta compacta de tratamiento de agua es apropiada para pequeñas comunidades o campos que no tienen acceso a tratamientos centrales de agua potable como los de un municipio pequeño o una ciudad. Estas plantas compactas de tratamiento de agua son instaladas cerca a fuentes naturales de agua como ríos o

lagos para extraer el agua y realizar procesos de purificación. Las plantas son usualmente construidas en acero y se envían listas para la instalación en el lugar requerido”.

Seguido de los elementos teóricos conceptuales definidos anteriormente, es necesario tener en cuenta la información obtenida referente a la realidad que se vive en el municipio de San José del Guaviare. Para esto se parte de que en el municipio San José del departamento del Guaviare, no existe una planta de tratamiento de aguas residuales, lo que repercute en diversos problemas ambientales en los puntos de vertimiento que se hacen sobre el río Guaviare; se hace estrictamente necesaria una intervención urgente por parte de las entidades municipales.

Es necesario tener en cuenta que San José del Guaviare es un municipio colombiano, capital del departamento de Guaviare y su población es de aproximadamente 55.820 habitantes, de los cuales solo 38.684 habitantes viven en la cabecera municipal según (DANE, 2018). Su terreno es principalmente plano, correspondientes a la transición entre la Orinoquía y la Amazonía, y es regado por varios cursos de agua, entre los que destacan los ríos Guaviare y Guayabero, que además le sirven para comunicarse con las poblaciones cercanas, dentro y fuera del departamento (Wikipedia, 2022).

Para tener un acercamiento con la situación que se está viviendo en el municipio se solicitó información a la empresa de servicios públicos (EmpoAguas) sobre la caracterización fisicoquímica de los vertimientos realizados en el cuerpo de agua. La toma de muestras para el vertimiento del sector Terpel se realizó el día 5 del mes de octubre en el año 2021, mientras que, según el informe, la caracterización del vertimiento en el sector Piraquive se realizó el día 28 y 29 del mes de diciembre del año 2020. Dicha caracterización se ve resumida en la siguiente tabla:

Tabla 2. Reporte de resultados de los parámetros de los vertimientos según EmpoAguas.

PARÁMETRO	UNIDAD	VERTIMIENTO TERPEL	VERTIMIENTO PIRAQUIVE
Caudal medio	L/s	80.24	9.07
DBO ₅	mg O ₂ /L	74	259
DQO	mg O ₂ /L	169	434
Grasas y aceites	mg/L	9.90	5,56
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	<0.5	<0.5
pH	upH	6.68	7.21
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<15	52

Tomado de: (EmpoAguas, 2021).

Por otra parte, según la (Contraloría, 2021) existen 3 (Tres) vertimientos de aguas residuales domésticas los cuales realizan la descarga a la margen derecha del Río Guaviare. El vertimiento N° 1 es de aguas residuales domésticas, con descarga al Río Guaviare, cuenta con estructura de descarga y una tubería de 36". Este punto es conocido como vertimiento Perimetral o TERPEL con coordenadas 02°35'18,28" N - 72°38'32,0 6" O. El vertimiento N° 2 es de aguas residuales domésticas, con descarga al Río Guaviare, cuenta con estructura de descarga y una tubería de 10". Este punto es conocido como vertimiento Mosquito con coordenadas 02°34'58,1" N - 72°38'27,6" O. El vertimiento N° 3 es de aguas residuales domésticas, con descarga al Río Guaviare, cuenta con estructura de descarga y una tubería de 10". Este punto es conocido como vertimiento Piraquive con coordenadas 02°34'57,6" N - 72°38'27,4" O. De los vertimientos mencionados anteriormente se tiene la caracterización fisicoquímica del número dos y número tres; según lo mencionado por el informe de la Contraloría, su reporte también fue tomado de la información primaria entregada por EmpoAguas. La fecha en la que se realizó la caracterización fisicoquímica del vertimiento sector Mosquito fueron los días 10 y 11 del mes de noviembre del año 2020, mientras que, la caracterización del vertimiento en el sector Piraquive fue hecha el 28 y 29 del mes de diciembre del año 2020.

Tabla 3. Reporte de resultados de los parámetros de los vertimientos según la Contraloría Departamental.

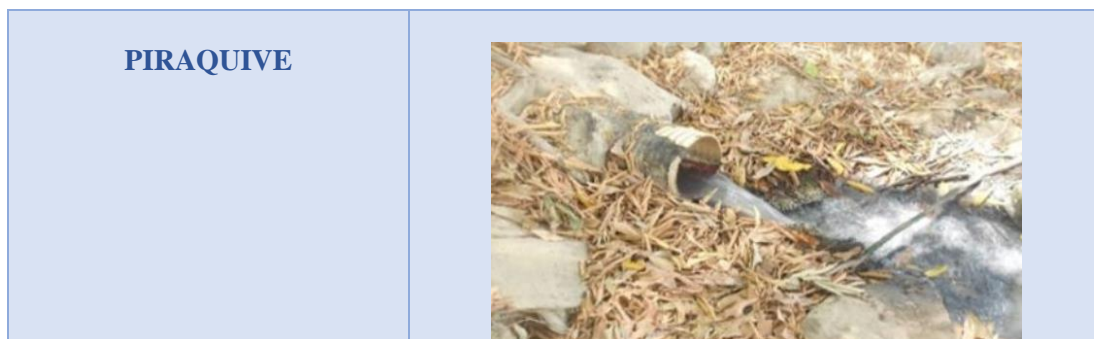
PARÁMETRO	UNIDAD	VERTIMIENTO MOSQUITO	VERTIMIENTO PIRAQUIVE
DBO₅	mg O ₂ /L	291	179
DQO	mg O ₂ /L	359	940
Grasas y aceites	mg/L	49,4	7,4
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	< 0,5	< 0,5
pH	upH	7,27	7,17
Solidos suspendidos totales	mg/L	81	75

Tomado de: (Contraloría, 2021).

A continuación, se podrán observar fotografías de cada uno de los vertimientos y el estado en el que se encuentra cada uno de ellos.

Tabla 4. Registro fotográfico de los vertimientos de aguas residuales.

VERTIMEINTO	FOTOGRAFÍA
TERPEL	
MOSQUITO	



Imágenes tomadas de (Contraloría, 2021) y (EmpoAguas, 2021).

Teniendo las coordenadas de cada uno de los vertimientos se ubicaron los puntos en la siguiente ilustración con la ayuda de Google Earth.

Ilustración 1. Ubicación de los vertimientos.



Tomado de: Google Earth.

El área donde se realiza el vertimiento sector Piraquive y sector Mosquito presenta un problema de salubridad, debido a la falta de control por parte de entidades y que esta área está comprendida por barrios que se han formado de manera incontrolada por familias de bajos recursos. Según la comunidad algunos niños e incluso adultos se bañan cerca a los vertimientos lo que ha provocado enfermedades como vomito, diarrea, brotes en la piel e incluso otras

enfermedades que son ocasionadas por la picadura de moscos. Dicho lo anterior es indispensable la búsqueda de una solución para mitigar estos problemas que se generan sobre la población.

Seguido de esto es conveniente revisar y comparar los valores obtenidos en los vertimientos frente a los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 0631 del 2015 mencionados en la tabla 1, para esto se puede observar la siguiente tabla.

Tabla 5. Valores obtenidos en los vertimientos según (EmpoAguas, 2021) frente a los límites permisibles establecidos en la normatividad.

PARÁMETRO	UNIDAD	VERTIMIENTO TERPEL	VERTIMIENTO PIRAQUIVE	LÍMITES PERMISIBLES
DBO₅	mg O ₂ /L	74	259	90
DQO	mg O ₂ /L	169	434	180
Grasas y aceites	mg/L	9.90	5,56	20
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	< 0.5	< 0.5	< 0.01
pH	upH	6.68	7.21	6 - 9
Solidos suspendidos totales	mg/L	<15	52	90

En la tabla 5, se puede evidenciar que hay tres parámetros que están sobrepasando el límite establecido en la resolución; estos son el DBO₅, el DQO y los Nitratos. Tomado de: Elaboración propia.

Tabla 6. Valores obtenidos en los vertimientos según la (Contraloría, 2021) frente a los límites permisibles establecidos en la normatividad.

PARÁMETRO	UNIDAD	VERTIMIENTO MOSQUITO	VERTIMIENTO PIRAQUIVE	LÍMITES PERMISIBLES
DBO₅	mg O ₂ /L	291	179	90
DQO	mg O ₂ /L	359	940	180
Grasas y aceites	mg/L	49,4	7,4	20
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	< 0,5	< 0,5	< 0.01
pH	upH	7,27	7,17	6 - 9
Solidos suspendidos totales	mg/L	81	75	90

En la tabla 6, se puede evidenciar que hay cuatro parámetros que están sobrepasando el límite establecido en la resolución; estos son el DBO₅, el DQO, Grasas y aceites y los Nitratos. Tomado de: Elaboración propia.

Para entender un poco mejor a que hacen referencia estos parámetros se van a definir brevemente a continuación, aquellos que no cumplen con la norma. La DQO se define como la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua (Drapcho, Nghiêm, & Walker, 2020). Por otro lado, la DBO es la cantidad de oxígeno que los microorganismos (bacterias, hongos, etc.) consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra; teniendo en cuenta que el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza durante cinco días a 20 °C, esto se indica como DBO₅ (Arceivala & Asolekar, 2012).

Tanto la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) son utilizadas para medir el grado de contaminación presente en las aguas residuales; es decir, cuanto mayor es la demanda de oxígeno, mayor es la presencia de materia orgánica en el vertimiento, lo que implica una mayor contaminación en la muestra. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que estos parámetros están sobrepasando los límites establecidos por la normatividad, por lo tanto, se está haciendo una descarga de contaminantes mucho mayor a lo que el cuerpo de agua debe soportar.

Por otra parte, según (Cabrera Molina, Hernández Garcíadiego, Gómez Ruíz, & Cañizares Macías, 2003) los nitratos “son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, que se encuentran de manera natural en pequeñas concentraciones en el suelo, los alimentos y las aguas superficiales y subterráneas. Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador

importante de la calidad del agua. Ambos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales. Los nitratos no se consideran en sí tóxicos, pero la ingesta de grandes cantidades produce un efecto diurético”.

Finalmente, “se entiende por grasas y aceites al conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua. Sirven como alimentos para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes” (López, 2021).

Luego de hacer un análisis sobre las características y el incumplimiento a la normatividad se considera totalmente necesaria la implementación de medidas frente a este impacto ambiental negativo que se genera sobre el río Guaviare. Dicho esto, se considera necesario hacer un tratamiento a las aguas residuales previo a la descarga sobre el cuerpo de agua. Lo más adecuado sería la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales- PTAR.

Sin embargo, al comparar la información obtenida por el informe de la empresa de servicios públicos del municipio frente a la información obtenida en el informe ambiental de la Contraloría Departamental, se hace evidente que hace falta información, la diferencia entre los datos obtenidos es significativa en el vertimiento del sector Piraquive, el cual se muestra en las dos fuentes mencionadas. Teniendo en cuenta que la fecha en la que se realizó la caracterización en este sector coincide en ambas fuentes, no queda clara la información y no se entiende cual de las dos fuentes presenta valores erróneos. Este problema a pesar de que es muy significativo y

preocupante no cambia el hecho conclusivo de que se está incumpliendo con la normatividad y que se hace necesaria la implementación de un tratamiento previo a las descargas realizadas.

Para poder determinar qué tan representativo es el impacto que se genera, se realizó un estudio del impacto ambiental, basándose en lo aprendido en el diplomado cursado. Dicho estudio se define como un “procedimiento técnico, jurídico y administrativo, empleado para la toma de decisiones relacionadas con repercusión ambiental, regulado por la legislación ambiental vigente” (Zúñiga Palma, 2009). Los ítems evaluados en el estudio y los posibles puntajes que pueden dar son los siguientes:

POR VARIACIÓN EN CALIDAD		INTENSIDAD (IN)	
Impacto positivo	+	Baja	1
Impacto negativo	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (MC)		ACUMULACIÓN (AC)	
Recuperable de manera inmediata	1	Simple	1
Recuperable a medio plazo	2	Acumulativo	4
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		
EFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
Indirecto	1	Irregular o aperiodico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
SINERGIA (SI)			
Sin sinergismo	1		
Sinérgico	2		
Muy sinérgico	4		

Ilustración 2. Ítems y puntajes para la calificación de cada uno de los impactos estudiados.

En la siguiente tabla se ven cada uno de los impactos estudiados y los puntajes asignados en cada ítem. El resultado del estudio se ve reflejado en la tabla a continuación (Zúñiga Palma, 2009).

Tabla 7. Clasificación del impacto y las medidas que se deben establecer.

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO ESPECÍFICO	ACTIVIDAD GENERADORA DEL IMPACTO (ASPECTO)	CARÁCTER	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	PERSENCIA	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD	EFFECTO	SINERGIA	ACUMULACION	PERIODICIDAD	CALIFICACION DE LA PONDERACION DEL IMPACTO	CLASIFICACION	MEDIDAS
ABIOTICO	AGUA SUPERFICIAL	Rio Guaviare contaminado	Vertimiento de aguas residuales en el rio	-	4	2	4	4	2	2	4	2	4	4	-42	MODERADO	MEDIDAS CORRECTORAS
ABIOTICO	ATMOSFÉRICO	Propagació de malos olores	Falta de un tratamiento previo a las aguas residuales	-	4	4	4	2	1	2	4	2	1	4	-40	MODERADO	MEDIDAS CORRECTORAS
BIOTICO Y PAISAJE	FLORA Y FAUNA	Alteración del habitat	Falta de control en el area del vertimiento	-	2	2	2	4	2	4	4	2	4	4	-36	MODERADO	MEDIDAS CORRECTORAS
	PAISAJE	Alteración de los valores escenicos de una unidad de paisaje	Falta de mantenimiento y adecuación en el lugar del vertimiento	-	8	2	4	4	1	4	4	2	4	4	-55	SEVERO	MEDIDAS CORRECTORAS

La tabla 4, muestra cada uno de los impactos evaluados con su respectiva clasificación y el tipo de medida que se debe implementar para la corrección de este (Elaboración propia).

El impacto se determinó con la siguiente formula:

$$I = \pm (3Intensidad + 2Extensión + Momento + Persistencia + Reversibilidad + Recuperabilidad + Efecto + Periodicidad + Sinergia + Acumulación)$$

El impacto se clasificó según lo siguiente:

< 25 se clasifica como: irrelevante o compatible.

≥ 25 y < 50 se clasifica como: moderado.

≥ 50 y < 75 se clasifica como: severo.

≥ 75 se clasifica como: crítico.

Visto el resultado del estudio ambiental se concluye que es necesario tomar medidas correctivas de manera urgente, ya que el impacto no solo se genera sobre el cuerpo de agua, si no también se propagan malos olores a los alrededores, se altera el medio ambiente y se altera visualmente el

paisaje de la zona. De esta manera encuentro que la manera para corregir los impactos analizados, es construir una planta de tratamiento; sin embargo, existen otros aspectos a considerar. Para poder llevar a cabo un proyecto de construcción de la Ptar se han analizado diferentes posibles ubicaciones de la planta y se han tenido en cuenta las exigencias de las personas e instalaciones aledañas que puedan verse afectadas por la construcción de una Ptar en este lugar. Lastimosamente a lo largo de las investigaciones se han enfrentado a distintas problemas, que se describen a continuación.

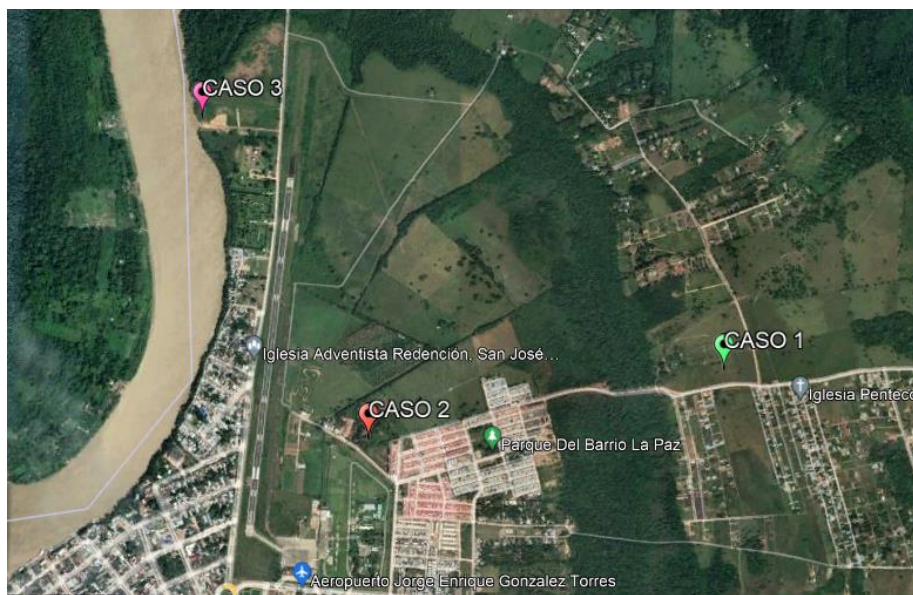
El primer caso que se analizó en la Secretaría de Planeación del municipio, para tomar como la ubicación de la planta de tratamiento, presentó un problema, ya que en este era necesario instalar varias estaciones de bombeo debido a que la pendiente de la zona no permitía un sistema que trabaje por gravedad. Según la Secretaría de Planeación del municipio deberían ser tres los puntos donde se realizaría el bombeo de las aguas residuales, lo que traería un aumento en el costo del proyecto considerable. Por lo tanto, fue descartado.

El segundo caso analizado del posible punto de ubicación de la planta de tratamiento no se consideró viable ya que el área donde se planea ubicar la planta de tratamiento está establecida en el POT como un área destinada a la expansión urbana; por lo tanto, se descartó ya que se verían enfrentados a problemas legales, entre ellos el permiso de construcción, que es obligatorio y fundamental para poder llevar a cabo la construcción de esta planta (Ordoñez Bonilla, 2021).

Finalmente, el último caso es un punto que se ha tenido en cuenta desde hace bastantes años. Este punto está cerca al aeropuerto del municipio y el problema radica a partir de esto ya que la Aeronáutica Civil se pronunció y dio un concepto desfavorable para la construcción de la PTAR en el sitio propuesto; ya que se considera que no es viable dicha ubicación por las aves (vectores) que la planta puede atraer y su directa afectación sobre el correcto desarrollo de las actividades

en el aeropuerto Jorge Enrique González Torres en el municipio de San José del Guaviare (Contraloría, 2021).

Ilustración 3. Ubicación de cada uno de los posibles puntos de ubicación de la PTAR.



Tomado de: Google Earth.

Teniendo en cuenta que las posibles ubicaciones para la planta de tratamiento no son favorables, y considerar una nueva ubicación no se contempla por ahora, considero el caso número tres como el de mayor viabilidad y con el que se puede llegar a brindar una solución. Se puede partir de que el motivo por el cual se puede impedir la construcción de la planta de tratamiento, es porque en su funcionamiento atraiga vectores como los carroñeros aéreos que afecten el correcto funcionamiento de las actividades desarrolladas en el aeropuerto. En el caso de que se garantice que no se atraerán los vectores, no existiría problema alguno con la construcción de la Ptar. Además de esto es notable la cercanía de este punto con la ubicación de los vertimientos mostrados en la Ilustración 1, lo que reduciría costos en tuberías.

Para poder cumplir con las necesidades de los interesados, es necesario tener en cuenta que existen plantas de tratamiento de aguas residuales dentro de aeropuertos, lo que nos da una idea de qué tipo de planta podemos emplear para no afectar las actividades que se desarrollan en el aeropuerto. Para esto se revisaron dos casos encontrados referentes a la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales dentro de aeropuertos que han presentado problemas en sus actividades y se han hecho adecuamientos para cumplir con las necesidades de los interesados.

A continuación, se hablará un poco del primer caso encontrado. “La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (PTARD) del aeropuerto El Edén, ubicada en la ciudad de Armenia, fue construida para tratar las aguas residuales provenientes de dicho aeropuerto (sanitarios, grifos, duchas, lavado y trapeo), sin embargo, gracias al crecimiento del personal aeroportuario, del número de pasajeros y del tamaño de la institución no cumplía en su momento con los requisitos establecidos; por tanto se había disminuido la capacidad instalada de tratamiento, en cuanto a carga de materia orgánica vertida. Para dar una solución a esta problemática se evaluó la opción de cambiar por completo la planta de tratamiento empleando un sistema adecuado y moderno ofrecido por la empresa Techos Verdes S.A.S. El sistema de tratamiento es de la marca Ecolo-Systems” (Cabezas, 2013). La propuesta se resume en una planta de tratamiento aeróbica que cumple con los requisitos establecidos por el aeropuerto.

El segundo caso referente a plantas de tratamiento instaladas dentro de aeropuertos, es según (AMBBIO, 2018) la PTAR del aeropuerto internacional Ernesto Cortissoz, de Soledad, Atlántico, que presta sus servicios a la ciudad de Barranquilla; estaba funcionando de manera muy deficiente, sus resultados no cumplían con la normativa. Además, las aguas que esta vertía contaminaban la ciénaga de Soledad. Para poder dar solución a este problema se decidió

contratar con AMBBIO el rediseño, implementación y operación de dicha PTAR. Dicha empresa después de analizar las causas de su ineficiencia, la convirtió en una PTAR aeróbica con bioaumentación, utilizando diferentes productos, optimizando su funcionamiento y eliminando los malos olores que esta producía.

Teniendo bastantes conceptos teóricos definidos, la realidad que se está viviendo en el municipio clara, una solución comercial encontrada, y unos conocimientos previos obtenidos a lo largo de la carrera, se planea dar una eventual solución viable, al problema ambiental al que se enfrenta el municipio de San José del Guaviare.

Para el desarrollo de una buena propuesta frente a tal problema, se deben garantizar diferentes factores, como los siguientes: no se van a generar carroñeros aéreos debido a los malos olores que generaría la planta de tratamiento de aguas residuales; se va a cumplir con la normatividad ambiental y los parámetros medidos en sitio van a estar dentro de los límites permisibles; se debe adecuar el lugar donde se realiza el vertimiento; y finalmente, se debe evitar la eventual alteración de la flora y la fauna del área, las cuales se generarían por la alta carga contaminante en las aguas residuales.

Teniendo en cuenta diversos conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, en el diplomado cursado y gracias a la investigación teórica realizada y mencionada anteriormente, se concluye que el tipo de tratamiento que se debe implementar en la planta de tratamiento, para evitar la generación de vectores aéreos que puedan afectar el correcto funcionamiento de las actividades desarrolladas en el aeropuerto del municipio de San José del Guaviare, es la construcción de una PTAR aeróbica compacta. La construcción de dicha PTAR traerá consigo soluciones para cada uno de los problemas evaluados en el estudio de impacto ambiental. Dichos problemas evaluados se muestran a continuación:

1. La contaminación sobre el río Guaviare debido al vertimiento de aguas residuales sin un previo tratamiento antes de la descarga. Este ítem evaluado en el estudio se disminuye directamente con la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, gracias a los tratamientos que se hacen dentro de la planta, ya que estos ayudan a controlar los valores de los parámetros físico químicos establecidos en la norma.
2. La propagación de malos olores debido a la falta de un tratamiento previo a las aguas residuales descargadas en el río Guaviare. Este ítem evaluado en el estudio de impactos ambientales anteriormente, se elimina con la construcción de la planta de tratamiento aeróbica, ya que este tipo de tratamiento garantiza una eliminación de malos olores si se efectúa correctamente y se realiza un mantenimiento adecuado a las instalaciones.
3. La alteración del hábitat que incluye directamente la flora y la fauna gracias a la inexistencia de un control en el área del vertimiento. Se soluciona con la construcción de una planta de tratamiento en el área donde se está haciendo la descarga de aguas residuales, ya que allí se presenta una fuerte erosión en el terreno. Si la planta de tratamiento se construye en dicho lugar se puede garantizar un control en el punto del vertimiento. Además de esto se garantiza que el paisaje se verá beneficiado si se hace una adecuación del terreno, seguido de la construcción de la Planta de Tratamiento.

Con lo mencionado anteriormente se puede concluir que la manera adecuada de abordar y enfrentar este problema es con la construcción de una Planta de Tratamiento de aguas Residuales Compacta. Donde en dicha planta se introduzcan procesos aeróbicos, ya que al efectuarse de una manera adecuada se puede garantizar un control en los malos olores.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que según el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas se establecieron una serie de directrices para que las aguas de mayor calidad se

preservarán para el consumo humano y no fuesen utilizadas para labores en las que no fuesen necesarias. Lo que significa que lo ideal es usar el agua potable únicamente para el consumo humano, para el desarrollo de otras actividades como, por ejemplo, el riego de jardines o cultivos se puede usar el agua residual tratada o el agua lluvia recogida.

IV. CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta una gran diversidad de información teórica establecida en la discusión, donde se identificaron los distintos tipos de vertimientos, distintos tipos de tratamientos, las variantes en cuanto a tipologías de plantas de tratamiento, consultar la normativa que se refiere a vertimientos, las soluciones comerciales que se ofertan; El análisis de la situación que se vive en el municipio y una evaluación del impacto que se genera en este lugar, se llega a la conclusión que el tipo de tratamiento que se debe llevar a cabo en el vertimiento de aguas residuales domesticas del municipio de San José del Guaviare, para dar solución a la problemática que enfrenta es la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Compacta con procesos de tipo aeróbico, gracias a las ventajas que estos ofrecen.

Considero que la información que se tiene sobre las características de los vertimientos es insuficiente para poder hacer un análisis adecuado; Por lo tanto, recomiendo que se deben realizar los estudios que sean necesarios para poder tomar las mejores decisiones y poder dar solución al problema. También considero que se debe hacer un estudio referente a las posibles ubicaciones para la planta de tratamiento, ya que la información que se tiene es insuficiente para tomar la mejor decisión frente a este problema.

Es necesario señalar la necesidad de realizar un estudio definitivo completo, donde se tenga en cuenta la toma de datos en diferentes temporadas climáticas, para poder hacer un análisis estadístico acertado y así mismo dar pie a la decisión de construir una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en el lugar que se considere apropiado.

Finalmente, luego de realizar un tratamiento a las aguas estas se pueden aprovechar adecuadamente. Considero que se le puede dar un uso adicional a las aguas que provendrían de la Ptar, como los siguientes:

Riego agrícola y de zonas verdes; San José del Guaviare es un municipio donde a pesar de no ser una actividad económica a gran escala, estas aguas pueden utilizarse en semilleros y cultivos. Dentro de las zonas verdes se pueden encontrar los jardines, parques y el cementerio del municipio.

Limpieza de ganado; La ganadería hace parte de una de las actividades económicas más influyentes del sector rural del municipio y a lo largo del departamento del Guaviare. Por esto el uso de aguas residuales tratadas para el lavado del ganado puede ser un punto que considerar. Además, las aguas residuales se pueden utilizar en la lucha contra los incendios que se presenten no solo en el municipio sino también dentro del departamento, en los centros de lavado de carros, en la limpieza de calles y también puede ser muy útil en el ámbito de la construcción.

V. BIBLIOGRAFÍA

- ACUATECNIA. (6 de Mayo de 2016). *ACUATECNIA S.A.S.* Obtenido de <https://acuatecnica.com/caracteristicas-una-planta-compacta-tratamiento-agua/>
- AMBBIO. (14 de Abril de 2018). *AMBBIO Colombia.* Obtenido de <https://ambbio.co/aeropuerto/>
- Arceivala, S., & Asolekar, S. (2012). *Environmental Studies: A Practitioner's Approach.* (1st ed.). New York: McGraw-Hill Education (India) Private Limited. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781259006050/chapter/chapter7>
- Bogotá, A. M. (6 de Diciembre de 2020). *Secretaría de Ambiente.* Obtenido de https://ambientebogota.gov.co/es/historial-de-noticias/-/asset_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/conoce-que-es-un-vertimiento-y-como-se-clasifica?redirect=https%3A%2F%2Fambientebogota.gov.co%2Fes%2Fhistorial-de-noticias%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_VqEYxdh9mhVF%2
- Cabezas, D. (2013). *Diagnostico del estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de aeropuerto Edén de Armenia.* Pasantia institucional, Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Ciencias Ambientales, Santiago de Cali - Valle del Cauca. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5670/TAA02083.pdf?sequence=1>
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz , H., & Cañizares Macías, P. (17 de Febrero de 2003). *SCIELO.* Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014
- CAR. (2018). *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.* Obtenido de https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/9
- Contraloría. (2021). *Informe anual sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente del departamento del Guaviare.* Guaviare. San José del Guaviare: Contraloría Departamental del Guaviare. Obtenido de <https://www.contraloriaguaviare.gov.co/web/>
- DANE. (2018). *Anexo: Proyecciones de población 2018-2035. Sistema de Consulta de Información Censal. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).* Recuperado el 13 de Marzo de 2022, de https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios_de_Colombia_por_poblaci%C3%B3n
- Drapcho, C. M., Ngiêm, N. P., & Walker, T. H. (2020). *Biofuels Engineering Process Technology* (2nd ed.). New York: McGraw Hill. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781259585722/chapter/chapter2>

- EmpoAguas. (2021). *Caracterización físico-química del agua residual de los vertimientos del sistema de alcantarillado de EmpoAguas ESP*. San José del Guaviare: EMPOAGUAS ESP.
- Higuera Mozombite, S., & Puentes Diaz, I. (2017). *Formulación de parámetros de optimización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Tena*. Bogotá. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/15884/Proyecto.%20Formaulaci%C3%B3n%20de%20parametros%20de%20optimizaci%C3%B3n%20PTAR%20Tena.pdf?sequence=1>
- López, S. M. (2021). *Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas, generadas en la subestación eléctrica de Cerromatoso ubicado en el municipio de Montelíbano*. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Montería, Córdoba. Recuperado el 13 de Marzo de 2022, de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4562/lopezbrangosol-paterninauriberberth.pdf?sequence=1>
- MINAMBIENTE. (2015). *Resolución N° 0631. Parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público*. Obtenido de <https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/7f-Res%20MADS%202659%20de%202015%20-%20Vigencia%20Res%200631.pdf>
- Ordoñez Bonilla, J. E. (14 de Diciembre de 2021). Entrevista al inspecto de planeación. (M. D. Cano Urrego, Entrevistador) San Jose del Guaviare.
- RAS. (2000). *Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)*. Santafé de Bogotá D.C: Ministerio de Desarrollo Económico. Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_a_.pdf
- Wikipedia, C. d. (9 de Marzo de 2022). San José del Guaviare. (L. e. Wikipedia, Ed.) Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=San_Jos%C3%A9_del_Guaviare&oldid=142168796
- Zúñiga Palma, H. (2009). *Elaboremos un estudio de impacto ambiental*. Obtenido de https://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/elaboremos_un_estudio_de_impacto_ambiental.pdf