

**ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MUNICIPIO DE LETICIA, AMAZONAS**



**AUTORES**

EDGAR ANTONIO BORJA GUASCA

SERGIO GONZALEZ CASTELLANOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**INGENIERO CIVIL**

Director:

**ING. LUIS FELIPE PINZÓN URIBE**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ, ENERO DE 2022**

**Análisis del Impacto Ambiental generado por la Construcción de la Planta de  
Tratamiento de Aguas Residuales en el municipio de Leticia, Amazonas**

Antonio Borja y Sergio González

Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada

Ing. Luis Pinzón

Enero de 2022

**Nota Aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma de tutor**

---

**Firma de jurado 1**

---

**Firma de jurado 2**

**Bogotá D. C., enero de 2022**

**Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado a Dios, por cuidarme, darme salud y guiarme en estos años de estudio, a mis padres y familiares, por creer en mí, a mis amigos y amigas por apoyarme, a mis profesores, por compartir sus conocimientos conmigo, y compañeros de la universidad, con los cuales aprendí muchas cosas.

**Edgar Antonio Borja Guasca**

El presente trabajo de grado quiero dedicarlo a Dios, a mis padres, a cada uno de los profesores y a mis compañeros que estuvieron y compartieron durante mis años de estudio y a mi compañero de trabajo de grado por la ayuda y paciencia durante los meses de trabajo para sacar adelante este trabajo.

**Sergio González Castellanos**

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, quien es el que nos da la inteligencia para cumplir con los objetivos que tenemos en nuestras vida, a nuestros padres, familiares, amigos, compañeros y profesores. También queremos agradecer a nuestro tutor, Luis Felipe Pinzón, por brindarnos su ayuda, tiempo y conocimientos para el correcto desarrollo del presente trabajo de investigación.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	14
Problema .....	16
Identificación .....	16
Descripción .....	18
Planteamiento.....	23
Delimitación.....	23
Objetivos .....	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos.....	24
Antecedentes .....	24
Justificación .....	26
Metodología .....	28
Evaluación de Impacto Ambiental.....	30
Plan de Manejo Ambiental.....	31
Marco Referencial.....	34
Marco Teórico.....	34
Método Arboleda .....	34
Pretratamiento .....	37
Tratamiento Primario .....	37

Tratamiento Secundario .....	38
Tratamiento Terciario .....	38
Tratamiento de Lodos .....	39
Digestión Anaerobia. ....	39
Digestión Anaerobia. ....	40
Servicio de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Leticia .....	40
Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Descentralizadas en Leticia .....	42
Norma Técnica Colombia (NTC) de Aguas Residuales .....	46
Marco Conceptual.....	48
Impacto Ambiental.....	48
Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) .....	48
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	49
Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	49
Agua Residual Domestica (ARD).....	49
Agua Residual no Domestica (ARnD).....	50
Solidos Suspendidos Totales (SST) .....	50
Solidos Suspendidos (SS) .....	50
Solidos Totales (ST) .....	50
Marco Legal .....	51
Descripción del Proyecto .....	52

Ubicación del Proyecto .....	52
Aguas Residuales Domésticas .....	54
Características Técnicas del Proyecto.....	54
Configuración de la Planta de Tratamiento .....	55
Pretratamiento. ....	55
Tratamiento Primario.....	55
Tratamiento Secundario.....	56
Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos.....	57
Quemador Atmosférico.....	57
Estructura de Control de Velocidad.....	57
Estación de Bombeo. ....	58
Tren de Tratamiento de Aguas Residuales .....	58
Línea Base Ambiental.....	59
Medio Abiótico .....	59
Geología.....	59
Geomorfología .....	61
Suelos y Uso de la Tierra .....	62
Hidrología .....	62
Calidad del Agua.....	64
Usos del Agua.....	65

Climatología.....	65
Precipitación. ....	65
Días con Lluvia. ....	66
Temperatura. ....	67
Humedad relativa. ....	68
Evapotranspiración. ....	69
Brillo solar. ....	70
Vientos. ....	71
Medio Biótico .....	72
Ecosistemas Terrestres.....	72
Flora. ....	72
Fauna. ....	74
Ecosistemas Acuáticos.....	75
Medio Socioeconómico .....	76
Perfil Demográfico.....	76
Educación.....	77
Salud .....	77
Economía .....	78
Vivienda.....	80
Servicios Públicos.....	80

	10
Evaluación Ambiental.....	81
Actividades del Proyecto .....	81
Identificación de Impactos .....	81
Plan de Manejo Ambiental.....	83
Conclusiones y Recomendaciones .....	89
Referencias.....	91
Anexos .....	97
Anexo 1. Matriz de Identificación de Actividades e Impactos Ambientales y Sociales .....	97
Anexo 2. Evaluación Ambiental de Impactos.....	106

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>ARD tratadas en Colombia en 2020 respecto a otros países de la región</i> .....	18
Figura 2 <i>Inundación Avenida Internacional en Leticia, Amazonas</i> .....	20
Figura 3 <i>Inundación en el barrio Porvenir de Leticia, Amazonas</i> .....	21
Figura 4 <i>Caño San Antonio</i> .....	22
Figura 5 <i>Caño Simón Bolívar</i> .....	22
Figura 6 <i>Metodología de la Investigación</i> .....	33
Figura 7 <i>Ubicación PTAR descentralizada “Nia Neemechi” Leticia, Amazonas</i> .....	44
Figura 8 <i>PTAR descentralizada “Manguare” Leticia, Amazonas</i> .....	46
Figura 9 <i>Terreno elegido para la construcción de la PTAR centralizada</i> .....	53
Figura 10 <i>Ubicación de la PTAR centralizada</i> .....	53
Figura 11 <i>Tren de tratamiento elegido para la PTAR centralizada</i> .....	59
Figura 12 <i>Unidades Geológicas en Leticia</i> .....	60
Figura 13 <i>Promedios mensuales multianuales de precipitación entre 1981 y 2010 en Leticia</i> ...	65
Figura 14 <i>Especie de Gimnospermas, familia Araucariaceae</i> .....	72
Figura 15 <i>Especie de Gimnospermas, familia Cycadaceae</i> .....	73
Figura 16 <i>Especie de Gimnospermas, familia Cupressaceae</i> .....	73

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Elementos de la Matriz de Identificación de Actividades e Impactos</i> .....	31
Tabla 2 <i>Clasificación de los parámetros del Método Arboleda</i> .....	36
Tabla 3 <i>Importancia del Impacto Ambiental</i> .....	36
Tabla 4 <i>Parámetros físico químicos de las ARD asumidos para el diseño de la PTAR</i> .....	54
Tabla 5 <i>Composición típica y carga promedio de las ARD del municipio de Leticia</i> .....	64
Tabla 6 <i>Promedios mensuales multianuales de días con lluvia en Leticia</i> .....	66
Tabla 7 <i>Promedios mensuales multianuales de temperatura en Leticia</i> .....	67
Tabla 8 <i>Promedios mensuales multianuales de humedad relativa en Leticia</i> .....	68
Tabla 9 <i>Promedios mensuales multianuales de evapotranspiración media en Leticia</i> .....	69
Tabla 10 <i>Promedios mensuales multianuales de brillo solar en Leticia</i> .....	70
Tabla 11 <i>Promedios mensuales multianuales del viento en Leticia entre 1981 y 2011</i> .....	71
Tabla 12 <i>Impactos ambientales y sociales identificados en la ejecución de la PTAR</i> .....	82
Tabla 13 <i>Programa de calidad del agua</i> .....	84
Tabla 14 <i>Programa de calidad del aire</i> .....	85
Tabla 15 <i>Programa de calidad de la fauna y flora</i> .....	86
Tabla 16 <i>Programa de calidad del suelo</i> .....	87
Tabla 17 <i>Programa de calidad del medio socioeconómico</i> .....	88

## Resumen

El siguiente proyecto denominado Análisis del impacto ambiental generado por la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Leticia, Amazonas, consiste en la identificación de impactos que pueden generarse debido a la ejecución del proyecto de la PTAR centralizada de Leticia, y proponer medidas y acciones para mitigar o prevenir aquellos impactos negativos. Para cumplir el objetivo global de la investigación se realiza una matriz de identificación de actividades e impactos y una evaluación ambiental por el método Arboleda. Específicamente se abordan aspectos ambientales y en menor medida aspectos sociales.

## Introducción

Un estudio de impacto ambiental “se describe como una evaluación del impacto de las actividades planificadas en el medio ambiente incluyendo los impactos en la biodiversidad, vegetación y ecología, agua y aire” (IISD, s.f., p. 2).

En Colombia los estudios de impacto ambiental deben hacerse de acuerdo con lo exigido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), puesto que es una exigencia para cualquier proyecto, obra o actividad que requiera licencia ambiental.

En el municipio de Leticia hay dos PTAR descentralizadas que poseen problemas de funcionamiento, las cuales fueron diseñadas para tratar las aguas servidas de dos pequeñas urbanizaciones, una en el zona rural y otra en la zona urbana, sin embargo el municipio no cuenta con una PTAR centralizada, por lo que las aguas residuales generadas en el casco urbano que se recogen y transportan por medio de un sistema de alcantarillado obsoleto son dispuestas sin ningún tipo de tratamiento a los cuerpos de agua que finalmente desembocan en el río Amazonas.

La pregunta central del trabajo es ¿Qué impactos genera a nivel ambiental y social la construcción y operación de la PTAR centralizada en el municipio de Leticia? Mientras que el objetivo central de la presente investigación es identificar y analizar los impactos ambientales y sociales generados por cuenta de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Leticia.

Este trabajo se desarrolló en 4 capítulos. El primer capítulo consiste en la descripción del proyecto de la PTAR centralizada de Leticia, Amazonas, por lo que se presenta la ubicación del

proyecto, las características técnicas, los procesos de tratamiento de agua residual que tendrá la PTAR, entre otros.

En el segundo capítulo se hace una investigación y descripción sobre la situación actual del área de influencia del proyecto respecto al medio abiótico (geología, geomorfología, hidrología, etc.), medio biótico (ecosistema terrestre, ecosistema acuático) y medio socioeconómico (educación, salud, economía, vivienda, etc.), esto es denominado línea base ambiental del proyecto.

El tercer capítulo es la evaluación ambiental de la PTAR, en este capítulo se identifican los posibles impactos ambientales y sociales generados en la etapa de construcción, operación y abandono de la PTAR, así como una evaluación ambiental de dichos impactos, de forma que se puede establecer qué impactos son los más graves y cuáles no lo son.

Finalmente, en el último capítulo, Plan de manejo ambiental, se presentan distintos programas de manejo ambiental en forma de fichas que tienen por objetivo presentar acciones o actividades para mitigar, prevenir, corregir o compensar los principales impactos ambientales y sociales identificados.

## Problema

### Identificación

Para entender la problemática de las aguas residuales a nivel mundial, “es probable que más del 80% de las aguas residuales se liberen al medio ambiente sin un tratamiento adecuado” (UNESCO, 2017, pág. 9).

El agua no potable y el saneamiento deficiente son las principales causas de mortalidad infantil. La diarrea infantil -asociada a la escasez de agua, saneamientos inadecuados, aguas contaminadas con agentes patógenos de enfermedades infecciosas y falta de higiene- causa la muerte a 1.5 millones de niños al año. La mayoría de ellos menores de cinco años en países en desarrollo. (ONU, 2020, p. 21)

Además “al menos 2.000 millones de personas en todo el mundo beben agua que puede estar expuesta a la contaminación de las heces” (ONU, 2020, p. 20)

Según UNESCO (2017) los países desarrollados tratan aproximadamente el 70% de las aguas residuales municipales e industriales que generan, mientras que los países de rentas medio-altas y de rentas medio-bajas tratan el 38% y el 28% respectivamente. En los países en desarrollo, sólo el 8% recibe algún tipo de tratamiento. Igualmente, en 2012 en los países de ingresos medios y bajos se produjeron al menos 842.000 muertes causadas por agua potable contaminada, instalaciones higiénicas inapropiadas y servicios de saneamiento inadecuados.

En América Latina según UNESCO (2017) los vertidos de aguas residuales urbanas están aumentando debido al crecimiento de la población y al aumento de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento.

“En 2015, el 88% de la población urbana tenía acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, de las cuales probablemente menos de un 60% estaba conectado a sistemas de alcantarillado” (UNESCO, 2017, pág. 109). Y cómo no ha habido un aumento importante en el tratamiento de aguas residuales, el saneamiento urbano continúa siendo uno de los principales problemas de Latinoamérica.

En Colombia, “sólo 541 municipios de los 1,122 registrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) cuentan con algún tipo de planta de tratamiento de aguas residuales” (Venegas, 2018, p. 2). Muchas de las PTAR existentes tienen problemas de operación y algunas no informan sobre el caudal tratado ni los métodos usados para el tratamiento, entre otros aspectos.

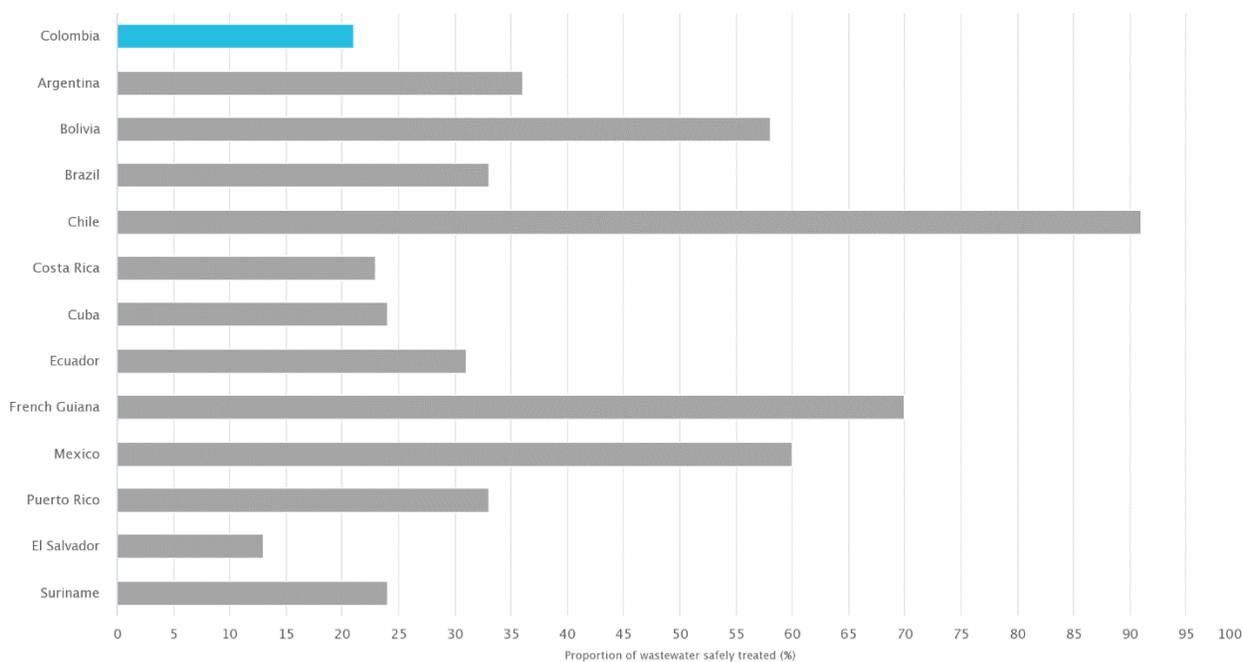
Sin embargo, “al 2019, Colombia alcanzó a depurar una cantidad de aguas residuales domésticas correspondiente al 48.56% del total de aguas vertidas por los sistemas de alcantarillado a cuerpos o cuencas hídricas” (Superservicios, 2020, pág. 61).

Según el Programa Objetivos de Desarrollo Sostenible 6: agua limpia y saneamiento (ODS 6) de la ONU (2020) sólo el 21% de las aguas residuales domiciliarias en Colombia se tratan de forma segura.

En la Figura 1 se puede evidenciar la proporción de aguas residuales domiciliarias tratadas en Colombia en el año 2020 en comparación con otros países de Sur América y Centro América.

## Figura 1

*ARD tratadas en Colombia en 2020 respecto a otros países de la región*



*Nota.* Adaptada de *Proportion of household wastewater treated in Colombia (2020), compared to other countries in the region*, por UN-Water, 2020, ([https://www.sdg6data.org/country-or-area/Colombia#anchor\\_6.3.1](https://www.sdg6data.org/country-or-area/Colombia#anchor_6.3.1)).

## Descripción

En el caso de Leticia, al igual que en muchas zonas del país, existe una deficiencia en el proceso de recolección y disposición de vertimientos de aguas residuales generadas principalmente por el uso doméstico.

En el municipio de Leticia hay dos PTAR descentralizadas que poseen problemas de funcionamiento, las cuales fueron diseñadas para tratar las aguas servidas de dos pequeñas urbanizaciones, una en el zona rural y otra en la zona urbana, sin embargo el municipio no cuenta con una PTAR centralizada, por lo que las aguas residuales generadas en el casco urbano

que se recogen y transportan por medio de un sistema de alcantarillado obsoleto son dispuestas sin ningún tipo de tratamiento a los cuerpos de agua que finalmente desembocan en el río Amazonas.

Así como el tratamiento de aguas residuales es deficiente, el saneamiento básico también lo es, según la Alcaldía de Leticia (2020) la población está expuesta al consumo de agua sin ningún tipo de proceso de potabilización con presencia de contaminación bacteriana, metales pesados, mal olor y turbidez, ocasionando problemas de desnutrición y enfermedades gastrointestinales, como Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) y parasitosis, y los resultados que éstas traen, que pueden ser consecuencias de salud y económicas, como el aumento en los gastos de las familias por atención médica. Según datos del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) entre 2019 y 2020 se presentaron 1,471 casos de EDA en niños menores de 5 años del municipio de Leticia, en total en ese periodo de tiempo se presentaron 5,271 casos.

Debido a eso en algunas zonas del municipio la población opta por la cocción de agua para consumo humano como único método para la eliminación de metales pesados y de bacterias coliformes.

Además de que las aguas residuales se vierten a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento, también existen zonas en donde las instalaciones de saneamiento no están conectadas a la red de alcantarillado, por lo que las aguas residuales están repartidas por todo el casco urbano, sobre todo en barrios alejados o de menor estrato en los cuales el agua residual doméstica queda expuesta en las calles o contiguas a las viviendas, generando malos olores, exponiendo a las personas a infecciones y enfermedades, contaminando el suelo y el medio ambiente de la zona, entre otros aspectos negativos.

Así mismo, la red de alcantarillado principal es obsoleta, "hay muchas tuberías en GRES (material constituido principalmente por arcillas que forman una pasta cerámica) y concreto simple que tienen más de 50 años, por lo cual ya cumplieron su ciclo de vida útil y deben ser reemplazadas" (Alcaldía de Leticia, 2015), además "el sistema de alcantarillado del municipio es combinado, sin embargo hay muchos tramos en los cuales el alcantarillado no tiene la capacidad hidráulica para funcionar cómo alcantarillado combinado" (Alcaldía de Leticia, 2015). Por esa razón es común ver calles inundadas en el municipio de Leticia, aunque sea por una mínima lluvia, en ocasiones algunas calles quedan inundadas por dos o tres días seguidos, como lo muestran la Figura 2 y Figura 3.

## **Figura 2**

### *Inundación Avenida Internacional en Leticia, Amazonas*



*Nota.* Adaptada de #Leticia, por Periódico Umarí - Amazonas, 2019, (<https://www.facebook.com/periodicoumari/posts/721019211755093>).

**Figura 3**

*Inundación en el barrio Porvenir de Leticia, Amazonas*



*Nota.* Adaptada de *Los retos que le llegan al nuevo alcalde*, por Periódico Umarí – Amazonas, 2019, (<https://www.facebook.com/periodicoumari/posts/681418392381842>).

Los principales cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas residuales son el Caño San Antonio, Caño Simón Bolívar y la quebrada Yahuaraca, y finalmente todos estos cuerpos de agua desembocan en el río Amazonas.

**Figura 4**

*Caño San Antonio*

**Figura 5**

*Caño Simón Bolívar*



## **Planteamiento**

¿Qué impactos generaría a nivel ambiental y social la construcción y operación de la PTAR centralizada en el municipio de Leticia?

## **Delimitación**

El planteamiento de la propuesta se desarrolló mediante una investigación descriptiva, en la cual se hizo un análisis de la situación actual y el futuro impacto que tendrá la construcción y operación de la PTAR centralizada en el municipio de Leticia.

El proyecto de investigación tuvo una duración de 6 meses, el cual inicio en agosto de 2021 y finalizó en enero de 2022.

La presente investigación se desarrolló teniendo en cuenta la zona urbana del municipio de Leticia, capital del departamento del Amazonas, ubicado en el sur del país.

El municipio de Leticia tiene una superficie de 5,829 km<sup>2</sup>, está separado del municipio de Tabatinga (Brasil) por una línea fronteriza imaginaria, formando un conurbado con dicho municipio, en la que no hay ningún control migratorio.

La distancia entre Bogotá y Leticia es de aproximadamente 1,092 km, la forma más común de llegar a este municipio es por vía aérea, principalmente funciona la ruta Bogotá - Leticia y Leticia – Bogotá operada por las aerolíneas LATAM Airlines y Avianca S.A., aterrizando en el Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá y el Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo de Leticia. Se puede llegar a Leticia por vía fluvial, aunque no es tan común, mientras que el acceso por vía terrestre es imposible, puesto que no hay vías que conecten a Leticia con otros municipios del país, sólo existe la vía Leticia-Tarapacá, pero ésta ruta está incompleta y posee menos de 30 kilómetros aproximadamente.

Debido a que la investigación se planteó para ser analizada netamente desde el aspecto del tratamiento de aguas residuales, no se abordó en los temas económicos del proyecto. La evaluación ambiental solo se realizó teniendo en cuenta el escenario con proyecto, no se analizó el escenario sin proyecto porque se la investigación fue diseñada para identificar los posibles impactos en un escenario donde se construye y opera la PTAR centralizada. La zonificación ambiental no se realizó debido a que se necesita información precisa y amplia que no hay sobre ese aspecto.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Identificar y evaluar los impactos ambientales y sociales generados por cuenta de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales centralizada del municipio de Leticia.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis de la línea base ambiental del proyecto.
- Analizar los impactos ambientales y sociales generados por la ejecución de la PTAR centralizada del municipio de Leticia.
- Determinar las medidas de mitigación para la PTAR centralizada del municipio de Leticia.

## **Antecedentes**

Desde hace unas décadas los estudios de impacto ambiental han empezado a ser muy importantes y son exigidos para la realización de cualquier proyecto de construcción, sin embargo, son realmente desconocidos la existencia de estudios de impacto ambiental para algún proyecto ejecutado en el municipio de Leticia.

A nivel local algunas investigaciones relacionadas con el impacto ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales son las siguientes:

- Arbelaez Katherine, Parra Maryan (2017) realizaron un estudio denominado “Análisis de impacto ambiental y social de la planta de tratamiento de aguas residuales Barra da Tijuca en Brasil como lecciones aprendidas para la ciudad de Bogotá D.C.”.

Su objetivo era realizar un análisis de los impactos ambientales y sociales generados por el sistema y el funcionamiento de la planta de tratamiento Barra da Tijuca en Brasil, con el fin de identificar y generar recomendaciones para el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Bogotá D.C.

En su investigación concluyen que la PTAR Barra da Tijuca tiene un buen manejo de olores y genera erosión al suelo por el proceso de disposición final de residuos producto del tratamiento de las aguas, además que en términos de remoción de SST y DBO, la PTAR El Salitre de Bogotá es más eficiente que la PTAR Barra da Tijuca de Brasil.

- Serna Carlos, Carreño Jhon (2018) desarrollaron la tesis “Evaluación ambiental de la planta de tratamiento de agua residual del frigorífico ubicada en el barrio la plazuela del municipio de Restrepo, Meta”.

Con esta investigación quisieron evaluar mediante una lista de chequeo los impactos ambientales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del frigorífico del municipio de Restrepo, Meta.

Los resultados de esta investigación arrojaron que la PTAR es una amenaza para la estabilidad ambiental del caño seco, la flora y fauna del sector y su alrededor,

además hay algunas enfermedades causadas por la operación de la PTAR y los desechos que genera el frigorífico que afecta a la comunidad.

- Muñoz Camilo (2019) investigó sobre “Evaluación del impacto ambiental y social por la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Hotel Deep Blue, Providencia”.

Buscó realizar la evaluación y análisis del impacto ambiental y social generado durante la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Hotel Deep Blue, como parte del cumplimiento normativo ambiental del país y la gestión ambiental integral.

Teniendo en cuenta el resultado de la evaluación y calificación de las actividades o etapas de la PTAR (relación ambiente / proyecto), obtuvo los impactos ambientales y sociales, a partir de ellos determinó aquellos que pudieran ser mitigados, corregidos o compensados mediante un programa de manejo ambiental.

Esos programas del plan de manejo ambiental fueron: emisión de gases y olores, minimización de ruido, capacitación, manejo de aguas residuales y modificación paisajística.

### **Justificación**

El agua es el recurso natural más importante que tiene el planeta tierra, es tan importante que no podríamos vivir sin este líquido, el agua es vida.

El ser humano gasta diariamente miles y miles de litros en distintos tipos de actividades, sin embargo, esa misma cantidad de agua no se reutiliza, “se estima que en la actualidad tan sólo

el 4% de toda el agua consumida en el mundo es reutilizada” (Cosín, 2017, p. 3), por lo que la mayor parte de esa cantidad de agua se pierde.

La importancia de las plantas de tratamiento de aguas residuales radica en que en estas se transforma o desinfecta las aguas contaminadas en un tipo agua que cumple ciertos valores físico químicos establecidos por entes ambientales, de forma que el agua tenga una calidad apta para ser devuelta al medio ambiente sin correr el riesgo de contaminar las fuentes hídricas.

La situación problemática que se analiza en este trabajo es la identificación y análisis de los impactos ambientales de la construcción y operación de la PTAR centralizada del municipio de Leticia.

Este municipio requiere de manera urgente una PTAR principalmente con el objetivo de evitar que se sigan contaminando los cuerpos de agua del municipio, que finalmente desembocan en el río Amazonas, afectando el ecosistema del río como la preservación de los recursos naturales, el sector turístico, sector productivo y la salud pública, principalmente de la población que habita sobre los cuerpos de aguas contaminados por las aguas residuales y las comunidades indígenas asentadas sobre el río Amazonas que usan este río como fuente de abastecimiento para sus necesidades diarias.

Sin embargo, también es necesario evitar lo máximo posible que se presenten impactos negativos por cuenta de la construcción y operación de la PTAR del municipio, por esa razón es importante llevar a cabo esta investigación.

Como resultado de este trabajo se busca la identificación de impactos ambientales y sociales generados por las actividades correspondientes a la construcción y operación de la PTAR; de esta manera se pueden minimizar los impactos negativos. Uno de los beneficios de

esta investigación es proteger la calidad de vida de los habitantes de esta región, las poblaciones vecinas y visitantes, además tiene un beneficio directo en la conservación del ecosistema del Amazonas.

En estos tiempos en donde se ha determinado que el cambio climático es una o sino la principal amenaza para la vida de los seres humanos, como lo afirma Amnistía Internacional (2021) “además de amenazar nuestra propia existencia, el cambio climático está repercutiendo de forma dañina en nuestro derecho a la vida, la salud, la alimentación, el agua, la vivienda y los medios de vida” (p. 23), cualquier proyecto que pueda ayudar a mitigar el calentamiento global es de gran ayuda para la humanidad. Así entonces, este problema de investigación es significativo porque un proyecto de esta magnitud, cómo lo es la construcción y operación de una PTAR, genera impactos que pueden ser negativos y deben ser prevenidos, mitigados, corregidos, compensados y/o controlados, en este caso con el propósito de proteger una zona ambientalmente importante e influyente cómo lo es el Amazonas.

### **Metodología**

Para el desarrollo de la presente investigación se recurrió a la aplicación del método de la teoría fundamentada. La teoría fundamentada es un método de investigación que consiste en la recolección y el análisis simultáneo de datos. Aunque muchos autores afirman que es un método de investigación cualitativa, en realidad es un método flexible porque se pueden combinar métodos cuantitativos y cualitativos. El objetivo de la teoría fundamentada es desarrollar nueva teoría, conceptos o hipótesis a partir de métodos, cómo el método inductivo, que están enfocados en la observación, recolección, sintetización de datos.

“Este método no persigue producir teorías formales, sino más bien teorizar sobre problemas muy concretos que podrán adquirir categoría superior en la medida en que se le agreguen nuevos estudios de otras áreas sustanciales” (UJAEN, p. 7).

La teoría fundamentada se desarrolla siguiendo unos elementos fundamentales, los cuales son: la descripción, el ordenamiento conceptual, la codificación (abierta, selectiva y axial), el método comparativo constante y la teorización.

Siguiendo el procedimiento de la teoría fundamentada para el desarrollo del presente proyecto, el primer aspecto es la descripción. Para realizar la descripción se tuvo que identificar las fuentes de información que podrían brindar información relacionada con la investigación, es el caso de la entidad municipal, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (Corpoamazonia), DANE, Cámara de Comercio del Amazonas, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, entre otros.

La siguiente etapa fue el ordenamiento conceptual u ordenamiento de datos. Se procedió a la recolección y el manejo de información sobre el municipio de Leticia y la zona de ubicación de la PTAR, consultando directamente en las fuentes de información identificadas con anterioridad. Esta información está relacionada con aspectos como la geología, geomorfología, climatología, ecosistemas terrestres y acuáticos, perfil demográfico, educación, vivienda, salud, entre otros. Teniendo en cuenta la información recaudada se realizó la construcción de línea base ambiental, precisando en los datos y la información enfocada en el área de influencia del proyecto. De la misma manera se realizó la descripción y caracterización del proyecto de la PTAR centralizada del municipio de Leticia.

## **Evaluación de Impacto Ambiental**

Finalizada las etapas posteriores se procedió con la siguiente fase, denominada teorización. En esta etapa se realizó la Evaluación de Impactos Ambientales, La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se puede desarrollar por diversas metodologías que se fundamentan principalmente en métodos cuantitativos. Algunas metodologías empleadas constan de matrices, diagramas de redes, listas de control y diagramas de vínculos.

Las metodologías de EIA más destacadas son: Metodología de Leopold, Método Arboleda, Metodología Cualitativa Modificada, Metodología Cualitativa Genérica, Matriz Conesa, Matriz Conesa Simplificada, entre otros.

Algunos de estos métodos pueden ser más complejos que otros, con distintas ventajas y desventajas, dependiendo del tipo de proyecto que se vaya a realizar puede resultar más factible la aplicación de un método o de otro.

Esta etapa se realizó en dos fases, divididas así:

- Identificación de las actividades que se desarrollarán durante la construcción y operación de la PTAR, así como en la etapa de abandono y cierre. Posteriormente se determinó los posibles impactos ambientales y sociales que se pueden presentar en cada actividad identificada. No hay ningún criterio o manual para definir los posibles impactos ambientales que tuvo alguna actividad, por lo que esta parte se realizó según el criterio de los investigadores en colaboración con el tutor de la presente investigación.

La Tabla 1 muestra la información que lleva la matriz de identificación de actividades e impactos ambientales y sociales.

**Tabla 1***Elementos de la Matriz de Identificación de Actividades e Impactos*

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	ABANDONO
			Actividades ejecutadas en la construcción de la PTAR	Actividades ejecutadas en la operación de la PTAR	Actividades ejecutadas en la etapa de abandono
Abiótico, biótico, socio-económico	Calidad del aire, agua, fauna y flora, suelo, etc.	Factores analizados para determinar los impactos que se pueden presentar	Impactos ambientales y sociales		

- Evaluación de los impactos ambientales y sociales identificados anteriormente.

Para la realización de la EIA se debió elegir algún método de evaluación, en este caso se optó por el método Arboleda, el cual se explica más adelante.

### Plan de Manejo Ambiental

Luego de realizar la EIA se debe realizar el Plan de Manejo Ambiental (PMA). El PMA:

Constituye una descripción detallada del conjunto de acciones, medidas y actividades que, producto de la evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018, pág. 198)

El PMA se compone de planes o programas de manejo ambiental, como por ejemplo: Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, Plan de Contingencia, Plan de Compensación, Plan de Monitoreo y Seguimiento, Plan de Rehabilitación de Áreas Afectadas, Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, Plan de desmantelamiento y abandono, entre otros. Dependiendo de la

naturaleza del proyecto se puede aplicar cualquier plan o programa de los nombrados anteriormente.

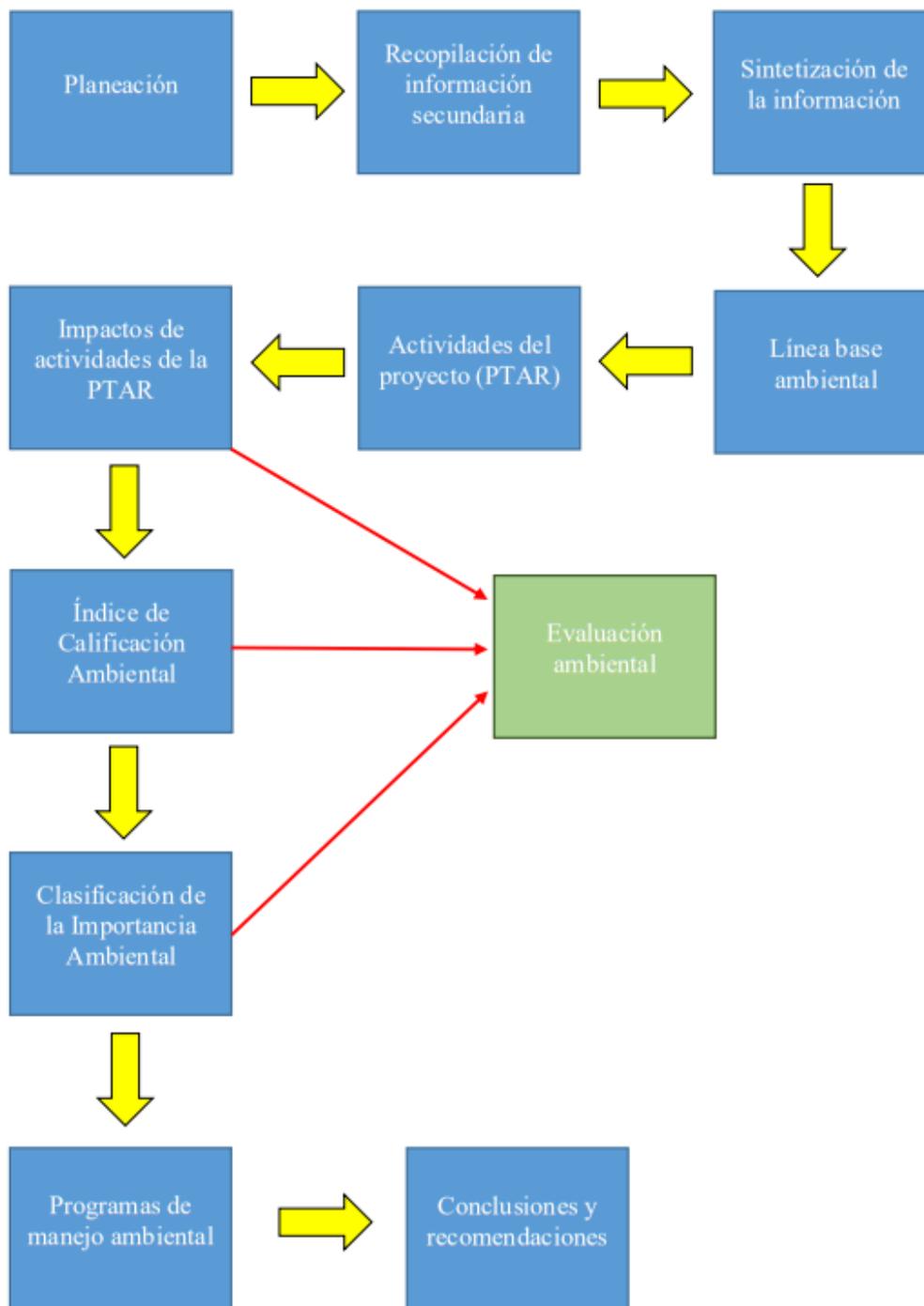
Para el desarrollo de la presente investigación se optó por la aplicación de un Plan de Prevención y Mitificación de Impactos. Este plan se dividió en 5 programas:

- Programa de calidad del agua
- Programa de calidad del aire
- Programa de calidad de la fauna y flora
- Programa de calidad del suelo
- Programa de calidad del medio socioeconómico

En base a Gutiérrez & Valencia (2006), el contenido de cada programa de manejo ambiental es el siguiente:

- Objetivo: Indica la finalidad del programa
- Etapa: Enuncia en cuales etapas o fases del proyecto interviene el programa.
- Impactos a manejar: Hace referencia a los impactos ambientales y/o sociales que se pretenden prevenir, mitigar, corregir o compensar.
- Tipo de medida: Se determina si es una medida de prevención, mitigación, corrección, control y/o compensación.
- Actividad o acciones a desarrollar: Descripción clara y detallada de las acciones a realizar para cumplir el objetivo propuesto y para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos identificados.

Finalmente, se determinó las conclusiones y recomendaciones. El siguiente diagrama resume la metodología de la presente investigación.

**Figura 6***Metodología de la Investigación*

## Marco Referencial

### Marco Teórico

#### *Método Arboleda*

El Método Arboleda, es un método directo de evaluación de impactos ambientales, es el elegido para la aplicación de la EIA del presente proyecto. Según Arboleda (2008) este método fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) en 1986, por esa razón este método es también llamado Método EPM, el objetivo inicial era evaluar los proyectos hidráulicos de la empresa, sin embargo luego de ver los óptimos resultados de la metodología se decidió a aplicar el método para la evaluación de todos los tipos de proyectos de EPM. Esta metodología ha sido aprobada por las autoridades ambientales colombianas y por otras entidades internacionales importantes, entre ellas el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo.

En este método se obtiene el índice de Calificación Ambiental (Ca), mediante la siguiente ecuación expuesta en Arboleda (2008):

$$Ca = C \cdot (P \cdot [a \cdot E \cdot M + b \cdot D])$$

a y b son constantes de ponderación, que tienen un valor de 7.0 y 3.0 respectivamente, por tanto la ecuación anterior se puede expresar así:

$$Ca = C(P[7EM + 3D])$$

El índice “Ca” varía entre 0 y 10 y está en función de cinco parámetros, los cuales Arboleda (2008) describe de la siguiente forma:

- Clase (C): Sentido del cambio ambiental producido por una determinada actividad del proyecto. Es positivo (P) o negativo (N) dependiendo de si la condición ambiental analizada mejora o desmejora respectivamente.
- Presencia (P): Probabilidad de que algún impacto pueda darse.
- Evolución (E): Velocidad con la que se presenta el impacto.
- Magnitud (M): Tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental por causa de una acción del proyecto.
- Duración (D): Período de existencia activa del impacto. Se expresa en función del tiempo de permanencia o tiempo de vida del impacto.

Para los parámetros de “presencia”, “duración”, “evolución” y “magnitud” existen cinco diferentes clasificaciones, cómo se muestra en la Tabla 2, a las cuales se les asigna algún puntaje numérico, es decir que los parámetros de “presencia”, “duración”, “evolución” y “magnitud” quedan con valor numérico, que puede estar entre 0 y 1, mientras que al parámetro “clase” se le establece el signo negativo (N) o positivo (P).

Las calificaciones asignadas se determinaron según el criterio de los presentes investigadores, teniendo en cuenta el parámetro y el impacto ambiental y social analizado.

**Tabla 2***Clasificación de los parámetros del Método Arboleda*

Presencia (P)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (M)	Puntaje
Cierta o presente (Probabilidad 100%)	Muy larga o permanente (> 10 años)	Muy rápida (< 1 mes)	Muy alta (Afectación total > 80%)	1.0
Muy probable (Probabilidad 70 - 100%)	Larga (7 - 10 años)	Rápida (1 - 12 meses)	Alta (Afectación parcial 60 - 80%)	0.7 - 0.99
Probable (Probabilidad 40 - 70%)	Media (4 - 7 años)	Media (12 - 18 meses)	Media (Afectación media 40 - 60%)	0.40 - 0.69
Poco probable (Probabilidad 20 - 40%)	Corta (1 - 4 años)	Lenta (18 - 24 meses)	Baja (Afectación baja 20 - 40%)	0.20 - 0.39
Muy poco probable (Probabilidad < 20%)	Muy corta (< 1 año)	Muy lenta (> 24 meses)	Muy baja (Afectación mínima < 20%)	0.0 - 0.19

*Nota.* Adaptada de *Calificación de los criterios utilizados en la metodología EPM* (pág. 86), de Arboleda, 2008.

De acuerdo con el resultado del índice de Calificación Ambiental (Ca), se procede a dar una nueva clasificación, denominada “Importancia del Impacto Ambiental”, cómo se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3***Importancia del Impacto Ambiental*

Calificación Ambiental	Importancia del Impacto Ambiental
8 - 10	Muy alta
6 - 8	Alta
4 - 6	Media
2 - 4	Baja
0 - 2	Muy baja

*Nota.* Adaptada de *Categorías de Importancia Ambiental* (pág. 26), de Guzmán Elizabeth, 2016.

Es decir que después de realizar la lista de impactos generados por las actividades del proyecto (PTAR), se realizó la EIA, el impacto de cada actividad se evaluó por el método Arboleda, se obtuvo la calificación ambiental (Ca) y después se asignó la importancia ambiental correspondiente, de acuerdo con la Tabla 3.

### ***Pretratamiento***

La etapa de pretratamiento consiste en acondicionar el agua residual, es decir, eliminar los objetos de gran tamaño que pueden ser removidos fácilmente, estos objetos se deben eliminar para evitar que estos materiales puedan obstruir la línea de tratamiento y el funcionamiento de la planta de tratamiento y dañar algún equipo, tanque o tubería. Normalmente en esta etapa también se eliminan las arenas, grasas y aceites.

Los tipos de pretratamiento más comunes son: desengrasador, desarenador y rejillas o tamices.

### ***Tratamiento Primario***

Las aguas residuales están conformadas por sólidos sedimentables y sólidos no sedimentables, el tratamiento primario busca remover los sólidos sedimentables por medio de procesos físico químicos, estos sólidos pueden sedimentar por acción de la gravedad debido al peso propio de los sólidos.

Los principales métodos usados en el tratamiento primario son: sedimentación, filtración, coagulación - floculación y flotación.

### ***Tratamiento Secundario***

El tratamiento secundario tiene por objetivo la remoción de la materia orgánica, esta materia orgánica es el conjunto de sólidos que no son capaces de sedimentar debido a su propio peso en el proceso anterior (tratamiento primario).

A este tipo de tratamiento también se le suele llamar tratamiento biológico debido a que se utilizan microorganismos y consta de procesos de tratamiento biológicos que pueden ser sistemas aerobios o sistemas anaerobios.

Los tipos de tratamiento secundario son: sedimentación secundaria, lodos activados, lagunas aireadas o de aireación, filtros percoladores, lagunas de estabilización, lechos bacterianos, biodiscos RBC, humedales construidos, oxidación total, entre otros.

### ***Tratamiento Terciario***

Cuando se requiere un tratamiento más avanzado, o la calidad del efluente debe ser superior a la del tratamiento secundario, es necesario el tratamiento terciario, también conocido como tratamiento avanzado. El uso de este tipo de tratamiento no es tan común en el tratamiento de aguas residuales.

En el tratamiento terciario se eliminan contaminantes orgánicos disueltos y se remueven los nutrientes biológicos, como el exceso de nitrógeno y fósforo resultado de los procesos anaerobios realizados en la etapa anterior.

Algunos tipos de tratamiento terciario son: remoción de nutrientes, intercambio iónico, filtros de carbón activo, ozonización, radiación ultravioleta, osmosis inversa, entre otros.

### ***Tratamiento de Lodos***

El tratamiento de aguas residuales no sólo se enfoca en los distintos procesos que buscan eliminar los contaminantes presentes en el agua residual para que pueda ser devueltas a algún cuerpo de agua de forma que no contamine estos afluentes, sino que también se debe realizar un proceso de tratamiento a los lodos generados en el tratamiento primario y tratamiento secundario de las aguas residuales.

Estos lodos no pueden ser dispuestos en el ambiente, por ejemplo a un relleno sanitario, sin ningún tipo de tratamiento debido al nivel de contaminación que poseen.

Los lodos resultantes del tratamiento primario se conocen como lodos primarios y los provenientes de procesos biológicos o tratamiento secundarios son llamados como lodos secundarios.

Los lodos primarios consisten en partículas sólidas básicamente de naturaleza orgánica, mientras que los lodos secundarios son fundamentalmente biomasa en exceso producida en los procesos biológicos.

#### **Digestión Anaerobia.**

La digestión anaerobia implica la descomposición de materia orgánica y la reducción de materia inorgánica (principalmente sulfato) en ausencia de oxígeno molecular. Las principales aplicaciones de la digestión anaerobia se encuentran en la estabilización de lodos concentrados producidos por el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. La digestión anaerobia es el proceso dominante para la estabilización de lodos. (Metcalf & Eddy, 2014, pág. 1502)

### **Digestión Anaerobia.**

La digestión aerobia es un en el cual se produce una aireación, por un período significativo de tiempo, de una mezcla de lodo digerible del tratamiento primario y lodo del tratamiento biológico aerobio, con el resultado de una destrucción de células y una disminución de sólidos en suspensión volátiles. El objetivo principal de esta digestión es reducir el total de lodos que se debe evacuar posteriormente. Esta reducción es el resultado de la conversión, por oxidación, de una parte sustancial del lodo en productos volátiles. (Ramalho R.S., 1983, pág. 533)

Otro aspecto importante de la digestión aerobia es que “se puede utilizar para tratar lodos residuales activados únicamente, mezclas de lodos residuales activados o lodos de filtro percolador y lodos primarios, o lodos residuales de plantas de aireación prolongada” (Metcalf & Eddy. 2014, pág. 1541).

### ***Servicio de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Leticia***

La empresa EMPUAMAZONAS SOCIEDAD ANÓNIMA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS, de siglas EMPUAMAZONAS SA ESP, es la empresa prestadora de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de Leticia. Fue constituida el 15 de julio de 2008 e inició operaciones el 10 de diciembre de 2009.

El 15 de mayo de 2015 la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios - SSPD) prohibió la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a EMPUAMAZONAS por cinco años, debido a una serie de incumplimiento de varios aspectos normativos por parte de la empresa prestadora de servicios, entre ellos:

- No realizar ensayos de jarras diariamente y no realizar la dosificación óptima de coagulantes, auxiliares de coagulación, alcalinizantes y desinfectantes.
- Falla en la prestación del servicio de acueducto por falta de continuidad en el municipio de Leticia.
- No presentar los reportes de información requeridos al Sistema Único de Información (SUI).
- No contar con permiso de concesión de aguas en la fuente de captación Quebrada Yahuaraca.
- Fallas en la macromedición exigida según los criterios establecidos en el artículo 86 de la Resolución No. 1096 de 2000.

Por esos incumplimientos de los aspectos normativos, EMPUAMAZONAS prestó servicios hasta agosto de 2015.

A partir del 29 de agosto de 2015, el municipio de Leticia estructuró la Unidad Prestadora de Servicios Públicos, quedando a cargo de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.

De acuerdo a una visita realizada por la SSPD en el 2017 y 2014, se encontró la siguiente situación:

- Cobertura del servicio de acueducto: 48%
- Cobertura del servicio de alcantarillado: 41%
- Cobertura del servicio de aseo: 100%
- Continuidad: 24 horas al día.
- Micromedición: 18%

- Pérdidas de agua (IANC): 50%
- Calidad de agua (IRCA): Riesgo medio
- Frecuencia de barrido: 2 - 3 veces por semana
- Frecuencia de recolección: 3 veces por semana
- Disposición final: Relleno sanitario
- Pozos de inspección: 360
- Tratamiento de aguas residuales: No se realiza
- PTAP: Fallas operativas y estructurales
- Operación captación: Daños en las motobombas y falla en fluido eléctrico
- Plan de contingencia: No cuenta
- PSMV: No cuenta

Las actividades realizadas para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo son las siguientes:

- Acueducto: Captación, conducción, tratamiento, distribución y comercialización.
- Alcantarillado: Comercialización, recolección, conducción de residuos líquidos, disposición final.
- Aseo: Barrido y limpieza de vías y áreas públicas y disposición final.

### ***Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Descentralizadas en Leticia***

En el municipio de Leticia existen dos plantas de tratamiento de aguas residuales descentralizadas, las cuales son la PTAR “Nia Neemechi” y la PTAR “Manguare”.

Debido a que la alcaldía de Leticia es la encargada de administrar el alcantarillado sanitario y el sistema de tratamiento de aguas residuales del proyecto “Nia Neemechi” y la

urbanización “Manguare”, estas dos PTARs descentralizadas presentan los mismos problemas en su operación y funcionamiento, en ambas PTARs la alcaldía de Leticia no presenta el análisis de las propiedades físico químicas del efluente final, además, según Corpoamazonia (2019) el agua residual doméstica llega a los cuerpos receptores con una alta carga contaminante, ocasionando olores ofensivos y color en los puntos de vertimientos, influyendo en la generación de impactos ambientales negativos, dentro de los cuales a nivel ecosistémico se afecta en gran medida el componente hídrico al ocasionar un proceso de eutrofización.

Igualmente, la alcaldía de Leticia debe garantizar una eficiencia de remoción de carga mayor al 80% y hacerse responsable como lo explica Corpoamazonia (2017) respecto a los daños ocasionados al cuerpo de agua receptor debido a las cargas contaminantes derivadas del agua residual doméstica de las dos urbanizaciones.

La PTAR del proyecto de vivienda de interés social “NIA NEEMECHI” - Vivienda de Interés Social - VIS, localizado en el km 3+500 vía Leticia-Tarapacá posee las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud Sur (S): 04°10'44.6''
- Longitud Oeste (W): 69°56'43.7''

**Figura 7**

*Ubicación PTAR descentralizada “Nia Neemechi” Leticia, Amazonas*



*Nota.* Adaptada de Google Maps, 2021.

Esta planta de tratamiento de aguas residuales según Corpoamazonia (2014) es de tipo compacta, en concreto, con recirculación entre digestores con mezcla completa, filtro percolador de alta carga, tanque de sedimentación y de aireación prolongada, sedimentación acelerada, filtros rápidos y recirculación de lodos.

Los tratamientos propuestos para ésta PTAR son los siguientes:

- Tratamiento primario: pozo de cribado.
- Tratamiento biológico: fangos activados realizados en 5 tanques digestores.
- Tratamiento terciario: electrólisis y desinfección mediante hipoclorito de sodio líquido.

Aunque la planta de tratamiento de aguas residuales está construida en su totalidad, para el 2019, Corpoamazonia había informado que la PTAR no se encuentra en operación.

La otra PTAR descentralizada es la planta de tratamiento de aguas residuales del proyecto urbanización Manguare, la cual trata las aguas residuales generadas por 238 viviendas.

En el año 2012, Corpoamazonia otorgó un permiso de vertimiento de líquidos de origen doméstico a la quebrada Calderón, mediante sistema de tratamiento de aguas residuales, con tratamiento previo a la descarga, con un caudal de 2.5 litros/segundo, a favor de la Alcaldía de Leticia, para ejecutar la construcción y operación del alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales del proyecto urbanización “Manguare” - Viviendas de Interés Social, localizado en la ciudad de Leticia.

El punto de vertimiento de líquidos posee las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud Sur (S): 04°11'35.7”
- Latitud Oeste (W): 69°55'54.5”

Durante una visita realizada en el 2018 por funcionarios de Corpoamazonia, se evidenció que la PTAR estaba en operación aunque no fue posible determinar si el sistema de tratamiento de las aguas residuales cumplía con el porcentaje de remoción de carga estipulado (eficiencia de remoción de carga mayor al 80%), además hay presencia de eutrofización del sistema de humedal localizado a la entrada del sistema de tratamiento de agua residual doméstica.

Desde mayo del 2021 la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización Manguare cuenta con la infraestructura para el secado de lodos, cerramiento perimetral, alumbrado y bomba de extracción de lodos.

**Figura 8**

*PTAR descentralizada “Manguare” Leticia, Amazonas*



*Nota.* Adaptada de *USPDL recibe de la Gobernación de Amazonas las obras complementarias de la PTAR – Urbanización Manguaré del municipio de Leticia*, de Alcaldía de Leticia (Página Oficial), 2021, (<https://www.facebook.com/alcaldiadeleticia/posts/4025518744194959>).

***Norma Técnica Colombia (NTC) de Aguas Residuales***

La Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667 es un conjunto de normas de gestión ambiental y calidad de agua.

Este conjunto de normas contempla 19 subnormas o partes, la parte 10 corresponde a la norma “NTC-ISO 5667-10. Muestreo de aguas residuales”.

Esta norma presenta un programa y técnicas de muestreo para la recolección de muestras de aguas residuales, estas pueden ser aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales.

Con este programa de muestreo se puede determinar la concentración de contaminantes y la carga de contaminantes transportados por una corriente de aguas residuales, verificar los

límites de concentración y los límites de carga, además brinda datos para la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Existen dos tipos de muestras, las muestras puntuales y las muestras compuestas.

Las muestras puntuales pueden determinar la composición de las aguas residuales en un momento determinado. Se usan principalmente para evaluar la conformidad con normas no relacionadas con calidad promedio.

Las muestras compuestas se dividen en muestras medidas por peso o tiempo y muestras medidas por flujo. Las muestras medidas por tiempo funcionan cuando se requiere determinar la calidad promedio de algún agua residual o un efluente. Las muestras medidas por flujo son útiles para la determinación de cargas contaminantes, cómo la concentración de DBO o carga de nutrientes, entre otros.

Los tipos de aparatos usados para el muestreo son el equipo de muestreo manual y el equipo automático de muestreo. Para elegir el equipo adecuado de muestreo se debe tener en cuenta algunas características, cómo qué el toma muestras debe tener la capacidad de tomar muestras a distintos intervalos.

Se pueden realizar mediciones continuas directamente sobre el agua residual por medio de electrodos o equipos automáticos.

Las muestras se deben enfriar a una temperatura inferior a  $0^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$  para una correcta preservación. Estas muestras son estables hasta por 24 horas si se enfrían a esa temperatura.

Existen algunos riesgos durante el muestreo cuando se trabaja en alcantarillados, pozos sépticos, plantas de tratamiento de aguas residuales y estaciones de bombeo, algunos riesgos son:

- Ahogamiento.
- Impacto de objetos que caen.
- Enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en las aguas residuales.
- Envenenamiento por gases tóxicos y explosión ocasionada por mezcla de dichos gases.

## **Marco Conceptual**

### ***Impacto Ambiental***

Para Arboleda (2008) impacto ambiental es la alteración ocasionada sobre una condición ambiental debido a un proyecto u obra y que este cambio puede ser positivo o negativo dependiendo de que la mejore o la deteriore. Estos impactos pueden producirse en cualquier etapa del proyecto y tener diferentes niveles de importancia.

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción consecuencia de un proyecto o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales. (Conesa, 2010, pág. 73)

### ***Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)***

Es un procedimiento jurídico administrativo que tiene como objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de

los mismos, todo ello con el fin de ser aceptados, modificados a rechazados por parte de las distintas administraciones públicas competentes. (Conesa, 2010, pág 75)

Según Arboleda (2008) existen diferentes métodos para evaluar la importancia de los impactos ambientales, las cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Métodos indirectos:** Son métodos que no evalúan explícitamente un impacto ambiental, sino que indirectamente valoran las consecuencias ambientales del proyecto calificando las interacciones proyecto-ambiente.
- **Métodos directos:** Son métodos que evalúan directamente cada uno de los impactos ambientales identificados.

### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)***

La demanda bioquímica de oxígeno representa la cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica por acción de los microorganismos aerobios para asegurar la descomposición de la materia orgánica contenida en el agua que se analizará en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

### ***Demanda Química de Oxígeno (DQO)***

La demanda química de oxígeno mide la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

### ***Agua Residual Domestica (ARD)***

Las aguas residuales domésticas (ARD) según el RAS. Título D. (2016) son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan

actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a descargas de los retretes y servicios sanitarios o descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (no se incluyen las de los servicios de lavandería industrial).

### ***Agua Residual no Doméstica (ARnD)***

Las aguas residuales no domésticas (ARnD) “son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas – ARD” (RAS. Título D., 2016, pág. 268).

### ***Sólidos Suspendidos Totales (SST)***

Según el Manual de Estadísticas Ambientales Andinas (2008) los sólidos suspendidos totales “hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. Se consideran como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio” (pág. 39), este se analiza mediante un aparato de filtración y normalmente se mide en miligramos de sólidos suspendidos totales por litro (mg SST/l).

### ***Sólidos Suspendidos (SS)***

“Los sólidos suspendidos son partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución, y que no se consideran sólidos disueltos” (Resolución 0330, 2015, pág. 178).

### ***Sólidos Totales (ST)***

“Los sólidos totales son sustancias contenidas en el agua que toman esta forma luego de la evaporación del agua a los 103 a 105 °C” (Resolución 0330, 2015, pág. 178).

## Marco Legal

- **Ley 99 de 1993:** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y se dictan otras disposiciones.
- **CONPES 3177 de 2002:** Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales.
- **Resolución 1433 de 2004:** Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- **Decreto 3930 de 2010:** Se reglamenta el uso de agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- **Decreto 1287 de 2014:** Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- **Resolución 1207 de 2014:** Por la cual se adoptan las disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- **Resolución 0631 de 2015:** Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- **Resolución 0330 de 2017:** Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS y se derogan las Resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- **RAS 2000. Título A.** Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico.
- **RAS. Título D.** Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. (Ministerio de Desarrollo Económico).
- **RAS 2000. Título E.** Tratamiento de aguas residuales. (Ministerio de Desarrollo Económico).

### **Descripción del Proyecto**

#### **Ubicación del Proyecto**

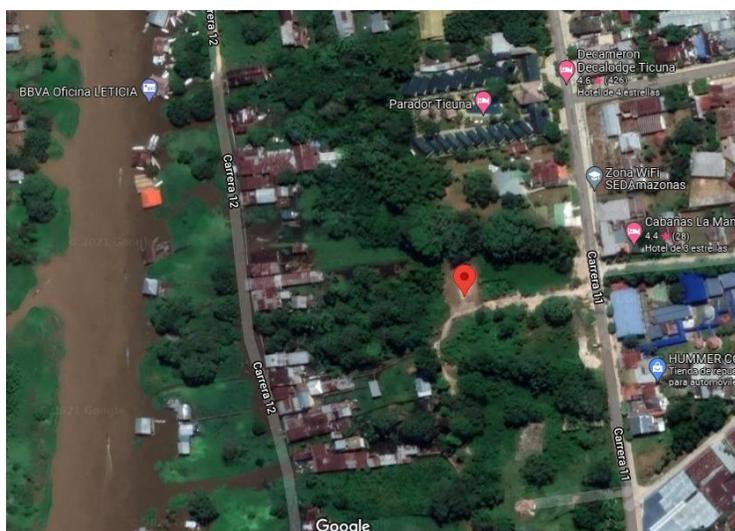
La PTAR centralizada estará ubicada en el sur oriente del municipio de Leticia, a unos pocos kilómetros del río Amazonas, en la Figura 9 se observa una fotografía del terreno destinado para este fin.

**Figura 9**

*Terreno elegido para la construcción de la PTAR centralizada*

**Figura 10**

*Ubicación de la PTAR centralizada*



*Nota.* Adaptada de Google Maps, 2021.

## Aguas Residuales Domésticas

Para el diseño de la planta de tratamiento se tuvo en cuenta la composición típica de las aguas residuales domésticas del municipio y se asumió los valores de carga (DBO, DQO), cómo se muestra en la Tabla 4.

## Características Técnicas del Proyecto

Según Alcaldía de Leticia (2015) la planta de tratamiento de aguas residuales centralizada está diseñada para tratar las aguas residuales domésticas generadas por una población de 43,845 habitantes en el casco urbano del municipio, que corresponde a la población urbana futura del año 2042, año correspondiente al periodo de retorno de 25 años, iniciando en el año 2017.

El caudal medio de aguas residuales proyectado para el año 2042 es de 56.3 l/s mientras que el caudal total con el cual se diseñó la planta es de 81.8 l/s.

**Tabla 4**

*Parámetros físico químicos de las ARD asumidos para el diseño de la PTAR*

PARÁMETRO	VALOR
Temperatura (°C)	29
pH	7.5
DBO (mg/l)	219
DQO (mg/l)	460
Fósforo total (mg P/l)	7.5
Nitrógeno total (mg N/l)	37
SST (mg/l)	274
Carga DBO (kg/d)	1552
Carga DQO (kg/d)	3259
Carga SS (kg/d)	1941
Caudal promedio (l/s)	82

*Nota.* Reproducida de *Composición típica de las aguas residuales domésticas y carga asumida para diseño de la PTAR de Leticia*, de Alcaldía de Leticia, 2015.

### ***Configuración de la Planta de Tratamiento***

**Pretratamiento.** El pretratamiento se llevará a cabo por medio de dos procesos. El primero consistirá de una rejilla o cribado. La rejilla estará dispuesta inclinadamente formando un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal. La dimensión total de la rejilla será de 1.1 m de ancho por 0.7 m de longitud inclinada. El mecanismo de limpieza de la rejilla será de forma manual.

La dimensión de las platinas corresponde a una sección rectangular de 1" x 5/16" de espesor.

Serán treinta (30) platinas paralelas por rejilla y tendrá un espaciamiento de 25 mm libres entre platinas paralelas.

Después del proceso de limpieza realizado por la rejilla se realizará el proceso de retención de arenas y otros minerales pesados que normalmente están presentes en las aguas residuales.

Este proceso será realizado por un desarenador, dividido en dos (2) unidades en paralelo. Cada unidad funcionará con un caudal máximo de 145.6 litros por segundos y un caudal mínimo de 20.5 litros por segundo. La longitud del desarenador, el ancho del desarenador y la profundidad total de la unidad será de 6.5 metros, 1.0 metro y 1.0 metro respectivamente. Mientras que la altura máxima de la lámina de agua es de 48.5 cm y la altura mínima de la lámina de agua es de 6.8 cm.

**Tratamiento Primario.** El tratamiento primario consistirá en un reactor anaerobio RAMLFA compuesto de dos (2) compartimientos en paralelo, diseñado para un caudal de 82 l/s, el tiempo de retención hidráulica total es de 15.2 horas.

Las eficiencias esperadas de remoción son las siguientes:

- DBO: 70 %
- DQO: 70 %
- SS: 80 %

El efluente tendrá un estimado de DBO, DQO y SS de 66 mg/l, 138 mg/l y 55 mg/l respectivamente.

La altura total del reactor, la altura de lámina de agua y la altura del manto de lodos será de 5.5 m, 5.0 m y 3.0 m respectivamente, mientras que el ancho del reactor será de 30 m y el área requerida de 1600 m<sup>2</sup>.

**Tratamiento Secundario.** El tratamiento secundario se desarrollará por medio de un sistema de filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), el cual estará dividido en cuatro (4) reactores, la carga hidráulica superficial del sistema será de 27.8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día con una velocidad ascensional de 1.9 cm/min y un tiempo de retención hidráulica de 1.6 horas.

Las eficiencias esperadas de remoción son las siguientes:

- DBO: < 24 %
- DQO: < 24 %
- SS: < 70 %

El efluente tendrá un DBO, DQO y SS estimado de 50 mg/l, 105 mg/l y 25 mg/l.

El diámetro del reactor será de 9 m, la altura total del reactor y la altura del lecho de soporte será de 3 m y 2 m respectivamente.

“Con el sistema RAMLFA-FAFA se pretende lograr una eficiencia conjugada de remoción de DBO, DQO y SS mayor al 80%” (Alcaldía de Leticia, 2015, pág 72).

**Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos.** Cómo se mencionó en el marco teórico, en el tratamiento primario y secundario se generan lodos que deben ser tratados correctamente antes de disposición final.

En este caso, el volumen de lodos se genera principalmente producto del tratamiento anaerobio y especialmente en el RAMLFA.

Con este tratamiento se prevé que en el año 2042 se haya generado un volumen de 27,943 m<sup>3</sup> de lodos acumulados desde el primer año de operación (2017) de la PTAR. El primer año de operación se habrá generado 892 m<sup>3</sup> de lodos mientras que en el año 2042 la cantidad de lodo generada será de 1,315 m<sup>3</sup>.

De acuerdo a Alcaldía de Leticia (2015) debido a que los sistemas de deshidratación física en condiciones ambientales naturales como son los lechos de secado, no son viables por razones de área e impacto ambiental, la opción más factible es la deshidratación mecánica de los lodos estabilizados y acondicionados utilizando un filtro prensa, este proceso es conocido como un digestor anaerobio para el manejo de lodos.

**Quemador Atmosférico.** Según Alcaldía de Leticia (2015) se dispondrá de una unidad de quemador atmosférico para los dos compartimientos del reactor anaerobio RAMLFA, el cual será construido en acero inoxidable y tendrá una capacidad de 90 m<sup>3</sup>/h.

Este quemador atmosférico se usa para manejar la generación de gases producidos por el reactor RAMLFA.

**Estructura de Control de Velocidad.** Para el control de velocidad y aforo de aguas residuales se ubicará un vertedero tipo sutro aguas abajo del desarenador.

Tendrá un diseño en el cual para una altura de lámina de agua de 5 metros pase un caudal de 15.8 litros por segundo y para una altura de lámina de agua de 50 metros pase un caudal de 229.4 litros por segundo.

**Estación de Bombeo.** De acuerdo a Alcaldía de Leticia (2015) después de la estructura de control de velocidad, se dispondrán de unas bombas para elevar el agua residual desde el nivel de llegada del interceptor hasta la planta de tratamiento, con el fin de que sea posible operar por gravedad las diferentes etapas del sistema sin que se requiera de sistemas de bombeo adicionales.

Los niveles de control del pozo de succión y bombeo son los siguientes: el agua residual llega desde el canal de salida del vertedero sutro en un nivel de 86.1 metros, la cota del terreno es de 90.8 metros y la cota de llegada de la cámara de distribución de la planta es de 97.8 metros.

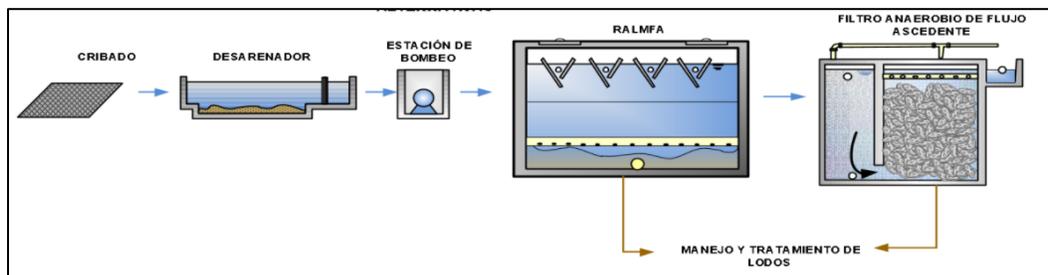
El nivel en el cual las bombas se encienden o apagan es de 85.7 metros y la altura estática para bombeo corresponde a 14.5 metros.

### ***Tren de Tratamiento de Aguas Residuales***

Según Alcaldía de Leticia (2015) la alternativa de solución para el tratamiento de aguas residuales domésticas es la construcción de una PTAR centralizada en la que el tren de tratamiento consiste “en un reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente (RAMLFA) de dos compartimientos en paralelo y un sistema de filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) en paralelo. Para el manejo de lodos se utilizara un digestor anaerobio” (pág. 47).

**Figura 11**

*Tren de tratamiento elegido para la PTAR centralizada*



*Nota.* Reproducido de *Alternativa V: Reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente (RAMLFA)-filtro anaerobio* (pág. 46), de Alcaldía de Leticia, 2015.

## Línea Base Ambiental

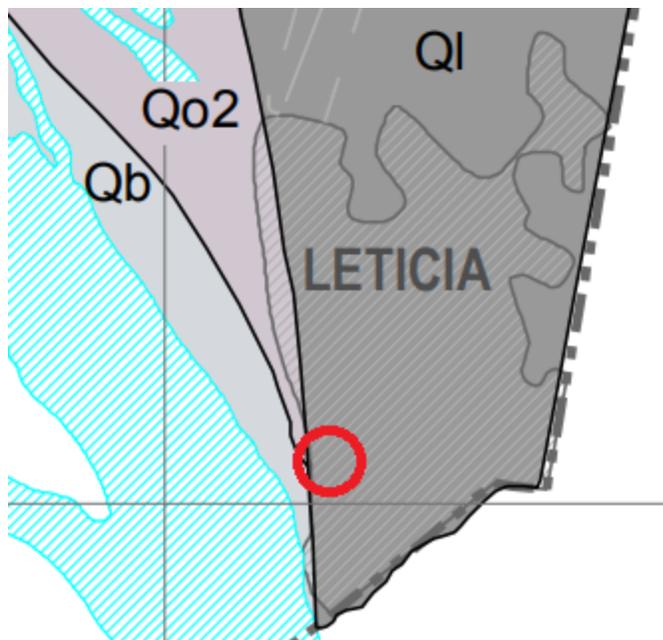
### Medio Abiótico

#### *Geología*

Se determinó que la zona donde estará ubicada la PTAR se encuentra entre los límites de las siguientes unidades geológicas pertenecientes al cuaternario:

## Figura 12

### *Unidades Geológicas en Leticia*



*Nota.* Adaptada de *Geología de la Plancha 568 bis Leticia*, de Servicio Geológico Colombiano, 2011.

En rojo el área de ubicación de la PTAR centralizada.

- **Terraza de Leticia (QL)**

“Se ubica por encima del nivel del río Amazonas y presenta un escarpe que la limita por su extremo sur, de los depósitos aluviales de oríllales y barras de arena” (Pantevis & Torres, 2020, pág. 28).

La Terraza de Leticia corresponde a la época del pleistoceno. En esta unidad se encuentra asentada gran parte del casco urbano y rural del municipio de Leticia.

Está compuesta por “capas gruesas y muy gruesas de lodolitas, lodolitas arenosas y arenitas lodosas de colores cafés a naranjas; altamente disturbadas” (Servicio Geológico Colombiano, 2011, p. 3).

- **Depósitos de Orillales Recientes (Qo2)**

Correspondiente a la época del holoceno.

En el intervalo inferior afloran arenas lodosas de composición sublíticas, y lodos arenosos de color gris oscuro, es común laminación plano-paralela continua. El intermedio son capas delgadas a gruesas de arenas líticas con estructuras internas como laminación inclinada y plano-paralela, las rocas son de color gris oscuro a gris amarillo. El intervalo superior son lodos arenosos y arenas lodosas gris oscuras a gris amarilloso. (Servicio Geológico Colombiano, 2011, p. 2)

### ***Geomorfología***

Al igual que en la geología, en este caso se determinó que la zona donde estará ubicada la PTAR se encuentra entre los límites de las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Penillanura o peneplanicie (Dpn)**

“Esta unidad presenta morfología suave y limitada con el río Amazonas y su llanura de inundación, por un escarpe que oscila entre 40 y 60 metros de altura. Conforman una de relieve plano” (Pantevis & Torres, 2020, pág. 36).

- **Llanura de inundación (Fpi)**

Superficies planares cubiertas por vegetación y ubicadas adyacentes al río Amazonas, en su margen izquierda, sujetas a su dinámica fluvial y afectadas continuamente por cambios del cauce e inundaciones. Presentan cauces abandonados y pequeños drenajes intermitentes, que eventualmente pueden ser

retomados por el río. Por ubicarse topográficamente por encima del nivel promedio del río Amazonas, se inunda con frecuencia en épocas de invierno.

(Pantevis & Torres, 2020, pág. 37)

### ***Suelos y Uso de la Tierra***

Según Giraldo & Castro (2020) el uso del suelo en el municipio de Leticia se divide en ocho componentes, los cuales se describen a continuación, con su respectiva área de ocupación y porcentaje total del área ocupada.

- Producción y protección: 2946.51 ha (71%)
- Silvopastoril: 275.8 ha (6.7%)
- Otros uso (urbano): 249.6 ha (6%)
- Pastoreo extensivo: 206.9 ha (5%)
- Silvoagrícola: 167.9 ha (4%)
- Protección: 153.9 ha (3.7%)
- Recursos hídrico: 99 ha (2.43%)
- Agrosilvopastoril: 6.24 ha (0.15%)

En el caso del lote donde estará ubicado la PTAR, este corresponde a una zona urbana.

### ***Hidrología***

El sitio de estudio, así como gran parte del municipio de Leticia, se encuentra localizado dentro de la llanura de inundación de la cuenca hidrográfica del río Amazonas. La distancia entre la zona donde será construida la PTAR y el borde del río Amazonas es de aproximadamente 230 metros.

“Algunos de los sistemas hídricos más representativos de la zona son: quebrada Yahuaraca y sus 22 lagos, río Tacana, río Calderón, quebrada Urumutú, quebrada Simón Bolívar y quebrada Porvenir” (Alcaldía de Leticia, 2020, pág. 55).

Debido a eso, en territorio colombiano el río Amazonas está estrechamente ligado con los lagos y la quebrada Yahuaraca.

Según Corpoamazonia (2006) los lagos de Yahuaraca se encuentran ubicados dentro del plano de inundación del río Amazonas, se ha formado por el estancamiento de las aguas de uno de los afluentes (la quebrada de Yahuaraca) y por el abandono del cauce del río principal. Están separados del río Amazonas por un canal de unos 3000 m de largo, el lago depende del comportamiento hidrológico del río y del caudal de la quebrada Yahuaraca. Las aguas de la quebrada Yahuaraca nacen y desembocan en territorio Colombiano y posee un área aproximada de 4.400 hectáreas.

Esta quebrada es la fuente abastecedora del servicio de acueducto del municipio de Leticia, se realiza la captación de por medio de una barcaza, posteriormente el agua captada es dirigida a una PTAP en donde se realizan los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

De acuerdo a Alcaldía de Leticia (2020) el río Amazonas en el área del municipio de Leticia presenta fluctuaciones en el nivel de sus aguas en respuesta al régimen de lluvias de la parte alta de la cordillera de los Andes, Ecuador y Perú, que es donde nace el río, la cual difiere del régimen de precipitaciones locales.

### *Calidad del Agua*

La calidad del agua de la quebrada San Antonio, quebrada Simón Bolívar y quebrada Yahuaraca se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Composición típica y carga promedio de las ARD del municipio de Leticia*

<b>Parámetro</b>	<b>Vertimiento 1<sup>a</sup></b>	<b>Vertimiento 2<sup>b</sup></b>	<b>Vertimiento 3<sup>c</sup></b>	<b>Vertimiento 4<sup>d</sup></b>
Temperatura promedio (°C)	29	29.1	27.7	29.7
pH	7.67	7.43	7.49	7.56
DBO (mg/l)	72	57	122	73.2
DBO (mg/l) (soluble)	42.8	45.4	66.6	42.8
Ortofosfatos (mg/l PO <sup>-3</sup> <sub>4</sub> )	2.3	0.226	2.41	0.717
Fósforo total (mg P/l)	6.3	3.29	7.71	5.43
N total (mg N/l)	9.25	4.48	66.2	46.6
N amoniacal (mg N-NH <sup>-3</sup> <sub>4</sub> / l)	9.25	2.08	20.5	6.86
SST (mg/l)	54.5	<10	63.5	13.5
SSV (mg/l)	15	<10	29.8	11.3
Grasas y aceites (mg/l)	19.8	33.7	47.6	46.9
Detergentes (mg SAAM/l)	3.71	1.42	3.90	3.96
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	>24196	>24196	>24196	>24196
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	>24196	>24196	>24196	>24196
Oxígeno disuelto (mg O <sub>2</sub> /l)	5.17	3.63	3.86	4.56
Caudal promedio (l/s)	1.52	0.519	12.9	-

*Nota.* Adaptado de *Análisis de laboratorio de las aguas residuales del área urbana de Leticia* (pág. 42), de Alcaldía de Leticia, 2015.

<sup>a</sup> Quebrada San Antonio, barrio Punta Brava. <sup>b</sup> Quebrada Simón Bolívar, barrio José Hernández.

<sup>c</sup> Quebrada Yahuaraca 1. <sup>d</sup> Quebrada Yahuaraca 2

### *Usos del Agua*

Los principales usos para el recurso hídrico en la zona son: doméstico, turístico, agricultura, ganadería (bovinos y bufalinas) y pesca.

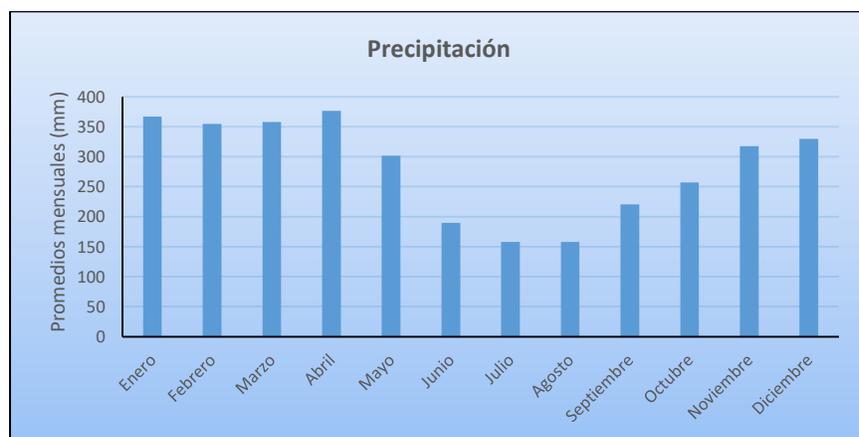
### *Climatología*

Para el desarrollo de este aspecto se obtuvieron los datos proporcionados por el IDEAM de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto internacional Alfredo Vásquez Cobo del municipio de Leticia. Estos datos corresponden a promedios climatológicos del periodo comprendido entre 1981 y 2010.

**Precipitación.** Enero, febrero, marzo y abril es el periodo de mayores precipitaciones, siendo abril el mes más lluvioso, mientras que la época de menos precipitaciones ocurre entre junio, julio y agosto.

### **Figura 13**

*Promedios mensuales multianuales de precipitación entre 1981 y 2010 en Leticia*



*Nota.* Adaptada de *Precipitación*, de IDEAM, 2010.

**Días con Lluvia.** En julio y agosto se presentan los días con menos lluvia (15 días), mientras que diciembre y enero son los meses de mayores días con lluvia (25 días).

**Tabla 6**

*Promedios mensuales multianuales de días con lluvia en Leticia*

<b>Mes</b>	<b>Días con lluvia</b>
Enero	25
Febrero	22
Marzo	23
Abril	23
Mayo	23
Junio	19
Julio	16
Agosto	16
Septiembre	17
Octubre	20
Noviembre	22
Diciembre	25
Anual	251

*Nota.* Adaptada de *Número de días con lluvia*, de IDEAM, 2010.

**Temperatura.** Lo meses más calurosos del municipio son septiembre y octubre, registrando temperaturas de hasta 31.6 °C, mientras que el mes menos calurosos es julio, con una temperatura mínima media de 21.2 °C. El promedio anual de temperatura media es de 25.9 °C, mientras que el promedio anual de temperatura máxima media es de 30.7 °C y el promedio anual de temperatura mínima media es de 22.5 °C.

**Tabla 7**

*Promedios mensuales multianuales de temperatura en Leticia*

Mes	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima media (°C)	Temperatura mínima media (°C)
Enero	26.0	30.7	23.0
Febrero	26.0	30.7	22.9
Marzo	26.1	30.8	23.0
Abril	26.0	30.5	23.0
Mayo	25.7	30.1	22.7
Junio	25.1	29.5	21.8
Julio	25.1	30.0	21.2
Agosto	25.7	31.1	21.5
Septiembre	26.1	31.6	22.0
Octubre	26.3	31.6	22.6
Noviembre	26.3	31.3	22.9
Diciembre	26.0	30.8	22.9
Promedio Anual	25.9	30.7	22.5

*Nota.* Adaptada de *Temperatura*, de IDEAM, 2010.

**Humedad relativa.** El mes de mayor humedad es diciembre (88.2%), y entre agosto y septiembre se presenta la época menos húmeda (84.7%).

**Tabla 8**

*Promedios mensuales multianuales de humedad relativa en Leticia*

<b>Mes</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>
Enero	87.9
Febrero	88.1
Marzo	87.5
Abril	87.9
Mayo	87.9
Junio	87.7
Julio	85.6
Agosto	84.7
Septiembre	84.8
Octubre	85.6
Noviembre	86.7
Diciembre	88.2
Promedio Anual	86.9

*Nota.* Adaptada de *Humedad relativa*, de IDEAM, 2010.

**Evapotranspiración.** Enero y diciembre son los meses de mayor evapotranspiración con una media de 115.3 mm y 110.2 mm respectivamente, mientras que junio es el mes de menor evapotranspiración con un promedio de 80.2 mm.

**Tabla 9**

*Promedios mensuales multianuales de evapotranspiración media en Leticia*

<b>Mes</b>	<b>Evapotranspiración (mm)</b>
Enero	115.3
Febrero	101.3
Marzo	106.2
Abril	91.7
Mayo	87.5
Junio	80.2
Julio	89.1
Agosto	100.1
Septiembre	103.9
Octubre	108.0
Noviembre	104.9
Diciembre	110.2

*Nota.* Adaptada de *Evapotranspiración potencial*, de IDEAM, 2010.

**Brillo solar.** En agosto ocurre el mes de mayor brillo solar, con una media de 6.4 horas/día, contrario al mes de febrero, que tiene una media de 4.1 horas/día de brillo solar.

**Tabla 10**

*Promedios mensuales multianuales de brillo solar en Leticia*

<b>Mes</b>	<b>Brillo solar (horas/día)</b>
Enero	4.3
Febrero	4.1
Marzo	4.2
Abril	4.7
Mayo	4.7
Junio	4.9
Julio	6.1
Agosto	6.4
Septiembre	5.9
Octubre	5.5
Noviembre	5.2
Diciembre	4.5
Promedio Anual	5.0

*Nota.* Adaptada de *Brillo solar*, de IDEAM, 2010.

**Vientos.** Los vientos son moderados en la zona, fluctúan entre 1.1 m/s y 0.8 m/s.

**Tabla 11**

*Promedios mensuales multianuales del viento en Leticia entre 1981 y 2011*

<b>Mes</b>	<b>Velocidad promedio del viento (m/s)</b>
Enero	1.0
Febrero	1.0
Marzo	1.0
Abril	1.0
Mayo	0.9
Junio	0.8
Julio	0.8
Agosto	1.0
Septiembre	1.0
Octubre	1.0
Noviembre	1.1
Diciembre	1.0

*Nota.* Adaptada de *Ciclo mensual de la velocidad del viento*

(<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Ciclo-Mensual-de-la-Velocidad-del-Viento.pdf>), de IDEAM,

2010.

## Medio Biótico

### *Ecosistemas Terrestres*

**Flora.** En el municipio de Leticia se distinguen principalmente 87 especies de árboles y arbustos, que equivalen al 85% del total de árboles y arbustos registrados en el municipio. Las 87 especies se agrupan en 38 familias y 79 géneros. “Las Angiospermas son el grupo más diverso con 35 familias, 32 en dicotiledóneas (74 especies) y 3 en monocotiledóneas (10 especies). Las Gimnospermas se encuentran representadas por las familias Araucariaceae, Cycadaceae y Cupressaceae, con una especie cada una” (Cárdenas, Arias & López, 2004, pág. 11).

### Figura 14

*Especie de Gimnospermas, familia Araucariaceae*



*Nota.* Adaptada de *Araucaria excelsa* R. Br (pág. 27), de Cárdenas, Arias & López, 2004.

**Figura 15**

*Especie de Gimnospermas, familia Cycadaceae*



*Nota.* Adaptada de *Cycas revoluta Thunb.* (pág. 51), de Cárdenas, Arias & López, 2004.

**Figura 16**

*Especie de Gimnospermas, familia Cupressaceae*



*Nota.* Adaptada de *Thuja orientalis L.* (pág. 108), de Cárdenas, Arias & López, 2004.

La región del Amazonas está cubierta en mayor medida por vegetación boscosa, seguida de agro sistemas y finalmente por vegetación no boscosa. La vegetación boscosa del Amazonas predominan los bosques altos y bosques medios.

El Trapecio Amazónico pertenece a la formación Bosque Húmedo Tropical, que otorga a la flora amazónica el calificativo de tropical lluviosa. Los bosques se presentan bastante heterogéneos, constituidos por latifoliadas, con algunas variaciones en cuanto a dominancia y frecuencia de determinadas especies, en concordancia con especiales condiciones de relieve y microclima. La cobertura vegetal corresponde en su mayoría a dos zonas: una antrópica, con uso en chagras, ganadería, policultivos y área con agricultura multipropósito; otra de bosque alto, ocasionalmente inundable, denso, compuesto por árboles de altura hasta 25 metros. La densidad promedio es de 590 árboles por Ha. Diámetro hasta 100 cm y área basal de 34.0 m<sup>2</sup>/Ha. Predominan tres estratos de uso recomendado para protección y preservación ambiental y territorial. (Alcaldía de Leticia, 2016, pág 37)

**Fauna.** En general en el área rural del municipio de Leticia se evidencian animales mamíferos como monos de las familias cebidae y callithricidae como el titi pigmeo, micos nocturnos, uacará de cabeza negra, mono aullador rojo, entre otros, ardillas, borugas, guaras, perros de monte, osos hormigueros y perezosos, dantas, venados, entre otros.

Reptiles como tortugas y serpientes de varios distintos géneros, lagartos, iguanas, babillas, anacondas y boas, caimanes y muchos más.

En el caso de las aves, se distinguen muchas especies, entre ellas están la guacamaya pecho rojo, guacamayo azul y amarillo, gavilán, martín pescador, tucán, golondrina, tijereta, carpintero, y muchos más.

Sin embargo, la fauna en la área urbana es escasa “dada la fuerte presión a la que está sometido el recurso, toda vez que se encuentra cercado por diferentes factores de colonización” (Alcaldía de Leticia, 2006, pág 37).

### *Ecosistemas Acuáticos*

Comúnmente se distinguen dos tipos de aguas en la región del Amazonas, las aguas blancas y aguas negras.

Las aguas negras se caracterizan porque poseen gran cantidad de materia orgánica, pocos nutrientes y minerales, son aguas ácidas. Son de color claro y transparente sin embargo tienen la apariencia de un color oscuro o negro debido a la cantidad de materia orgánica que poseen. La microcuenca de la quebrada Yahuaraca es considerada de aguas negras, es decir que es un “río negro”, estos ríos se conocen como “de origen amazónico formados en áreas de relieve plano, pobremente drenados. Nacen en las planicies selváticas y sus aguas alojan gran cantidad de sustancias químicas en dilución y sustancias orgánicas en suspensión, como también grandes cantidades de ácidos húmicos” (Corpoamazonia, 2006, pág. 47).

Las aguas blancas al contrario de las aguas negras, poseen muchos nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, así como gran cantidad de sedimentos, que pueden ser metales alcalinos y carbonatos. Sus aguas son de mucho lodo, arcilla, limos y arenas. Tienen un color amarillento o café claro y un grado de acidez neutro. El río Amazonas es un ejemplo de río de agua blanca.

Todos los sistemas hídricos, principalmente los urbanos, tienen graves problemas de contaminación doméstica por los vertimientos puntuales y difusos de aguas residuales no tratadas y por la ocupación de sus zonas de ronda hídrica. La quebrada Yahuaraca está siendo contaminada por actividades antrópicas de asentamientos de colonos e indígenas localizados aguas arriba de la bocatoma. (Alcaldía de Leticia, 2020, pág. 56)

Algunos mamíferos acuáticos como los delfines de río, manatíes y nutrias, se encuentran en vía de extinción.

Los pescados más encontrados en el río Amazonas en su paso por el municipio de Leticia son el bocachico, pirarucú, gamitana, sábalo, bagre rayado o pintadillo, piraña, dorado, cachama, cucha, entre otros.

Debido a que este ecosistema es el que se encuentra más cerca al área de influencia del proyecto, los animales mencionados anteriormente y algunas especies de iguanas, aves y serpientes son los que se pueden ver afectados por la construcción y operación de la PTAR centralizada.

## **Medio Socioeconómico**

### ***Perfil Demográfico***

La población de la cabecera municipal de Leticia es de 35,191 habitantes a 2020 según las proyecciones del DANE, en cuanto a la distribución de la población por sexo, están divididas relativamente igual, 17,812 hombres (50.6%) y 17,379 mujeres (49.4%).

Con respecto a la clasificación etárea, en el municipio de Leticia el 49% de la población se encuentra entre los 20 y 59 años, seguida por los niños y adolescentes con un 34%, el 10%

corresponde a jóvenes y finalmente, con un 7% se estima la población de adultos mayores de 60 años.

### ***Educación***

Según el DANE para el 2018, el 84.3% de hombres y el 72.2% de mujeres de 65 y más años del municipio de Leticia sabe leer y escribir; el 88.5% de niñas y el 88.4% de niños de 5 a 14 años sabe leer y escribir; y menos del 1.3% de la población de 15 a 24 años no sabe ni leer ni escribir. El 12.6% de niños y niñas de 5 a 6 años no asisten a la escuela; menos del 6.2% de niños y niñas de 7 a 11 años no asisten a la escuela; y el 86.7% de niños y niñas de 12 a 17 años asisten a la escuela.

Según Alcaldía de Leticia (2019) actualmente la mayor cobertura escolar en el municipio de Leticia se encuentra en el nivel básico de educación con un 118.7%, lo que quiere decir que en este nivel de educación se cubre más de la capacidad instalada en las instituciones, esta misma situación se presenta en la educación primaria, en donde la cobertura es de 110.7%.

La cobertura escolar es mayor en las niñas que en los niños. En el grado de transición la cobertura escolar para niños y niñas se encuentra entre el 66.2% y 68.7%. En el caso de primaria la cobertura se encuentra entre el 109.3% y 112.1%, excediendo la capacidad de las instituciones educativas. Para el nivel de secundaria la cobertura es de 99.8% y 95.2% para niñas y niños respectivamente. En educación media la cobertura escolar está entre el 55.5% y 42.2%.

### ***Salud***

Según la Cámara de Comercio del Amazonas (2018), en ese año se encontraban afiliadas al régimen subsidiado 33.892 personas correspondientes al 80.2% de la población total del municipio de Leticia. Del total del presupuesto del sector salud para ese año el 92% se usó para

la financiación de la población afiliada al régimen subsidiado mientras que el 8% se usó para desarrollar actividades de salud pública. El municipio cuenta con un hospital de segundo nivel, llamado “Hospital San Rafael de Leticia”, el cual presta los servicios médicos a las personas vinculadas principalmente al régimen subsidiado y en menor medida a las personas vinculadas al régimen contributivo.

Dentro de los eventos de salud pública atendidos en 2018 en el municipio de Leticia, la varicela fue el evento más atendido, se reportaron 203 casos de esta enfermedad. El segundo evento que más se presentó fue la malaria con 95 casos y seguido se encuentra la enfermedad del dengue con 55 casos.

Según la Alcaldía de Leticia (2019) para el año 2017 la primera causa de mortalidad fueron las enfermedades del sistema circulatorio con una tasa de 215.6 por 100,000 habitantes, el segundo lugar lo ocupan las categorizadas como demás causas con una tasa de 193.8 por 100,000 habitantes y en tercer lugar las neoplasias con una tasa de 122.8 por 100,000 habitantes.

Algunas de las problemáticas del sector de la salud del municipio de Leticia son el aumento en la inseguridad alimentaria y nutricional en los pueblos indígenas y el incremento de las enfermedades crónicas no transmisibles.

### ***Economía***

Según la Cámara de Comercio del Amazonas (2019) la base económica del municipio de Leticia se centra en la agricultura de productos de la región, explotación forestal de la madera, el turismo, la pesca y el comercio fronterizo.

La actividad económica que más le da dinamismo a la economía municipal se debe a las actividades de servicios sociales y personales, puesto que el estado realiza una considerable

inversión en el municipio de Leticia, en segundo lugar se encuentran las actividades comerciales, reparación, restaurantes y hoteles. Seguidamente están las actividades de transporte, almacenamiento y comunicaciones.

Aunque la rama de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca es la base económica del municipio, tiene un impacto leve, con una participación de 7.8%. Esto quiere decir que el municipio de Leticia depende económicamente de las entidades del estado.

La demanda laboral en el municipio de Leticia es bastante grande, sin embargo la oferta es muy escasa. En el mercado laboral del año 2017 la actividad que más generó empleo en el municipio de Leticia está ligada al sector público con la prestación de los servicios sociales (actividades ejecutivas del gobierno) ocupando el 43.7% del total de personas ocupadas en el municipio, seguido de las actividades de servicios financieros empresariales con el 26% y las actividades comerciales que ocupan el 16% del total de personas ocupadas en el municipio.

En el municipio de Leticia las importaciones en el 2017 fueron por un valor de 48.669 dólares, los productos provienen principalmente de China y Estados Unidos, el producto que más se importó fueron los electrodomésticos seguido de los equipos eléctricos. En cuanto a las exportaciones, el producto que más se exportó fueron los textiles y muebles seguido del calzado de caucho, estos productos se exportaron principalmente hacia Perú.

Según la Alcaldía de Leticia (2019) para el año 2018 el departamento del Amazonas se ubicó como uno de los departamentos con menor Producto Interno Bruto (PIB). En el caso del PIB por habitante, Amazonas tuvo un PIB per cápita de 9.6 millones de pesos, ocupando el puesto 24 entre los 32 departamentos y la ciudad capital.

### ***Vivienda***

Según el DANE para el año 2018 existían 11,611 unidades de vivienda en el municipio de Leticia, 10,729 viviendas se encontraban ocupadas con personas presentes.

El uso de las viviendas se divide de la siguiente manera: el 70.4% son de uso residencial, el 27.1% son de uso no residencial y el 2.5% son de uso mixto.

Existen 9,334 casas, siendo el tipo de vivienda más común en el municipio, seguido de los 1,321 apartamentos, 815 cuartos, 91 viviendas étnicas y otras 50 viviendas.

Una persona por hogar es el mayor porcentaje de personas por hogar, el cual tiene un porcentaje de 18.8%; 18.4% correspondiente a tres personas por hogar; 17.7% y 17.6% que corresponde a cuatro personas y seis o más personas por hogar respectivamente.

### ***Servicios Públicos***

Según el DANE en el 2018 el acceso de viviendas a los servicios públicos se divide así:

- 90.6% de las viviendas tienen acceso a energía eléctrica.
- 67.6% tienen acceso a la recolección de basuras.
- 48.2% tienen acceso al servicio de acueducto.
- 43.9% tienen acceso al servicio de alcantarillado.
- 5.9% de las viviendas tienen acceso a internet.
- 1.9% de las viviendas tienen acceso al gas natural.

## **Evaluación Ambiental**

Para la realización de la evaluación ambiental se tuvo en cuenta tres fases del proyecto, fase de construcción, fase de operación de la planta y finalmente la fase de abandono y cierre. Se identificaron los impactos ambientales y sociales de las actividades predominantes en el proceso en cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico) y componente respectivo. En el Anexo 1 se encuentra la matriz de identificación de actividades con los posibles impactos ambientales y sociales que pudieran presentarse, dividida en 9 tablas, mientras que en el Anexo 2 se presenta el resultado de la evaluación ambiental de los impactos ambientales y sociales por el método Arboleda.

### **Actividades del Proyecto**

Las actividades evaluadas del proyecto fueron establecidas a partir de tres fases:

- Fase de Construcción: Remoción de la capa vegetal, excavación y desalojos para la construcción de unidades de tratamiento y edificaciones, transporte de materiales de construcción, construcción de la obra civil e instalación de equipos.
- Fase de Operación: Pretratamiento, tratamiento primario y secundario y disposición de aguas residuales tratadas.
- Fase de Abandono: Planificación y ejecución del cierre.

### **Identificación de Impactos**

En la Tabla 12 se observan los impactos ambientales y sociales significativos obtenidos en las tres fases del proyecto.

Tabla 12

*Impactos ambientales y sociales identificados en la ejecución de la PTAR*

FASE	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
CONSTRUCCIÓN	CALIDAD DEL AGUA	Contaminación de aguas superficiales por aguas servidas
		Agotamiento del recurso agua
	CALIDAD DEL AIRE	Generación de material particulado
		Generación de gases de combustión
		Generación de ruido
	CALIDAD DEL SUELO	Alteración en la calidad del suelo generando erosión por las máquinas y vehículos
		Alteración en la calidad del suelo generado por los residuos sólidos mal dispuestos
		Destrucción de la capa vegetal
	CALIDAD FAUNA	Cambios en los patrones reproductivos
		Invasión de los espacios de los animales
		Las aves sufren estrés por el ruido de las maquinas transportadoras
		Disminución de especies
		Destrucción parte del habitad de los animales
	CALIDAD DE VIDA	Mala disposición de residuos sólidos afectando el paisajismo
		Aumento de empleos en la región
		Afectación a la salud publica debido a emisiones de material particulado
Aumento de tráfico por el transporte de materiales de construcción		
OPERACIÓN	CALIDAD DEL AGUA	Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos
		Aumenta oferta de agua de calidad
	CALIDAD DEL AIRE	Generación de olores y gases (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S) en pretratamiento
		Control de los olores y gases (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S) en tratamiento primario y secundario
		Generación de ruido por funcionamiento de los equipos

<b>FASE</b>	<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>
<b>OPERACIÓN</b>	<b>CALIDAD DEL SUELO</b>	Generación de residuos sólidos (cribados gruesos, arenas, lodos)
	<b>CALIDAD FAUNA</b>	Aumenta disponibilidad de espacios limpios para animales acuáticos
		Disminuye riesgo para los animales de los cuerpos hídricos
	<b>CALIDAD DE VIDA</b>	Aumento turismo alrededor de los cuerpos hídricos
		Aumento de empleos por mano de obra local
		Mejoramiento de la salud pública
<b>ABANDONO</b>	<b>CALIDAD DEL AIRE</b>	Alteración de la calidad del aire por material particulado
	<b>CALIDAD DEL SUELO</b>	Alteración de la calidad del suelo generados por escombros
	<b>CALIDAD DE VIDA</b>	Suspensión del servicio de tratamiento de agua residual

### **Plan de Manejo Ambiental**

Como se describió en la metodología, el Plan de Manejo Ambiental para el presente trabajo es un Plan de Prevención y Mitificación de Impactos, el cual está constituido por cinco Programas de Manejo Ambiental, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 13***Programa de calidad del agua*

<b>PROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA</b>
<b>OBJETIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar el uso eficiente del agua.</li> <li>• Dar un manejo adecuado a las aguas residuales producidas en el proyecto.</li> <li>• Inspeccionar las descargas del efluente tratado.</li> <li>• Mitigar los impactos causados en los cuerpos de agua por las actividades realizadas en la construcción de la PTAR.</li> <li>• Proteger los cuerpos hídricos y evitar la afectación a las fuentes de agua.</li> </ul>
<b>ETAPA</b>
Construcción y Operación
<b>IMPACTOS A MANEJAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación y alteración de las propiedades de los cuerpos de agua.</li> <li>• Alteración de ecosistemas acuáticos.</li> <li>• Contaminación del agua.</li> <li>• Mejoramiento en la calidad del agua residual.</li> </ul>
<b>TIPO DE MEDIDA</b>
Prevención, Mitigación y Control
<b>ACTIVIDAD O ACCIONES A DESARROLLAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal el uso eficiente y el ahorro del agua.</li> <li>• Comprobar que las descargas del efluente tratado cumplen con los parámetros exigidos por la normatividad vigente (Resolución 0631 de 2015).</li> <li>• Controlar y monitorear los caudales de vertimiento del efluente de la PTAR sobre los cuerpos de agua. También se debe realizar lo mismo con los parámetros físico químicos del efluente, parámetros como DBO, DQO, coliformes totales, coliformes fecales, turbiedad, pH, ST, STT, entre otros.</li> <li>• Dar un manejo adecuado a las aguas residuales producidas en la obra y otros residuos líquidos.</li> <li>• Desarrollar un monitoreo periódico de calidad del agua del río Amazonas y la quebrada Yahuaraca.</li> <li>• Evitar todo tipo de vertimiento de aceites, lubricantes, o cualquier tipo de material sobre los cuerpos de agua o redes de alcantarillado. Estos aceites de maquinaria deben ser manejados de forma correcta. Los residuos de material no aprovechable, escombros, arenas y similares, no deben arrojarse a los cuerpos de agua o redes de alcantarillado ni eliminar estos con agua puesto que terminan en las mismas redes. En caso de ser necesario realizar un vertimiento, se debe obtener el permiso de CORPOAMAZONIA.</li> <li>• Prevenir las afectaciones al río Amazonas y quebrada Yahuaraca.</li> <li>• Realizar el proceso de tratamiento de las aguas residuales domésticas que ingresan a la PTAR de forma eficiente, de acuerdo a lo estipulado en el diseño hidráulico de la PTAR.</li> <li>• Respecto a los baños portátiles ubicados en la zona del proyecto, estos tampoco deben generar algún tipo de vertimiento, habrá una empresa que se encargará de asear los baños y disponer correctamente los residuos.</li> </ul>

Tabla 14

*Programa de calidad del aire*

<b>PROGRAMA DE CALIDAD DEL AIRE</b>
<b>OBJETIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar y mitigar la generación de polvo, ruido, emisiones de gases y olores.</li> </ul>
<b>ETAPA</b>
Construcción, Operación y Abandono
<b>IMPACTOS A MANEJAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del aire.</li> <li>• Afectación a la salud de la población.</li> <li>• Emisión de polvo, ruido, gases y olores.</li> <li>• Aumento en las quejas por la emisión de gases y olores.</li> </ul>
<b>TIPO DE MEDIDA</b>
Mitigación, Prevención y Corrección
<b>ACTIVIDAD O ACCIONES A DESARROLLAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer mediciones periódicas de calidad de aire y ruido.</li> <li>• Realizar el mantenimiento periódico de vehículos, maquinarias y equipos usados en las actividades del proyecto, esto con el objetivo de verificar su condición. La maquinaria y el equipo debe ser sometida a una evaluación de emisión de gases. Esta evaluación debe ser semestral. Encender los vehículos, maquinaria y equipo sólo cuando se vayan a operar y apagarlos cuando se dejen de usar.</li> <li>• Controlar el tráfico vehicular, tanto de maquinaria utilizada en el proyecto como de vehículos externos para evitar ruidos innecesarios, como el uso de pitos y sirenas. También se debe controlar la velocidad de los vehículos en las vías de acceso a la PTAR, para evitar la generación de polvo y ruido. Usar señalización que indique el límite máximo de velocidad.</li> <li>• Humedecer las vías de acceso a la zona del proyecto y el área de construcción con el fin de evitar la generación de polvo y/o material particulado.</li> <li>• Queda prohibido la quema a cielo abierto de materiales de construcción o de cualquier producto.</li> <li>• Realizar el mantenimiento periódico del quemador atmosférico.</li> <li>• El material usado para la construcción y operación de la PTAR debe estar correctamente almacenado, cuando se traslade material pétreo y escombros en volquetas, se debe cubrir el material con algún plástico o lona.</li> <li>• Desarrollar un mantenimiento periódico al sistema de tratamiento, comprobar que todo funciona correctamente para evitar deficiencias en el tratamiento.</li> <li>• Dar un mantenimiento y control al sistema de bombeo y el equipo filtro prensa, así como una limpieza al área de las mismas, evitando que se acumulen, aceites, líquidos y sólidos que se pueden causar malos olores y otras afectaciones.</li> <li>• Mantener limpias las unidades de tratamiento, además de realizar un control periódico sobre las mismas, esto con el objetivo de evitar la generación de gases y olores.</li> <li>• Ejecutar un plan de monitoreo permanente para los gases y olores.</li> <li>• Realizar un mantenimiento y limpieza a todo el sistema de pretratamiento (cribado y desarenador), puesto que en este proceso se puede generar la mayor cantidad de olores en la PTAR. El retiro manual de materiales retenidos en esta etapa debe hacerse de forma periódica y eficiente, tener en cuenta la disposición final de estos materiales y evitar ponerlos directamente en el suelo.</li> <li>• Atender y dar respuesta a las quejas que se presenten por cuenta de la afectación generada por la emisión de gases y olores.</li> </ul>

**Tabla 15***Programa de calidad de la fauna y flora*

<b>PROGRAMA DE CALIDAD DE FAUNA Y FLORA</b>
<b>OBJETIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir la afectación de la fauna silvestre y compensar los impactos sobre el componente florístico.</li> <li>• Recuperar condiciones paisajísticas iniciales.</li> <li>• Proteger las especies animales y forestales del área de influencia del proyecto.</li> <li>• Compensar la cobertura vegetal.</li> <li>• Controlar la tala de árboles.</li> </ul>
<b>ETAPA</b>
Construcción , Operación y Abandono
<b>IMPACTOS A MANEJAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de especies.</li> <li>• Afectación de la fauna y la flora.</li> <li>• Alteración de procesos migratorios de aves.</li> <li>• Alteración del hábitat natural terrestre y acuático.</li> <li>• Cambios en la cobertura vegetal.</li> <li>• Afectación del paisaje.</li> </ul>
<b>TIPO DE MEDIDA</b>
Prevención, Corrección y Compensación
<b>ACTIVIDAD O ACCIONES A DESARROLLAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer la presencia de especies faunísticas y florísticas en el área de influencia directa del proyecto.</li> <li>• Capacitar al personal sobre el manejo adecuado y conservación de especies faunísticas y florísticas.</li> <li>• Prohibir la captura o la caza de cualquier animal encontrado en el área del proyecto.</li> <li>• Controlar y monitorear los niveles de ruido producidos para evitar la afectación sobre la fauna.</li> <li>• Realizar la tala de forma controlada, sólo talar las especies autorizadas y avisar al ente ambiental de la presencia de aves u otros animales que habiten sobre algún árbol a talar y no salgan durante el ahuyentamiento.</li> <li>• Reubicar las especies que aparezcan durante la construcción y operación de la PTAR.</li> <li>• Evitar accidentes sobre las especies animales por cuenta de agentes externos.</li> <li>• Reforestar las áreas intervenidas durante el proyecto con especies propias de la zona.</li> </ul>

**Tabla 16***Programa de calidad del suelo*

<b>PROGRAMA DE CALIDAD DEL SUELO</b>
<b>OBJETIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar los impactos negativos asociados al manejo y disposición final de los materiales de construcción, residuos y/o escombros, y a la generación de residuos líquidos en la obra.</li> <li>• Prevenir afectaciones a la calidad del suelo por cuenta de las excavaciones a realizar y en general en la construcción y operación de la PTAR.</li> <li>• Controlar los riesgos de alteración de la calidad del suelo.</li> <li>• Establecer medidas para la correcta ejecución de las excavaciones.</li> <li>• Evitar la afectación paisajística.</li> <li>• Prevenir procesos erosivos.</li> </ul>
<b>ETAPA</b>
Construcción, Operación y Abandono
<b>IMPACTOS A MANEJAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del suelo.</li> <li>• Activación de procesos erosivos.</li> <li>• Afectación del paisaje.</li> <li>• Aumento en la cantidad de residuos de construcción y escombros.</li> <li>• Contaminación del suelo.</li> </ul>
<b>TIPO DE MEDIDA</b>
Prevención, Mitigación, Control
<b>ACTIVIDAD O ACCIONES A DESARROLLAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la limpieza y el mantenimiento periódico de los equipos e instalaciones de la PTAR.</li> <li>• Desarrollar un adecuado manejo y disposición de los materiales y residuos de construcción no aprovechables.</li> <li>• Evitar derrames y vertimientos al suelo de cualquier tipo de aceite, lubricante, agua residual u otro líquido distinto al agua limpia.</li> <li>• Comprobar que no existen fugas en la red de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>• Ejecutar las excavaciones adecuadamente siguiendo el proceso constructivo indicado, no excavar más de la profundidad indicada en los diseños.</li> <li>• Manejar correctamente los residuos atrapados en el desarenador y cribado, evitando arrojar estos residuos en el suelo.</li> <li>• Proteger las excavaciones con plásticos o lonas, para evitar procesos erosivos y caída de las paredes de la excavación por cuenta de la lluvia.</li> <li>• Evitar vibraciones cerca de las excavaciones.</li> <li>• Durante el descapote y la excavación no se debe mezclar el suelo orgánico con el resto del suelo extraído.</li> <li>• Seguir las recomendaciones del especialista en suelos sobre la ejecución de las excavaciones.</li> <li>• En caso de presentarse algún derrame, se deberá limpiar la zona afectada de forma inmediata y recoger el producto derramado.</li> <li>• Construir obras de drenaje para que prevengan procesos erosivos.</li> </ul>

Tabla 17

*Programa de calidad del medio socioeconómico*

<b>PROGRAMA DE CALIDAD DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO</b>
<b>OBJETIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar el estado de calidad de vida de la comunidad que habita en el área de influencia del proyecto.</li> <li>• Crear espacios para la atención y recepción de dudas, peticiones, quejas, reclamos y sugerencias por parte de la comunidad.</li> <li>• Establecer una buena comunicación con la comunidad.</li> <li>• Entablar una óptima relación con la comunidad y entidades territoriales.</li> <li>• Mejorar la calidad de vida de la población.</li> <li>• Prevenir conflictos entre la comunidad y el personal por cuenta de la ejecución del proyecto.</li> </ul>
<b>ETAPA</b>
Construcción, Operación y Abandono
<b>IMPACTOS A MANEJAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a estructuras vecinas.</li> <li>• Alteración de la cotidianidad y patrones culturales.</li> <li>• Alteración de la movilidad y la infraestructura vial.</li> <li>• Aumento de quejas y reclamos.</li> <li>• Generación de conflictos.</li> <li>• Generación de empleo.</li> <li>• Mejoramiento en la calidad de vida de la población.</li> </ul>
<b>TIPO DE MEDIDA</b>
Prevención y Corrección
<b>ACTIVIDAD O ACCIONES A DESARROLLAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar que la comunidad no está siendo afectada negativamente por cuenta de la construcción y operación de la PTAR, y en caso de comprobar algún impacto negativo, realizar las medidas necesarias para corregir y controlar esa afectación.</li> <li>• Garantizar un diálogo claro, oportuno y veraz con la comunidad.</li> <li>• Responder a las peticiones, quejas, reclamos y sugerencias presentados por la comunidad.</li> <li>• Informar y comunicar a la comunidad de forma clara y oportuna sobre las características, actividades y cronograma del proyecto y el avance del mismo, así como de cualquier inconveniente presentado en la ejecución del mismo.</li> <li>• Para la atención y recepción de peticiones, quejas, reclamos y sugerencias, se deberá instalar y adecuar al menos una oficina de atención a la comunidad.</li> <li>• Capacitar y educar al personal y a la comunidad del área de influencia directa del proyecto acerca de temas ambientales y del Plan de Manejo Ambiental.</li> <li>• Realizar las actas de vecindad de infraestructura, lotes baldíos, viviendas, etc., que se encuentren próximos al proyecto y un reconocimiento del área de influencia de la PTAR.</li> <li>• Implementar medidas de manejo de la movilidad por medio de señalización informativa y preventiva, cómo la demarcación del tránsito peatonal y vehicular.</li> </ul>

## Conclusiones y Recomendaciones

Se encontró que los impactos ambientales y sociales más graves debido a la ejecución de la PTAR centralizada de Leticia son:

- Generación de residuos sólidos: En las tres fases, construcción, operación y abandono se generarán residuos, por lo que es necesario la adecuada disposición de los mismos para evitar posibles daños ambientales y a la salud.
- Generación de material particulado: Se incrementará la concentración de material particulado en la zona debido a la ejecución de la obra, desde la construcción hasta el cierre de la obra.
- Emisión de gases: En la etapa de operación se generan emisiones de gases como el metano, por otro lado, se encuentran los gases combustibles producto del uso de volquetas, camiones entre otros que serán fuentes de contaminación del aire.
- Generación de ruido: Durante la etapa de construcción se emplearán máquinas y equipos que alteraran el ruido en la zona, el funcionamiento de maquinaria pesada incrementará los niveles de ruido, sin embargo en la etapa de operación los niveles serán bajos.

Además, los principales impactos a nivel ambiental y social son los siguientes:

- Calidad del agua: Durante la fase de construcción habrán algunas descargas de aguas servidas afectando la calidad de cuerpos de agua, sin embargo, en la fase de operación el impacto al recurso agua es positivo.

- Calidad del suelo: La calidad del suelo se verá afectada por el deterioro a causa de la mala disposición de algunos residuos resultantes de la construcción del proyecto.
- Calidad de vida: La implementación de la PTAR centralizada del municipio de Leticia conlleva al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes sobretodo de las zonas aledañas y que no cuentan con el servicio de alcantarillado o en su defecto que están siendo afectadas por el desbordamiento de estas aguas negras. Además ofrece oportunidades a la población de obtener un empleo, este es un impacto de importancia alta y clase positiva.

En total se identificaron 31 impactos, 22 impactos son negativos y 9 impactos son positivos, lo que indica que 71% de los impactos son negativos y 29% de los impactos son positivos. De los 22 impactos negativos, la mayoría (16 impactos) se presentan en la fase de construcción de la PTAR, es decir que el 73% de los impactos negativos se presentan en esta etapa. Mientras que de los 9 impactos positivos, 8 impactos se desarrollan en la operación de la PTAR, es decir que el 89% de los impactos positivos ocurren en esta etapa.

Sin embargo, hay 13 impactos en el rango medio, 12 impactos en el rango bajo y muy bajo y 6 impactos en el rango alto y muy alto, es decir que 42% de los impactos son de una importancia ambiental media, 39% de los impactos están entre el rango bajo o muy bajo, y tan solo el 19% de los impactos están en el rango alto o muy alto.

Por lo tanto se concluye que la PTAR centralizada del municipio de Leticia es viable desde el punto de vista ambiental y social.

Se recomienda dar cumplimiento al 100% de los objetivos presentados en los cinco programas de manejo ambiental, así como la realización de las medidas necesarias de mitigación, prevención, corrección y compensación, principalmente para los 6 impactos ambientales y/o sociales de importancia alta y muy alta.

Igualmente se recomienda ejecutar el proyecto de la PTAR centralizada del municipio de Leticia lo más pronto posible.

### Referencias

Alcaldía de Leticia. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal "Pensando en Grande" 2016-2019*.

Alcaldía de Leticia (Página Oficial). (29 de mayo de 2021). *USPDL recibe de la Gobernación de Amazonas las obras complementarias de la PTAR – Urbanización Manguaré del municipio de Leticia [fotografía]*. Obtenido de Alcaldía de Leticia (Página Oficial): <https://www.facebook.com/alcaldiadeleticia/posts/4025518744194959/>

Alcaldía de Leticia. (2015). *Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Leticia, Amazonas (PMAA)*.

Alcaldía de Leticia. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019 "Por una Leticia Transformadora, Pensando en Grande"*.

Alcaldía de Leticia. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020 - 2023 "Juntos Por Una Leticia Mejor"*.

Amnistía Internacional. (s.f.). *El Cambio Climático*. Obtenido de Amnistía Internacional: <https://www.amnesty.org/es/what-we-do/climate-change/>

Arboleda, J. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2018). *Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales*.

Cárdenas , D., Arias, J., & López, R. (2004). *Árboles y arbustos de la ciudad de Leticia*.

Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias*. Bogotá D.C.

Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Resolución 0330*.

Comunidad Andina. (2008). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas*. Biblioteca Nacional del Perú.

Conesa , V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* .

Corpoamazonia. (2006). *Plan de Ordenación y Manejo de la Microcuenca de la Quebrada Yahuaraca*.

Corpoamazonia. (2014). *Concepto técnico D.T.A. No. 319-2014*.

Corpoamazonia. (2017). *Concepto técnico de seguimiento y monitoreo CT-DTA-190-1*.

Corpoamazonia. (2018). *Concepto técnico de seguimiento CT-DTA-138*.

Corpoamazonia. (2019). *Concepto técnico de seguimiento y monitoreo al permiso de concesión de vertimientos líquidos CT-DTA-351*.

Cosín, C. (15 de Mayo de 2017). *Reutilización, la gran asignatura pendiente a nivel mundial*.

Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/blogs/carlos-cosin/reutilizacion-gran-asignatura-pendiente-nivel-mundial>

Defensoría del Pueblo. (2004). *Resolución Defensorial Regional No.19. Disposición Final de los Residuos Sólidos en el municipio de Leticia, Amazonas. Anexos Resolución Leticia*.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Centralizada del Municipio de Leticia*.

Giraldo, S., & Castro, J. (2020). *Análisis de la inclusión de los determinantes y asuntos ambientales en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Leticia, departamento del Amazonas*.

Gutiérrez, H., & Valencia, A. (2006). *Plan de Manejo Ambiental Arenera El Vinculo*.

Guzmán, E. (2016). *Formulación del Plan de Gestión Ambiental (PGA) para Jargu S.A. Bogotá D.C.*

IDEAM. (2010). *Promedios climatológicos 1981-2010*.

IISD. (s.f.). *EIA – ¿Qué es? ¿Por qué? ¿Cómo?* Obtenido de IISD:

<https://www.iisd.org/learning/eia/es/eia-essentials/what-why-when/>

Metcalf, & Eddy. (2014). *Wastewater engineering treatment and resource recovery*. McGraw Hill Education.

OMS/UNICEF. (2020). *La falta de agua aumenta el riesgo de infección por COVID-19 entre los trabajadores de la salud y los pacientes*.

- Pantevis, M., & Torres, V. (2020). *Geomorfología y Dinámica Fluvial del río Amazonas a la altura de Leticia, aplicado a zonas de inundación*.
- Periódico Umarí - Amazonas. (2019). *#Leticia [fotografía]*. Obtenido de Periódico Umarí - Amazonas: <https://www.facebook.com/periodicoumari/posts/721019211755093>
- Periódico Umarí - Amazonas. (2019). *Los retos que le llegan al nuevo Alcalde [fotografía]*. Obtenido de Periódico Umarí - Amazonas: <https://www.facebook.com/periodicoumari/posts/681418392381842>
- Radio Nacional de Colombia. (1 de septiembre de 2014). *Habitantes de Leticia, Amazonas protestan por pésimo servicio de Acueducto*. Obtenido de Radio Nacional de Colombia: <https://www.radionacional.co/cultura/habitantes-de-leticia-amazonas-protestan-por-pesimo-servicio-de-acueducto>
- Ramallo R.S. (1983). *Tratamiento de aguas residuales*. Editorial Reverté S.A.
- Servicio Geológico Colombiano. (2011). *Geología de la Plancha 569 bis Leticia*.
- Superservicios. (2017). *Evaluación Integral de Prestadores Unidad de Servicios Públicos de Leticia*.
- Superservicios. (2020). *Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado*.
- UNESCO. (2017). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales, el recurso desaprovechado*.
- Universidad de Jaén. (s.f.). *Teoría Fundamentada (Grounded theory)*. Obtenido de UJA: [http://www.ujaen.es/investiga/tics\\_tfg/teoria\\_fundamentada.html](http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/teoria_fundamentada.html)

UN-Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. (2020). *Agua*. Obtenido de UN-Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano: <https://www.un.org/es/global-issues/water>

UN-Water. (2020). *Programa Objetivos de Desarrollo Sostenible 6: agua limpia y saneamiento (ODS 6) de la ONU*.

UN-Water. (2020). *Proportion of household wastewater treated in Colombia, compared to other countries in the region [gráfico]*. Obtenido de UN-Water:

[https://www.sdg6data.org/country-or-area/Colombia#anchor\\_6.3.1](https://www.sdg6data.org/country-or-area/Colombia#anchor_6.3.1)

Venegas, A. (16 de marzo de 2018). *Solamente 48,2% de los municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de La República:

<https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>



## Anexos

## Anexo 1. Matriz de Identificación de Actividades e Impactos Ambientales y Sociales

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN		
			Remoción de la capa vegetal	Excavación y desalojos para la construcción de unidades de tratamiento	Transporte de materiales de construcción
ABIOTICO	AGUA	Aguas superficiales: calidad físico-química	Contaminación de agua superficial por aguas servidas	Contaminación de agua superficial por aguas servidas	
		Disponibilidad de agua	Consumo de agua	Consumo de agua	
	AIRE	Calidad del aire	Generación material particulado	Generación material particulado y gases de combustión	Generación material particulado y gases de combustión
		Ruido	Elevación de los niveles de ruido por maquinaria	Elevación de los niveles de ruido por maquinaria	Elevación de los niveles de ruido
	SUELO	Uso del suelo	Alteración en la calidad del suelo dando lugar a erosión	Alteración en la calidad del suelo dando lugar a erosión	
		Fertilidad	Actividad puede producir erosión		

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN		
			Remoción de la capa vegetal	Excavación y desalojos para la construcción de unidades de tratamiento	Transporte de materiales de construcción
BIOTICO	FLORA	Cobertura vegetal	Dstrucción de la capa vegetal	Dstrucción de la capa vegetal	
		Estructura	Fragmentación de la vegetación		
	FAUNA	Relieve y caracteres topográficos		Alteración de la geomorfología del lugar	
		Terrestre	Cambios en los patrones reproductivos		Invasión de los espacios de los animales
		Aves	Las aves sufren estrés por el ruido de las maquinas		Las aves sufren estrés por el ruido de las maquinas transportadoras
		Hábitat	Dstrucción de parte del hábitat de los animales	Dstrucción de parte del hábitat de los animales	
		Abundancia		Disminución de especies	Disminución de especies

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN		
			Remoción de la capa vegetal	Excavación y desalojos para la construcción de unidades de tratamiento	Transporte de materiales de construcción
SOCIOECONOMICO	COMUNIDAD	Bienestar social	Perdida de territorio, desplazamiento de familias de la zona del proyecto		
		Empleo	Aumento de empleos en la región	Aumento de empleos por mano de obra local	Aumento de empleos por mano de obra local
	INFRAESTRUC-TURA	Salud	Afectación a la salud pública debido a las emisiones de material particulado	Afectación a la salud pública debido a las emisiones de material particulado	
		Transporte	Aumento de tráfico por el transporte maquinaria para la limpieza de cobertura vegetal	Aumento de trancones por las obras y el transporte de materiales de construcción	Aumento de tráfico por el transporte de materiales de construcción

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN
			Construcción de la obra civil	Instalación de equipos	Pretratamiento
ABIOTICO	AGUA	Aguas superficiales: calidad físico-química	Contaminación de agua superficial por aguas servidas		Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos
		Disponibilidad de agua	Consumo de agua		Aumenta oferta de agua de calidad
	AIRE	Calidad del aire	Generación material particulado	Generación material particulado y gases de combustión	Generación de olores y gases (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S)
		Ruido	Elevación de los niveles de ruido por maquinaria	Elevación de los niveles de ruido	Generación de ruido por funcionamiento de los equipos
	SUELO	Uso del suelo	Alteración de la calidad del suelo generados por el derrame de residuos de construcción	Alteración de la calidad del suelo generados por el derrame de residuos de construcción	Generación de residuos sólidos (cribados gruesos)
		Fertilidad			

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN
			Construcción de la obra civil	Instalación de equipos	Pretratamiento
BIOTICO	FLORA	Cobertura vegetal	Dstrucción de la capa vegetal		
		Estructura			
	FAUNA	Relieve y caracteres topográficos			
		Terrestre	Invasión de los espacios de los animales		
		Aves			Disminuye riesgo para los animales de los cuerpos hídricos
		Hábitat	Dstrucción de parte del hábitat de los animales		
		Abundancia	Disminución de especies		

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN
			Construcción de la obra civil	Instalación de equipos	Pretratamiento
SOCIOECONOMICO	COMUNIDAD	Bienestar social	Cambios en los patrones de vida		
		Empleo	Aumento de empleos por mano de obra local		
	INFRAESTRUC-TURA	Salud			
		Transporte	Aumento de tráfico por el transporte de materiales de construcción	Aumento de tráfico por el transporte de maquinaria y equipos	

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	OPERACIÓN		ABANDONO
			Tratamiento primario y secundario	Disposición final de aguas residuales tratadas	Planificación y ejecución del cierre
ABIOTICO	AGUA	Aguas superficiales: calidad físico-química	Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos	Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos	
		Disponibilidad de agua	Aumenta oferta de agua de calidad	Aumenta oferta de agua de calidad	
	AIRE	Calidad del aire	Control de los olores y gases (CH4, CO2, H2S)		Alteración de la calidad del aire por material particulado
		Ruido	Generación de ruido por funcionamiento de los equipos		
	SUELO	Uso del suelo	Generación de residuos sólidos (arenas, lodos)		Alteración de la calidad del suelo generados por escombros
		Fertilidad			

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	OPERACIÓN		ABANDONO
			Tratamiento primario y secundario	Disposición final de aguas residuales tratadas	Planificación y ejecución del cierre
BIOTICO	FLORA	Cobertura vegetal		Aumenta cuidado de la vegetación	
		Estructura		Recuperabilidad de la estructura de la vegetación	
	FAUNA	Relieve y caracteres topográficos			
		Terrestre		Aumenta disponibilidad de espacios limpios para animales acuáticos	
		Aves	Disminuye riesgo para los animales de los cuerpos hídricos	Disminuye riesgo para los animales de los cuerpos hídricos	
		Hábitat			
		Abundancia			

MEDIO	COMPONENTE	FACTORES	OPERACIÓN		ABANDONO
			Tratamiento primario y secundario	Disposición final de aguas residuales tratadas	Planificación y ejecución del cierre
SOCIOECONOMICO	COMUNIDAD	Bienestar social		Aumento turismo alrededor de los cuerpos hídricos	Suspensión del servicio de tratamiento de agua residual
		Empleo		Aumento de empleos por mano de obra local	
	INFRAESTRUC-TURA	Salud		Mejoramiento de la salud pública	
		Transporte			

## Anexo 2. Evaluación Ambiental de Impactos

FASE	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CLASE	PRESENCIA	EVOLUCIÓN	DURACIÓN	MAGNITUD	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA DEL IMP. AMB.
CONSTRUCCIÓN	CALIDAD DEL AGUA	Contaminación de aguas superficiales por aguas servidas	N	0.8	0.7	0.8	0.8	5.1	Medio
		Agotamiento del recurso agua	N	0.3	0.3	0.5	0.3	0.6	Muy baja
	CALIDAD DEL AIRE	Generación de material particulado	N	0.8	0.8	0.8	0.9	6.0	Medio
		Generación de gases de combustión	N	0.8	0.8	0.6	0.7	4.6	Medio
		Generación de ruido	N	0.6	0.6	0.7	0.6	2.8	Baja
	CALIDAD DEL SUELO	Alteración en la calidad del suelo generando erosión por las máquinas y vehículos	N	0.8	0.9	0.8	0.9	6.5	Alta
		Alteración en la calidad del suelo generado por los residuos sólidos mal dispuestos	N	0.6	0.7	0.6	0.7	3.1	Baja
		Destrucción de la capa vegetal	N	0.8	0.7	0.9	0.9	5.7	Medio
	CALIDAD FAUNA	Cambios en los patrones reproductivos	N	0.8	0.8	0.7	0.8	5.3	Medio
		Invasión de los espacios de los animales	N	0.7	0.6	0.7	0.5	2.9	Baja
		Las aves sufren estrés por el ruido de las maquinas transportadoras	N	0.7	0.6	0.7	0.8	3.8	Baja
		Disminución de especies	N	0.5	0.5	0.6	0.6	2.0	Muy baja
		Destrucción parte del habitat de los animales	N	0.7	0.8	0.8	0.8	4.8	Medio
	CALIDAD DE VIDA	Mala disposición de residuos sólidos afectando el paisajismo	N	0.8	0.6	0.7	0.9	4.7	Medio
		Aumento de empleos en la región	P	0.8	0.6	0.8	0.9	4.9	Medio
		Afectación a la salud publica debido a emisiones de material particulado	N	0.6	0.5	0.6	0.5	2.1	Baja
Aumento de tráfico por el transporte de materiales de construcción		N	0.6	0.7	0.5	0.7	3.0	Baja	

FASE	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CLASE	PRESENCIA	EVOLUCIÓN	DURACIÓN	MAGNITUD	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA DEL IMP. AMB.
OPERACIÓN	CALIDAD DEL AGUA	Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos	P	0.8	0.8	0.8	1.0	6.4	Alta
		Aumenta oferta de agua de calidad	P	1.0	0.8	0.8	0.9	7.4	Alta
	CALIDAD DEL AIRE	Generación de olores y gases (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S) en pretratamiento	N	0.8	0.6	0.6	0.6	3.5	Baja
		Control de los olores y gases (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S) en tratamiento primario y secundario	P	0.3	0.4	0.3	0.3	0.5	Muy baja
		Generación de ruido por funcionamiento de los equipos	N	0.7	0.6	0.8	0.5	3.2	Baja
	CALIDAD DEL SUELO	Generación de residuos sólidos (cribados gruesos, arenas, lodos)	N	0.8	0.6	0.6	0.5	3.1	Baja
	CALIDAD FAUNA	Aumenta disponibilidad de espacios limpios para animales acuáticos	P	0.8	0.9	0.7	0.8	5.7	Medio
		Disminuye riesgo para los animales de los cuerpos hídricos	P	0.9	0.8	0.8	0.9	6.7	Alta
	CALIDAD DE VIDA	Aumento turismo alrededor de los cuerpos hídricos	P	0.8	0.7	0.8	0.9	5.4	Medio
		Aumento de empleos por mano de obra local	P	0.7	0.6	0.8	0.8	4.0	Medio
		Mejoramiento de la salud pública	P	0.9	0.8	0.8	0.9	6.7	Alta

FASE	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CLASE	PRESENCIA	EVOLUCIÓN	DURACIÓN	MAGNITUD	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA DEL IMP. AMB.
ABANDONO	<b>CALIDAD DEL AIRE</b>	Alteración de la calidad del aire por material particulado	N	0.8	0.7	0.8	0.8	5.1	<b>Medio</b>
	<b>CALIDAD DEL SUELO</b>	Alteración de la calidad del suelo generados por escombros	N	0.8	0.7	0.8	0.7	4.7	<b>Medio</b>
	<b>CALIDAD DE VIDA</b>	Suspensión del servicio de tratamiento de agua residual	N	1.0	0.9	0.8	0.9	8.1	<b>Muy alta</b>