

**Elaboración del diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de las veredas: Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, municipio de Corinto (Cauca)**

Miguel Javier Escobar Gordillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CEAD Palmira

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Tecnología Saneamiento Ambiental

Palmira, Valle del Cauca

2022

**Elaboración del diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de las veredas: Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, municipio de Corinto (Cauca)**

Miguel Javier Escobar Gordillo

Proyecto aplicado presentado como requisito para optar al título  
Tecnólogo en Saneamiento Ambiental

Director:

PhD. Julián Eduardo Mejía Ballesteros

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CEAD Palmira

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Tecnología Saneamiento Ambiental

Palmira, Valle del Cauca

2022

---

Julián Eduardo Mejía Ballesteros

Director Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

Palmira-2022

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Dios, por permitir la vida y la salud, a mi familia por el apoyo incondicional en este proceso, a mi madre, por su voz de aliento permanente.

Al profesor ingeniero Julián Eduardo Mejía Ballesteros, gracias infinitas por su asesoría y profesionalismo para poder desarrollar mi proyecto de grado a la UNAD sede Palmira porque siempre en el proceso académico estuvo de puertas abiertas.

Finalmente, a las comunidades rurales en cabeza de las juntas de acción comunal por su apoyo y colaboración que fue fundamental para desarrollar el proyecto de grado. Gracias a cada uno que de manera directa o indirecta participaron en la culminación del proyecto académico

## Resumen

En la actualidad existe la preocupación sobre la disponibilidad, pérdida y la gestión del agua debido a las diversas actividades antrópicas que ocasionan graves problemas a la humanidad y los seres vivos. En este sentido, las aguas residuales representan un especial interés ya que por sus características pueden ocasionar impactos de connotación negativa sobre el recurso hídrico, los ecosistemas aledaños y la salud de las personas si no reciben el tratamiento adecuado. A lo largo del tiempo el municipio de Corinto y específicamente en su zona rural, ha contado con deficientes sistemas de acueducto, alcantarillado y manejo de aguas servidas, lo que se refleja en la calidad de vida de los habitantes del sector. Sin embargo, en las últimas administraciones municipales de Corinto se ha estipulado en los planes de desarrollo, la mejora en los planes de saneamiento básico ya que la comunidad cuenta con un bajo porcentaje en la cobertura de alcantarillado y tratamientos ineficientes. Así, los tratamientos realizados sobre los vertimientos de aguas residuales en zonas rurales se tornan en un desafío no solo para esta zona particular de estudio, así como también para Colombia de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en su numeral 6.

El presente documento comprende un diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en tres veredas rurales del municipio de Corinto, Cauca; siendo ellas: Rionegro, Chicharronal, Media Naranja. Se identificó que estas plantas de tratamiento poseen tratamientos primarios y secundarios que no están funcionando adecuadamente y que, por tanto, no consiguen reducir el impacto ambiental generado según lo proyectado, vulnerando la salud humana y favoreciendo la contaminación de fuentes hídricas.

La metodología abarcó un diagnóstico participativo considerando diferentes entes estales municipales, la parte administrativa de las plantas y los representantes comunitarios. Se espera que

el presente documento sea un punto de partida y de línea base para el mejoramiento y la ejecución de adecuamientos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Palabras clave:** Saneamiento básico, Vertimientos, Salud, Tratamientos, Impactos.

## **Abstract**

Currently there is concern about the availability, loss and management of water due to the various anthropic activities that cause serious problems to humanity and living beings. In this sense, wastewater represents a special interest since, due to its characteristics, it can cause negative connotation impacts on water resources, surrounding ecosystems and people's health if they do not receive adequate treatment. Over time, the municipality of Corinto, and specifically in its rural area, has had poor aqueduct, sewage, and wastewater management systems, which is reflected in the quality of life of the inhabitants of the sector. However, in the last municipal administrations of Corinto it has been stipulated in the development plans, the improvement in the basic sanitation plans since the community has a low percentage of sewage coverage and inefficient treatments. Thus, the treatments carried out on wastewater discharges in rural areas become a challenge not only for this particular area of study, but also for Colombia in accordance with the Sustainable Development Goals in number 6.

This document carried out a diagnosis of the Wastewater Treatment Plants (WWTP) in three rural villages in the municipality of Corinto, Cauca; being them: Rionegro, Chicharronal, Media Naranja. It was identified that these treatment plants have primary and secondary treatments that are not working properly and that, therefore, they are unable to reduce the environmental impact generated as projected, harming human health and favoring the contamination of water sources. The methodology applied is through a participatory diagnosis considering different municipal state entities, the administrative part of the plants and the community representatives. It is expected to contribute with the diagnosis for the improvement and adjustments of the wastewater treatment plants.

**Keywords:** Basic sanitation, Spills, Health, Treatments, Impacts.

## Contenido

Lista de figuras.....	11
Lista de tablas.....	13
Lista de anexos.....	14
Introducción .....	15
Planteamiento del Problema.....	18
Justificación .....	21
Objetivos .....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos .....	23
Marco Teórico.....	24
Manejo de las aguas residuales en Colombia .....	24
Situación actual del sector de agua y saneamiento para la zona rural del municipio de Corinto – Cauca .....	26
Composición de las aguas residuales.....	28
Sistemas de tratamiento de las aguas residuales.....	29
<i>Procesos físicos, químicos y biológicos</i> .....	30
<i>El pretratamiento de las aguas residuales</i> .....	31
<i>Métodos de tratamiento</i> .....	31
<i>Parámetros de calidad del agua</i> .....	33
Panorama de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia.....	34
Criterios para la selección de los procesos de tratamiento .....	36
Evaluación de impactos ambientales y sus métodos .....	37
Marco Normativo.....	40
Metodología .....	42
Fase 1: Diagnosticó a través de la línea de base ambiental y la información existente de las PTARs en estudio.....	42
Fase 2: Proponer opciones de mejora a partir del análisis del diagnóstico operativo y de infraestructura del sistema de tratamiento de las PTARs en estudio.....	45
Características de la zona de estudio .....	45

<i>Localización geográfica del municipio de Corinto - Cauca</i> .....	45
<i>Características físicas del territorio</i> .....	47
<i>Contexto demográfico</i> .....	49
<i>Diversidad, fauna, flora y demanda ambiental</i> .....	49
Resultados y análisis .....	51
Diagnóstico de la información previa existente.....	51
Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	52
<i>Diagnostico PTAR Vereda Rionegro</i> .....	52
<i>Tratamiento Preliminar PTAR Vereda Rionegro</i> .....	54
<i>Tratamiento Primario PTAR Vereda Rionegro</i> .....	57
<i>Tanque séptico</i> .....	57
<i>Tratamiento Secundario PTAR Vereda Rionegro</i> .....	58
<i>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</i> .....	58
<i>Vertimiento Aguas Residuales Domesticas proveniente de la PTAR</i> .....	59
<i>Lecho de secado de lodos PTAR Vereda Rionegro</i> .....	60
<i>Otros hallazgos relevantes de la PTAR Vereda Rionegro</i> .....	62
<i>Lista de chequeo aplicada a la PTAR Vereda Rionegro</i> .....	63
<i>Diagnostico PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	67
<i>Tratamiento Preliminar PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	68
<i>Tratamiento Primario PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	70
<i>Tanque séptico</i> .....	70
<i>Tratamiento Secundario PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	70
<i>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</i> .....	70
<i>Lecho de secado de lodos PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	72
<i>Otros hallazgos relevantes de la PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	73
<i>Lista de chequeo aplicada a la PTAR Vereda Chicharronal</i> .....	75
<i>Diagnostico PTAR Vereda Media n Naranja</i> .....	78
<i>Tratamiento Preliminar PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	79
<i>Tratamiento Primario PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	81
<i>Tanque séptico</i> .....	81

<i>Tratamiento Secundario PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	82
<i>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</i> .....	82
<i>Lecho de secado de lodos PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	84
<i>Humedales de flujo subsuperficial horizontal</i> .....	84
<i>Otros hallazgos relevantes de la PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	85
<i>Lista de chequeo aplicada a la PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	86
<i>Propuesta de opciones de mejora para las PTARs estudiadas</i> .....	89
<i>Opciones de mejora PTAR vereda Rionegro</i> .....	90
<i>Opciones de mejora PTAR vereda Chicharronal</i> .....	94
<i>Opciones de mejora PTAR vereda Media Naranja</i> .....	98
Conclusiones .....	103
Recomendaciones.....	106
Bibliografía .....	107
Anexos .....	110

## Lista de figuras

Figura 1. <i>Ubicación departamento del Cauca y ubicación municipio de Corinto a nivel departamental</i> .....	46
Figura 2. <i>Ubicación PTARs de las veredas Rio Negro, Media Naranja y Chicharronal</i> .....	47
Figura 3. <i>Vista general PTAR vereda de Rionegro, municipio de Corinto-Cauca</i> .....	54
Figura 4. <i>Unidad de válvulas PTAR vereda de Rionegro</i> .....	55
Figura 5. <i>Tratamiento preliminar PTAR vereda de Rionegro</i> .....	56
Figura 6. <i>Conducción de caudal de la unidad de cribado a tanque séptico PTAR vereda de Rionegro</i> .....	57
Figura 7. <i>Tratamiento primario - Tanque séptico PTAR vereda de Rionegro</i> .....	58
Figura 8. <i>Tratamiento secundario – Filtro anaerobio de flujo ascendente PTAR vereda de Rionegro</i> .....	59
Figura 9. <i>Vertimiento de ARD de la PTAR vereda de Rionegro</i> .....	60
Figura 10. <i>Lecho de secado de lodos de la PTAR vereda de Rionegro</i> .....	62
Figura 11. <i>Vista general PTAR vereda Chicharronal, municipio de Corinto-Cauca</i> .....	68
Figura 12. <i>Cámara de afluente con canaleta y rebose de la PTAR vereda Chicharronal</i> .....	69
Figura 13. <i>Tratamiento preliminar PTAR vereda Chicharronal</i> .....	69
Figura 14. <i>Tratamiento primario - Tanque séptico PTAR vereda Chicharronal</i> .....	70
Figura 15. <i>Tratamiento secundario – Filtro anaerobio de flujo ascendente PTAR vereda Chicharronal</i> .....	71
Figura 16. <i>Tratamiento secundario – Caja de inspección de agua tratada PTAR vereda Chicharronal</i> .....	72
Figura 17. <i>Lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Chicharronal</i> .....	73

Figura 18. <i>Vista general PTAR vereda Media Naranja, municipio de Corinto-Cauca</i> .....	79
Figura 19. <i>Unidad hidráulica afluente PTAR vereda Media Naranja.</i> .....	80
Figura 20. <i>Unidad de cribado PTAR vereda Media Naranja</i> .....	81
Figura 21. <i>Tratamiento primario - Tanque séptico PTAR vereda Media Naranja</i> .....	82
Figura 22. <i>Tratamiento secundario – Filtro anaerobio de flujo ascendente PTAR vereda Media Naranja</i> .....	83
Figura 23. <i>Caja de válvulas con acceso a lecho secado y humedales</i> .....	83
Figura 24. <i>Lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Media Naranja</i> .....	84
Figura 25. <i>Humedales de flujo subsuperficial horizontal PTAR vereda Media Naranja</i> .....	85

### Lista de tablas

Tabla 1. <i>Normatividad vigente sobre aguas residuales en Colombia</i> .....	40
Tabla 2. <i>Modelo base de Lista de chequeo de operación y mantenimiento de las unidades de la PTARs</i> .....	43
Tabla 3. <i>Modelo base opciones de mejoras, para las unidades de proceso como para la infraestructura de la PTARs</i> .....	45
Tabla 4. <i>Lista de chequeo operación, mantenimiento de las unidades de la PTAR vereda Rionegro</i> .....	64
Tabla 5. <i>Lista de chequeo operación, mantenimiento de las unidades de la PTAR vereda Chicharronal</i> .....	76
Tabla 6. <i>Lista de chequeo operación, mantenimiento de las unidades de la PTAR vereda Media Naranja</i> .....	87
Tabla 7. <i>Modelo base opciones de mejoras - PTAR Vereda Rionegro</i> .....	91
Tabla 8. <i>Modelo base opciones de mejoras - PTAR. Vereda Chicharronal</i> .....	96
Tabla 9. <i>Modelo base opciones de mejoras - PTAR Vereda Media Naranja</i> .....	100

### **Lista de anexos**

Anexos A. Listado de asistencia y acompañamiento de coordinador PTAR Vereda Rionegro, para realizar diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual .....	110
Anexos B. Listado de asistencia y acompañamiento de la junta de acción comunal vereda Media Naranja, para realizar diagnóstico PTAR.....	111
Anexos C. Listado de asistencia y acompañamiento de la junta de acción comunal vereda Chicharronal, para realizar diagnóstico PTAR. ....	112
Anexos D. Acompañamiento en la visita de campo a la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la junta de acción comunal de la vereda Rionegro .....	113
Anexos E. Acompañamiento en la visita de campo a la planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la junta de acción comunal vereda Chicharronal.....	114
Anexos F. Acompañamiento en la visita de campo a la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la junta de acción comunal vereda Media Naranja.....	115

## Introducción

En las últimas décadas, el conocimiento y la comprensión de cómo administrar el agua residual ha crecido rápidamente a partir de sistemas establecidos que se adhieren a los principios de química, microbiología, física, ingeniería y matemáticas. Para una nueva generación de científicos e ingenieros que ingresan al campo del tratamiento del agua residual, el número, la experiencia y la diversidad de estas innovaciones es enorme, especialmente en los países en desarrollo donde no es fácil tener acceso a estas tecnologías. UNESCO, (2017).

El desarrollo del saneamiento es considerado como uno de los avances médicos más importantes en los últimos 160 años Ferriman, (2007). Esto confirma el importante papel de proporcionar servicios de saneamiento adecuados para lograr y mantener la salud pública. En países desarrollados, estas aguas servidas son transportadas a espacios diseñados para su tratamiento; sin embargo, en ocasiones los sistemas de tratamiento utilizados no son los idóneos o presentan falencias, situación especialmente presente en países en vías de desarrollo. La importancia de tratar las aguas residuales es significativa debido a que esta acción protege el medio ambiente y favorece al acceso del recurso.

El proceso de recolección y tratamiento del agua servida en plantas especializadas, permite obtener parámetros aceptables que posibilitan su retorno a las fuentes hídricas, minimizando al máximo la probabilidad de contaminación de las fuentes de agua no contaminadas y por consecuencia no se arriesga la salud y estabilidad de los ecosistemas y personas. Según un informe publicado por la Organización de las Naciones Unidas ONU, (2019) con motivo del Día Mundial del Agua, cerca de un 80% de las aguas residuales a nivel mundial se vierten al entorno sin recibir algún tratamiento de saneamiento. En el caso de los países desarrollados, los niveles de tratamiento del agua residual alcanzan un 70%; sin embargo, ese porcentaje se reduce hasta casi 40% en países

de desarrollo intermedio y llega hasta 8% en los más pobres. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) esto provoca, entre otros problemas, que más de 1.700 millones de personas a nivel mundial consuman agua con cierto grado de contaminación. Esta realidad ha quedado plasmada en la Agenda Internacional del Desarrollo aprobada por Naciones Unidas que establece como uno de sus Objetivos de Desarrollo Sostenibles, de aquí a 2030, lograr el acceso a servicios eficientes de saneamiento e higiene.

Una de las problemáticas ambientales que se ha intensificado durante los últimos años y que exige de una acción inmediata de los municipios, es la contaminación del recurso hídrico generada por las aguas residuales municipales. Sólo el 22 % de los municipios del país realizan un tratamiento de sus aguas residuales, un porcentaje realmente bajo si consideramos que tampoco se ha reportado una aceptable eficiencia y operación de la mayoría de estas plantas de tratamiento IDEAM, (2002).

Dentro de los planes de ordenamiento territorial, para el departamento del Cauca se contemplan sectores de expansión para la zona urbana, los cuales deben contar con sistemas adecuados de acueducto y alcantarillado. Con base en las normas nacionales se prohíbe que se realicen vertimientos de aguas servidas directamente en las fuentes, sin un tratamiento previo, creándose la necesidad de implementar plantas de tratamiento de agua residual en los Municipios (PTAR). Por estas razones, los Municipios deben presentar a la CRC (Corporación autónoma regional del Cauca) proyectos relacionados con construcción de redes de Alcantarillado Sanitario, que recojan un porcentaje considerable de las aguas residuales y las transporten a través, de colectores interceptores hasta sus plantas de tratamiento.

De acuerdo a la Corporación Autónoma Regional del Cauca (2018), en el año 2014 se ejecutó la optimización, rehabilitación y puesta en funcionamiento de cinco PTAR (Inzá, Piendamó y Padilla) las cuales se encontraban fuera de servicio y adicionalmente se contrató para el 2015, la

adecuación de las PTARS de Toribio, Caldono y Caloto. Así mismo, dentro de la actividad monitoreo y evaluación de la calidad del agua en las subzonas Cauca y Patía, se realizaron 55 monitoreos a Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas e Industriales y como resultado de estas visitas, se generaron veintinueve (29) Informes Técnicos Sancionatorios, por incumplimiento a los requerimientos enviados. Actualmente estos informes técnicos se encuentran en trámite por parte de la Oficina Asesora Jurídica, quien se encarga de abrir los respectivos procesos sancionatorios.

El problema de tratar las aguas residuales representa una importancia estratégica, puesto que cualquier actividad antrópica las puede originar, generando un impacto ambiental negativo sobre el suelo u otras fuentes hídricas, además de ser origen de vectores, olores ofensivos y deterioro de la calidad de vida UNESCO, (2017). De forma específica, se consideran aguas residuales a aquellas que, una vez utilizadas a nivel industrial o doméstico, poseen material disuelto o en suspensión que altera su composición natural Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico – RAS, (2000). Así, estas aguas residuales deben recibir un tratamiento adecuado y efectivo antes de ser vertidas en el cuerpo receptor, alcanzando la modificación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Por lo anterior, se hace fundamental la evaluación y seguimiento a las plantas de tratamiento de aguas residuales de las veredas: Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, Municipio de Corinto (Cauca), para de esta manera realizar el diagnóstico actual de las mismas y plantear alternativas de mejora.

## Planteamiento del Problema

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones económicas y estéticas, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes hídricas; pues las mismas poseen concentraciones de constituyentes físicos, químicos y biológicos variados (Seoánez, 2001). Considerando esta problemática, se han diseñado diferentes soluciones colectivas las cuales acopian los vertimientos, los cuales son llevados a través de redes de alcantarillado a una planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR (Lazcano, 2016).

Corinto – Cauca, tiene cuarenta y ocho (48) veredas; de las cuales tres (3) poseen PTAR, siendo ellas Rionegro, Media Naranja y Chicharronal. Una vez el agua sale de las PTAR, esta es canalizada y conducida a cuerpos de aguas (Ríos: Guengue, Rionegro y Quebradaseca), siendo en muchas ocasiones utilizada para el riego de la caña de azúcar en terrenos de los ingenios azucareros y trapiches paneleros y agricultura de otros cultivos, para abrevadero de ganado y otras especies en diferentes fincas campesinas, usada para estanques de pesca, para recreación en balnearios naturales, lavado de ropas y utensilios domésticos, para el baño corporal diario de las comunidades y preparación de alimentos de comunidad ribereña.

El vertimiento de los efluentes de una PTAR que por diversos motivos no opere de acuerdo a sus capacidades o que presente limitantes, puede generar incrementos de la acción microbiana, posiblemente provocando incremento en la demanda de oxígeno y generando asfixia de la biota acuática (Jiménez y Valenzuela, 2018), entre otras dificultades asociadas. Esta problemática, resalta la importancia de definir las características que deben reunir las aguas residuales tratadas, antes de llegar al cuerpo receptor, garantizando la conservación de los recursos hídricos y de las condiciones ambientales que permitan preservar el equilibrio autorregulador de los ecosistemas acuáticos. Es por

ello que se hace necesario un control exhaustivo de las características de las aguas residuales tratadas a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, ya que a través de resultados es posible determinar el riesgo ambiental real, las opciones de tratamientos adecuadas y su eficacia, el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente, la obtención de datos básicos para construir diagnósticos ambientales, además de definir con claridad la calidad y características de la fuente de agua.

Actualmente no existe evidencia de caracterización de los efluentes de estas PTARs, situación que de acuerdo a normatividad ambiental vigente debería existir. Por lo anteriormente mencionado, se hace necesario el diagnóstico del estado actual de las plantas de tratamiento de agua residual de Rionegro, Media Naranja y Chicharronal (Corinto - Cauca), para determinar el cumplimiento con los objetivos planteados en el Plan de Saneamiento Hídrico de los Ríos la Paila, Guengue y Rionegro y por la legislación ambiental colombiana, ya que un inadecuado funcionamiento conlleva a maximizar la degradación del ecosistema y repercute en la salud y la calidad de vida de los habitantes del municipio de Corinto.

El Artículo 1°.de la resolución 0631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) Objeto y Ámbito de Aplicación. De la presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Para el caso de las PTARs rurales de Corinto, de acuerdo a las juntas de acción comunal y oficina de planeación municipal no existen análisis de muestreos con reportes oficiales, de Aguas Residuales Domésticas, (ARD), condición que fue corroborada por el ingeniero Carlos Hernán Noreña de la corporación autónoma regional del cauca (CRC), quien manifestó que las tres PTARs objeto de este diagnóstico no figuran radicados oficialmente en esta corporación. Es decir, la CRC desconoce de la existencia de estas PTARs.

En base a lo previamente mencionado, se construye la pregunta de investigación:

¿Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en las veredas Rionegro, Media Naranja y Chicharronal del municipio de Corinto Cauca cumplen con la normatividad colombiana en relación a las normas de calidad de vertimientos a los cuerpos de agua?

## **Justificación**

Con la Declaración del Milenio aprobada el 8 de septiembre de 2000, por los 189 Estados miembros de las Naciones Unidas, se reafirmó el propósito de tener un mundo pacífico, más próspero y justo para todos los habitantes. Bajo los valores de libertad, igualdad, solidaridad, tolerancia, respeto por la naturaleza y responsabilidad común; se acordaron diecisiete (17) objetivos claves, conocidos como los "Objetivos de Desarrollo del Milenio -ODM".

Considerando el objetivo 6 de los ODM, en relación al agua limpia y saneamiento, se resalta que en 2015 aproximadamente 4.500 millones de personas carecían de servicios de saneamiento adecuados y alrededor de 2.300 millones carecían incluso de saneamiento básico. Si bien se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, existe un número importante de personas, principalmente en áreas rurales, que aún carecen de estos servicios básicos.

El proyecto Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en tres veredas: Rionegro, Chicharronal, Media Naranja en el Municipio de Corinto (Cauca) se circunscribe a la línea de proyectos para una transferencia social de conocimiento que contribuya a la solución de problemas focalizados. Siendo localizado en la categoría de "Gestión y Manejo Ambiental" de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, a través de los objetivos de proponer y generar alternativas de gestión para contribuir a solucionar problemas ambientales y sanitarios en las tres (3) veredas del municipio de estudio; además de propiciar el desarrollo económico, social y humano sostenible de las comunidades locales, regionales con calidad, eficiencia y equidad social.

Desde el programa de Tecnología en Saneamiento Ambiental, se busca generar una alternativa integral con sólidas bases en ciencias básicas, sociales y económicas; así mismo, con el

diagnóstico se pretende aportar a alternativas de mejoramiento proyectadas a la preservación de los recursos naturales y resolución de problemáticas ambientales. Es por ello que a través del Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en tres veredas: Rionegro, Media Naranja y Chicharronal en el Municipio de Corinto (Cauca) se pretende, construir un insumo para las autoridades competentes en el municipio de Corinto y contribuir al mejoramiento ambiental, como también a la calidad de vida de los habitantes de la zona y generar consciencia ambiental entre ellos.

Al considerar que en la zona solo operan las 3 PTARs mencionadas y que existen otras veredas aguas arriba que aportan sus vertimientos, la carga contaminante que soportan los cuerpos de agua relacionados podría ser significativa; resaltando en este punto que no existe ningún tipo de caracterización de las aguas tratadas que vierten las PTARs, por tanto, se desconoce el real aporte de los tratamientos realizados en las plantas. Todo esto conjuntamente podría convertirse en factor de afectación a la calidad de vida de los habitantes del sector y de degradación del componente ambiental. Por lo tanto, se hace necesario un diagnóstico real y acertado de las condiciones de funcionamiento de las PTARs, para de esta manera construir herramientas que permitirán la evaluación e intervención por parte de las autoridades competentes y/o profesionales, contribuyendo con soluciones que ayuden a solucionar o reducir el impacto que está generando dicha contaminación.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Elaborar el diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en las veredas: Rionegro, Chicharronal, Media Naranja del Municipio de Corinto (Cauca).

### **Objetivos Específicos**

Diagnosticar a través de la línea de base ambiental y la información existente el estado actual de funcionamiento de las tres (3) plantas de tratamiento de aguas residuales.

Proponer alternativas de mejora a partir del análisis del diagnóstico operativo y de infraestructura del sistema de tratamiento de las tres (3) plantas de tratamiento de aguas residuales

## Marco Teórico

### Manejo de las aguas residuales en Colombia

Tal como lo indicó la super intendencia de servicios públicos domiciliarios SUPERSERVICIOS (2018), el servicio público de alcantarillado se define como la recolección “municipal” de residuos principalmente líquidos, por medio de “tuberías y conductos”, componentes que, a nivel sectorial han tenido poco desarrollo y conocimiento en el país. Si bien se han venido conformando planes y programas para la ampliación de coberturas del servicio, tales como saneamiento básico en zonas carentes del mismo, implementación de alternativas de saneamiento y procesos de descontaminación de fuentes receptoras de los residuos líquidos, aún no existe una articulación efectiva entre los diferentes instrumentos de planeación como son los Planes Maestros de Alcantarillado, los planes de ordenamiento territorial POT y planes de descontaminación de fuentes hídricas priorizadas, circunstancia que igualmente afecta las acciones de planeamiento técnico, instalación, reposición o extensión de redes matrices y locales o secundarias. De acuerdo al informe presentado por la super intendencia de servicios públicos domiciliarios en 2018, se estableció que para el año 2012, el 71.87% contaba con un alcantarillado combinado, el 10.70% alcantarillado sanitario, el 10.70% alcantarillado separado, un 5.20% Normas de Diseño y un 1.33% tramos de sanitario y combinado. En materia de tratamiento de aguas residuales la SUPERSERVICIOS, logró establecer que el 43.5% de los municipios del país realizaron algún tratamiento al agua residual, aunque los tratamientos no logran cumplir con los parámetros de calidad establecidos por la normatividad vigente.

Existen diversos problemas en materia de la coordinación institucional en torno al saneamiento del recurso hídrico, entre los más importantes cabe señalar La ley 99, la cual entrega a la Corporación Autónoma Regional (CAR) la responsabilidad de garantizar la calidad del recurso

hídrico; y la Ley 142 que establece las responsabilidades de los municipios en materia de garantías de la prestación de los servicios públicos domiciliarios, incluido el de alcantarillado, con sus actividades complementarias. A su vez, los municipios encargan a las empresas de servicios públicos la prestación de los servicios públicos domiciliarios. Alrededor del agua potable y alcantarillado, han coexistido permanentemente múltiples sectores relacionados por las externalidades producidas por ellos, como son el sector salud, medio ambiente y desarrollo del país. Esta coexistencia de agentes ha generado permanentes conflictos de intereses, que han incidido en el avance lento del sector si se compara con otros servicios públicos, como la energía o las telecomunicaciones.

La naturaleza de las necesidades de los gobiernos municipales y locales en el sector del agua en relación con su uso (por ejemplo, servicios de abastecimiento de agua y saneamiento) o mayor uso (por ejemplo, crecimiento económico y desarrollo) los hace importantes usuarios institucionales de agua. Como resultado, los gobiernos de las municipalidades toman el rol de usuarios del recurso en lugar de ser gestores del mismo. Así mismo, si son definidas funciones de gestión, existe la probabilidad de ser tomadas decisiones limitadas por intereses específicos que no precisamente estén en pro del aprovechamiento del recurso (Solanes, 1998).

Por un lado, son grandes usuarios institucionales de agua, que transfieren a otros las externalidades que generan, y a su vez son afectados por las externalidades que otros producen (Solanes, 2001). Por consiguiente, no son diferentes a otros usuarios de agua, por lo que requieren el mismo control por parte de los organismos encargados de gestión de los recursos hídricos. En este sentido, las normas que regulan la intervención de los municipios “en la gestión del agua, deben ser rigurosas e imponer sistemas eficaces de respeto a las exigencias generales” (Álvarez, 1998).

Por otro lado, la provisión de servicios de saneamiento, en particular la recolección y disposición de aguas residuales, presentan un impacto sobre la calidad de los recursos hídricos

disponibles para los gobiernos locales y otros consumidores. Una situación bastante común en lugares con alta densidad de población es que los puntos de descarga de aguas residuales municipales se ubiquen en zonas próximas a bocatomas de otros municipios, limitando así el tiempo requerido para la realización de los procesos de dispersión y descomposición natural, situación que se agrava si la planta de tratamiento posee tecnologías básicas que no logran retirar los contaminantes del agua (OPS, 1992). En este escenario, se destaca la importancia de las normas que determinan las obligaciones de las entidades prestadoras y administradores de los servicios de agua potable y saneamiento en relación a descargas, sus condiciones, tratamiento y destino.

### **Situación actual del sector de agua y saneamiento para la zona rural del municipio de Corinto – Cauca**

Las principales fuentes de contaminación presentes en las aguas residuales en las zonas rurales de Corinto Cauca, son las heces y orina humanas, así como los desechos de alimentos de origen orgánico. Los cuales se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica y diversos microorganismos con potencial patogénico. Sumado a esto, también es posible encontrar entre los constituyentes de este tipo de aguas servidas y en concentraciones moderadas: detergentes, sólidos, aceites, nitrógeno y fósforo

De acuerdo con cifras presentadas por el Plan director de Agua y Saneamiento Básico (2018 –2030) emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Colombia reportó en el año 2017 coberturas para acueducto y alcantarillado en las zonas urbanas de 97,4% y 92,4% respectivamente, mientras que, para las zonas rurales, la cobertura en acceso a métodos de abastecimiento de agua adecuados era de 73,2% y de acceso a alcantarillado y soluciones alternativas de saneamiento de 70,1%.

En este escenario, y como parte de su trabajo, la Embajada de Suiza en Colombia - Ayuda Humanitaria y Desarrollo (COSUDE) capitalizó la experiencia del Modelo Integral de Saneamiento Básico Rural o modelo de gestión SABA, desarrollada por su homóloga de Perú, implementándola en el país. A partir de las lecciones aprendidas, se estructuró el proyecto de Agua y Saneamiento Integral Rural ASIR-SABA Colombia, del cual se ejecutó una primera fase entre los años 2015 y 2017 en las zonas rurales de los municipios de Trujillo y Buga en el departamento de Valle del Cauca, y Caloto y Santander de Quilichao en el departamento de Cauca.

Para 2018 se inició la segunda fase, llegando hasta las zonas rurales del municipio de Corinto en el departamento de Cauca, en este municipio, se desarrolló en cuarenta (46) veredas los diagnósticos de las condiciones técnicas e institucionales de los sistemas de agua y saneamiento mediante procesos colectivos de construcción de conocimiento, con la participación de las organizaciones de los sistemas de abastecimiento de agua, las instituciones educativas, los centros de salud, la alcaldía municipal y en general, las comunidades, en un diálogo constante suscitado por los equipos de profesionales dispuestos por embajada de Suiza en Colombia ayuda humanitaria y desarrollo (COSUDE, 2019) que fortalecería la gestión del agua, transformando el conocimiento en un poderoso mecanismo de empoderamiento institucional y comunitario. Gracias a éste, cualquier persona puede acceder a información técnica y rigurosa para ser partícipe de manera clara y asertiva en los diferentes procesos alrededor del tema.

De acuerdo a la embajada de Suiza en Colombia ayuda humanitaria y desarrollo COSUDE, (2019) de las 46 veredas visitadas en desarrollo del diagnóstico en la zona rural de Corinto, cinco (5) cuentan con sistema de alcantarillado: Rionegro, Pedregal, San Rafael, Chicharronal y Media Naranja. De las coberturas de estos sistemas, se evidencia que el de mayor cobertura es San Rafael y el de menor, el de Chicharronal. Para el caso concreto de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) de Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, las redes de recolección y transporte de las

aguas residuales y excretas, son independientes para cada una y están conformadas por tuberías PVC sanitaria de 10 pulgadas de diámetro en las tuberías principales, ocho pulgadas en los ramales y cuatro pulgadas en las domiciliarias. Cabe anotar que las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) de las veredas Chicharronal y Rionegro tienen aproximadamente ocho (8) años de antigüedad. Siendo que, para la vereda Media Naranja existe información disponible sobre la antigüedad de las redes. Diagnóstico técnico e institucional del sector de agua y saneamiento para la zona rural del Municipio de Corinto - Cauca (2018).

### **Composición de las aguas residuales**

La estructura de las aguas residuales es bastante variable en razón de los múltiples componentes que lo están afectando. En medio de éstos se tiene el consumo promedio de agua por ciudadano y por día que perjudica su concentración (cantidad) y los hábitos alimenticios poblacional que caracteriza su estructura química (calidad).

Generalmente, las aguas residuales tienen un 99.9% de agua y lo demás está construido por materia sólida (CEPIS/OPS-OMS, 2002) Los residuos rígidos permanecen compuestos por materia mineral y materia orgánica. La materia mineral nace de los subproductos desechados a lo largo de la vida diaria y de la calidad de las aguas de suministro. La materia orgánica nace exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por materia carbonácea, proteínas y grasas. Las proteínas conforman del 40 al 50% de la materia orgánica y permanecen representadas por los amino ácidos y dan la mayor parte de los nutrientes bacterianos. Alrededor de un 50-60% de las proteínas se hallan disueltas en las aguas residuales y un 20-30% en la parte sedimentable. La mayoría de las bacterias coliformes posiblemente no ocasionarán una patología. No obstante, estas bacterias son utilizadas como indicadores en pruebas de agua ya que su presencia apunta que organismos que tienen la posibilidad de provocar patologías además tienen la posibilidad de estar en el agua residual. Son

responsables de patología en humanos y animales. La detección de contaminación fecal se debería hacer de manera inmediata y estricta para defender la salud humana y el medio ambiente (Paruch, 2012). Los coliformes pueden proliferar en gran cantidad en alimentos, agua y productos lácteos.

Las aguas residuales tienen dentro contaminantes que, incluso solos o combinados con el agua lluvia, tienen la posibilidad de generar un efecto negativo en el medio ambiente y perjudicar la salud humana. La presencia de microorganismos patógenos confiere al agua la propiedad de transmitir enfermedades de origen hídrico, en donde contaminantes o sustancias químicas como pesticidas, fertilizantes, productos farmacéuticos, llegan a las fuentes hídricas (ríos, manantiales, pozos, mares, quebradas o directamente al suelo) alterando sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. Un ejemplo de los efectos que se presentan en fuentes hídricas es la eutrofización que altera su calidad por los altos niveles de nutrientes ricos en fosfatos y nitratos que se producen por los vertimientos agrícolas, ganaderos (Echarri, 1998). Adicionalmente, las descargas domésticas e industriales, pueden causar la polución térmica y la eutrofización de las masas de agua receptoras. (Rojas, 2002).

### **Sistemas de tratamiento de las aguas residuales**

Las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), hacen referencia a instalaciones donde son aplicadas una serie de procesos que tienen como objetivo cambiar las propiedades químicas y físicas del agua, con la premisa de eliminar o reducir la contaminación del agua. En relación a las PTAR, el primer sistema de procedimiento de la raza humana de carácter anaerobio: el pozo séptico. Mas adelante en 1905, Karl Imhoff ingeniero alemán separa el proceso en 2 etapas, la sedimentación y la digestión. Sin embargo, el gran desarrollo ha sido el proceso de mineralización de lodos en periodos largos de retención, realizando más segura e inofensiva la disposición. En lo que refiere al tratamiento específico del agua residual, desde el año 3.000 a.c. se utilizaban en

Pakistán sistemas articulados para utilizar y desechar el agua en los baños privados, y en el año 312 a.c. Los romanos crearon el primer acueducto para abastecer de agua una ciudad entera (mobius.net.com).

En ingeniería ambiental, el término tratamiento de agua residual es un proceso de acción física, química o biológica cuyo objetivo es eliminar o mitigar contaminación al medio ambiente y eliminar las características de agua no naturales no deseadas (Muñoz Cruz, 2008). La gestión del agua residual es un proceso complejo y requiere un gran esfuerzo para cuantificar las necesidades de tratamiento, como el comportamiento de la contaminación del agua. El resultado final obedece a una medición de factores físicos, químicos y biológicos, se incluye la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda de oxígeno y la determinación del pH, alcalinidad, nitrógeno, fosforo, organismos patógenos, sólidos totales, temperatura, entre otros.

#### *Procesos físicos, químicos y biológicos*

En relación a los procesos físicos, estos hacen referencia al aprovechamiento de energía física como base para el tratamiento del agua residual, en este escenario, este tipo de proceso se utiliza regularmente a lo largo del proceso de depuración de la contaminación del agua (Sans, 1999). Por otro lado, en lo que respecta a los procesos químicos, estos se establecen como todos aquellos en los cuales la supresión de los contaminantes del agua residual se lleva a cabo a través de la agregación de diversos tipos de reactivos químicos o por medio de las características químicas de compuestos. Este tipo de procesos son comúnmente utilizados en la depuración de aguas en conjunto con procesos físicos y/o biológicos (Muñoz Cruz, 2008). Los principales procesos químicos para este tipo de tratamiento son la precipitación química, la transferencia de gases, la división de amoníaco por acción de arrastre con aire, la sanitización (con cloro u ozono), la adsorción, la decoloración (con dióxido de azufre), el trueque iónico, la ultrafiltración, la osmosis

inversa, coagulación/floculación y la supresión de sustancias inorgánicas disueltas Sans, (1999). Finalmente, los procesos biológicos suelen ser de tratamientos secundarios, cuya finalidad se basa en la reducción y eliminación de sólidos solubles, siendo utilizados principalmente diversos tipos de microorganismos, como lo son las bacterias, las algas, los hongos, los protozoos, los rotíferos e incluso crustáceos (Sans, 1999).

#### *El pretratamiento de las aguas residuales*

Las aguas residuales traen consigo una gran cantidad de sólidos que de una o de otra forma r tienen como destino la planta de tratamiento de agua residuales; ya sean latas, botellas, plásticos, trapos, piedras, etcétera. Todos estos materiales sólidos, si no son eliminados eficazmente, pueden producir serias averías en los equipos y además también producen un gran desgaste de las tuberías de las conducciones, en este orden de ideas, surgen los pretratamientos cuyo objetivo es resolver esta problemática. Así mismo, a las plantas igualmente llegan aceites y grasas de diversos tipos, los cuales, si no son disminuidos o aminorados en el pretratamiento, hacen que muchos de los tratamientos posteriores se vean afectados, influyendo en el rendimiento y baja calidad del efluente.

#### *Métodos de tratamiento*

Actualmente, existe una fuerte tendencia a enfocar las opciones de tratamiento a 2 grupos principales, independientemente de la calidad de la eficiencia. En este orden de ideas, el primer caso, se basa en la aplicación de los principios de la física, y en el segundo caso, los principios aplicados se basan en la química o la biología. Hasta el momento, se han realizado diversas formas y actividades sobre el tema de procesos primarios, secundarios y terciarios. El tratamiento inicial combina la actividad física, el secundario utiliza el mecanismo de asimilación biológica del organismo, y el tratamiento terciario se enfoca en remoción de nutrientes y su efectividad depende

de la eficiencia previa en los tratamientos anteriores (primario o secundario) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).

El tratamiento secundario de aguas residuales constituye una serie de procesos de naturaleza biológica que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable. Este proceso degrada activamente la materia orgánica que esté presente en el agua residual, para después convertirla en sólidos suspendidos, facilitando su eliminación. Finalmente, los tratamientos terciarios de aguas residuales son procesos adicionales para eliminar contaminantes remanentes, en estado coloidal o suspendido. El tratamiento terciario permite reducir la carga contaminante de aguas residuales permitiendo, no solo su vertido a cauces naturales, sino la reutilización como recurso hídrico alternativo.

En ambos casos, la materia orgánica medida en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) o Carbono Orgánico Total (COT) es degradada por microorganismos y los productos finales dependerán de la ruta escogida (Romero, 1999). Sin lugar a dudas, la eficiencia que dan los procesos aerobios es mayor que la de los procesos anaerobios. Sin embargo, se estima que la aplicación de tecnologías aerobias atiende a costos elevados de los sistemas (OPS, 2001).

El debate de hace ciertos años, que llevaba a oponer las tecnologías anaerobias modernas con las aerobias, ya fue resuelto en buena medida en el área industrial; donde se ha ganado madurez y vivencia. Ahora es aceptado que los dos tipos de procesos no se oponen, por el contrario, se complementan, considerando las desventajas o restricciones individuales. Lo anterior, no es tan claro en lo que respecta a la situación de aguas más diluidas, como las de procedencia de viviendas. En este sentido, la prueba de la madurez de la tecnología anaerobia aplicada en efluentes industriales ya es clara, sin embargo, todavía falta mucho por convencer en el ramo de las aguas residuales municipales.

La tecnología anaerobia en sus diferentes propuestas, constituye una admirable opción de procedimiento no solo para residuos líquidos industriales sino además para aguas residuales domésticas, en especial en poblaciones de baja y media dificultad localizadas en regiones con temperatura mayor a los 20°C, como es la situación de numerosas zonas rurales del territorio nacional.

#### *Parámetros de calidad del agua*

La evaluación de ciertos parámetros de calidad del agua es fundamental para obtener herramientas concretas que permiten definir el grado de contaminación de un afluente. Entre los parámetros medidos, se pueden destacar los siguientes: Los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los cuales están compuestos por partículas orgánicas o inorgánicas fácilmente separables del líquido por sedimentación, filtración o centrifugación. Por otro lado, se destaca la Demanda Química de Oxígeno (DQO), considerada la proporción de oxígeno primordial para la oxidación química de la materia orgánica, dando un medio indirecto de la medición de la concentración de materia orgánica en el agua residual. La DQO es una prueba que se hace en laboratorio, para determinar la concentración de materia orgánica en muestras de aguas y aguas residuales. A lo largo de la aplicación de esta prueba se crea una porción fundamental de residuos considerados como peligrosos por su contenido de metales (cromo hexavalente, plata y mercurio), según la NOM, NOM-052-ECOL-1993. La Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub>), es uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO<sub>5</sub> representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable (IDEAM, 2007).

Por otro lado, es fundamental determinar el contenido de nutrientes como nitrógeno [N] y fósforo [P] pues estos compuestos, conjuntamente con la materia carbonácea o DBO<sub>5</sub>, indican si las aguas residuales tienen la adecuada proporción de nutrientes para facilitar la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Finalmente, la existencia en las aguas residuales de metales pesados potencialmente tóxicos tales como: el plomo, cadmio, selenio, cromo, cobre, etcétera., les da un interés de seguimiento especial. Ahora bien, según la Organización Panamericana de la Salud (OMS), lo que hace tóxicos a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden estar presentes en el agua residual su contenido debería ser controlado en la fuente (OMS, 2002).

Es fundamental indicar que, los tratamientos de las aguas residuales fueron un efecto del desarrollo de la cultura, que se caracteriza por el crecimiento de la densidad demográfica y extensión industrial. De esta manera, las causas que justifican los tratamientos de las aguas residuales pueden ser resumidas en 4 puntos de vista: causas higiénicas o de salud pública, económicas, estéticas y legales (Rojas, 2002).

### **Panorama de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia**

Algunos países en vía de desarrollo, donde se incluye a Colombia, no cuentan con sistemas eficientes para tratamientos de aguas residuales; ya sea por problemas económicos o al escaso concepto sobre alternativas viables de bajo costo, pero se evidencia que, los tratamientos más usados son los lodos activados, lagunas de estabilización y humedales artificiales, siendo que el conjunto de estos tratamientos biológicos alcanza un 80% de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST (Vargas, 2019). Cuando se emplean en equipo, obtienen eficiencias porcentuales mayores al 90%, resaltando la viabilidad económica de los procesos biológicos, los cuales muestran una mejor rentabilidad económica y operacional. Sumado a esto, se establece la perentoriedad de mejorar los

sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes en las zonas rurales, a fin de minimizar la contaminación en aguas superficiales y subterráneas; en este sentido, las plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia son una alternativa de “final de tubo” fundamental para el control de la contaminación. Según lo establecido en la normatividad colombiana, la calidad de un efluente doméstico debe cumplir con la Resolución 631 del 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, al verterse en una fuente superficial.

Colombia, es un país caracterizado por su variedad de fuentes hídricas, las cuales han sido afectadas de manera paulatina por vertimientos que no consideran el impacto o las consecuencias ambientales producidas. Esto no solo altera negativamente al ecosistema, sino que indirectamente a la población con afectación a la salud pública, bienestar y carencia del recurso hídrico de excelente calidad. Por lo anterior, se evidencia la necesidad de la elaboración de diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) distribuidas en el territorio, como una forma de medición y control de sus actividades; así como la eficiencia de remoción de contaminantes y las alternativas de mejoramiento.

Existen otras alternativas de tratamiento biológico; pero los más utilizados en el territorio colombiano resultan ser las lagunas de estabilización, humedales y los lodos activados. Según los resultados, se demuestra que los sistemas biológicos presentan altos porcentajes de eficiencia de remoción de contaminantes, pero cuando estos se emplean en conjunto, obtienen eficiencias porcentuales mayores al 90%, evidenciando que estos sistemas complementados, son óptimos para el tratamiento de aguas residuales domésticas. (Méndez, Carreño y Hernández, 2011). Considerando lo anterior, se establece que en el territorio colombiano es fundamental ampliar la cantidad de lugares adecuados y tratamientos para el tratamiento de las aguas residuales, para de esta manera reducir las concentraciones de contaminantes que llegan a los cuerpos hídricos superficiales.

En la actualidad, existen diversas opciones para el tratamiento de las aguas residuales, dependiendo del nivel de descontaminación deseado, y de las características del agua a tratar. Por lo general, la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR, utilizan procesos químicos, físicos, y bioquímicos, cuya función es eliminar los diferentes tipos de contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual (Cavallini, 2011). Los principales procesos de tratamiento biológico son: lodos activados, biodiscos, filtros biológicos y lagunas de estabilización. Éstas últimas han dado muy buenos resultados en condiciones ambientales apropiadas, como las de las zonas tropicales. Dependiendo de la profundidad, las lagunas se clasifican en aerobias, anaerobias y facultativas.

Los efluentes de las lagunas pueden emplearse en actividades como la horticultura, la acuicultura, la actividad agropecuaria y la forestación. El uso de estas aguas permite también obtener otros beneficios, como el uso eficiente del agua, la provisión de abonos naturales, la generación de empleos e ingresos económicos y la ampliación de la frontera agrícola en zonas desérticas (León, 1996). En 1958, se empezaron a usar en América Latina las lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas residuales urbanas, y se ha tenido bastante éxito, estimándose que para finales del siglo 20 había más de 3000 lagunas de estabilización en la región, la mayoría de las cuales continúa trabajando.

### **Criterios para la selección de los procesos de tratamiento**

A partir del conocimiento de la calidad del agua residual, variabilidad de la descarga y la calidad del efluente requerido es decir a la luz de la norma de vertimiento impuesta, se puede construir la base conceptual de la tecnología a implementar. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que siempre existe un límite inferior por debajo del cual es difícil mantener la actividad biológica y uno superior, por encima del cual el tratamiento biológico no está en posibilidad de metabolizar las

sustancias resistentes a la actividad biológica. La carga contaminante y población equivalente diferentes son las concentraciones que se encuentran dentro de un agua residual. No solo dependen de su tipo sino también de la propia actividad. Enuncia la carga contaminante la cantidad de contaminación que se produce, genera o contiene un volumen de agua residual en un día. El producto de la concentración por el caudal, en un sitio específico, se denomina carga y generalmente se expresa en kg/d, es decir que usualmente se encuentra en unidades de peso/tiempo. Toda fuente receptora, o sistema de tratamiento, tiene una capacidad específica de asimilación de un contaminante. En el caso de un río, si se excede la capacidad de asimilación, el río pierde las condiciones exigidas para su mejor uso y se convierte en un río contaminado. En el caso de un sistema de tratamiento (Gómez-Rendón, 2012).

Las experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas han mostrado que el éxito de la remoción no se debe exclusivamente a la disponibilidad de las técnicas, sino a la interacción de diversos aspectos económicos, socioculturales, biofísicos y políticos-administrativos que comprende un territorio (Alvarado, 2012), en este sentido el enfoque del Desarrollo Local Sostenible es un instrumento teórico apto para aproximarse al estudio de dicha realidad.

### **Evaluación de impactos ambientales y sus métodos**

Los impactos ambientales consisten en la variación de la calidad del medio ambiente producida por una actividad antrópica. Hay que tener en cuenta que no todas las alteraciones medibles de un factor ambiental pueden ser consideradas como impactos ambientales, Dado el riesgo de cambiar el significado del impacto sobre el desempleo en su conjunto para evaluar los impactos ambientales, es necesario incluir la variabilidad del propio entorno que resulta de la época del año u otros conflictos periódicos (incendios, terremotos, etc.) (Garmendia et al., 2005).

En Colombia, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se homologa al proceso de licenciamiento ambiental para que, de acuerdo a la ley, pueden generar impactos ambientales graves o modificar notoriamente el paisaje. Decreto 2820, (2010). La Evaluación de Impacto Ambiental EIA incluye como instrumento técnico el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), donde se identifican, describen y valoran los impactos ambientales (Toro, 2009; Toro, Requena y Zamorano, 2010). En relación con los métodos utilizados para la valoración de impactos ambientales, todos son usados de manera regular, sin embargo, las listas de chequeo, la opinión de expertos y las matrices de interacción como la metodología cualitativa, son preferidas por los equipos evaluadores por su facilidad de manejo, bajo costo y rapidez en la obtención de resultados (Canter y Sadler, 1997).

Una de las razones clave para estimar los impactos ambientales es tener la oportunidad de identificar efectos indeseables y que luego será costoso modificarlos. Por otro lado, los efectos deben ser evaluados en forma oportuna no sólo para no causar impactos no deseados (negativos) sino también para al menos mitigar o atenuar aquellos que sean inevitables. El método de evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso técnico-administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades (POA) e informar a la comunidad de manera previa, de modo que ésta pueda intervenir en la toma de decisiones.

La metodología de evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es sistemática pero su aplicación debe hacerse alternando avances y retrocesos a través de los cuales se van identificando y comprendiendo las repercusiones del proyecto en su entorno. Las principales metodologías para la identificación y valoración de impactos más relevantes son: Metodologías Ad hoc, Método de Leopold, Métodos cartográficos y Listados de Chequeo.

En ese sentido, la metodología Ad hoc (Panel de expertos) consiste en una serie de métodos, que se basan estratégicamente en la consulta sistemática y que proporcionan directrices claves para la evaluación de impacto. Por otro lado, el método de Leopold se considera como una metodología

basada en la identificación de los impactos asociados a una obra o actividad; esencialmente se trabaja desde una matriz que se construye a partir de una serie de columnas, donde se relacionan las acciones del proyecto y, en una serie de filas, donde se relacionan los componentes propios del medio y sus características. Se destaca que la matriz de Leopold se considera uno de los métodos más utilizados en la IEA; sin embargo, la misma está limitada a un listado de máximo 100 acciones que podrían causar un impacto al ambiente representadas por columnas y un total de 88 características y condiciones ambientales representadas por filas, lo que permitiría 8800 interacciones en potencia, aunque en la práctica no todas son consideradas (Leopold, 1973).

En relación a los métodos cartográficos, estos son aplicados en diferentes categorías de análisis ambiental, con especial énfasis en la proyección espacial. Se destaca la superposición de transparencias como el procedimiento de mayor aprovechamiento, donde se utilizan diversos mapas sobrepuestos que indican impactos ambientales individuales sobre una zona de estudio de interés, con la finalidad de establecer un impacto global. Así mismo, los mapas posibilitan la identificación de características físicas, sociales o culturales que se originan de un impacto ambiental específico, y en cuyo caso presentan un valor relativo a dicho impacto (Estevan, 1981). Finalmente, los listados de chequeo se establecen como un método que se basa en la construcción de una lista ordenada que agrupa los factores ambientales que pueden ser afectados por una acción de carácter antrópico. Este método permite identificar cuáles serían las posibles consecuencias relacionadas a la acción propuesta, certificando en una primera etapa de la EIA que ninguna alteración importante sea descartada (Conesa, 1995).

Considerando todo lo anterior, es importante indicar que la selección de la metodología a emplear en un EsIA para un proyecto, obra o actividad, depende de diversos factores, destacándose como los más importantes la disponibilidad de los recursos financieros y técnicos, el tiempo, datos e

informaciones, las disposiciones legales, las especificaciones de los términos de referencia para la EIA y la predilección del equipo técnico.

### **Marco Normativo**

En Colombia existe una normatividad que reglamentan las actividades industriales, comerciales o de servicios, que en sus procesos generen aguas residuales, deben conocer y aplicar los parámetros establecidos para la generación de vertimientos y, con ello, realizar los ajustes necesarios en sus procedimientos e infraestructura a fin de evitar sanciones por desconocimiento u omisión, la cual debe ser tenida en cuenta para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público busca reducir y controlar las sustancias contaminantes que llegan a ríos, lagunas y al sistema de alcantarillado público, entre otros.

A continuación, se describen en resumen la legislación nacional asociadas a la normatividad vigente sobre aguas residuales en Colombia (Tabla 1), esta normatividad se define en el Marco legal y jurídico del medio ambiente así:

**Tabla 1**

*Normatividad vigente sobre aguas residuales en Colombia*

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Establece acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico, para garantizar la calidad del agua para su uso posterior, e inserta el concepto de Tasa Retributiva como tributo por la afectación de los recursos hídricos.
Decreto 1541 de 1978	Incluye una clasificación de los cuerpos de agua en función de su capacidad de recibir vertimientos y establece la obligatoriedad de solicitar permiso de vertimientos a todo aquél que, de igual manera, posea o solicite una concesión de aguas

Decreto 1594 de 1984	Establece criterios de calidad de los cuerpos de agua en función de sus usos potenciales y determina límites máximos permisibles de sustancias de interés sanitario y ambiental, contenidas en los vertimientos. Amplifica el concepto de Tasa Retributiva y reglamenta los permisos de vertimientos.
Ley 99 de 1993	Establece en cabeza de las autoridades ambientales regionales, la responsabilidad de evaluar, controlar y hacer seguimiento ambiental del uso del agua y de los vertimientos que puedan realizarse tanto al agua, como al aire y al suelo. Reitera la obligación de pagar Tasa Retributiva por afectación de los recursos hídricos.
Ley 373 de 1997	Establece el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del agua, para reducir con criterio preventivo, las cantidades de aguas residuales vertidas, promoviendo el re uso de aguas servidas, en cuanto ello sea posible.
Resolución 1096 de 2000 (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS)	Fija criterios técnicos para el desarrollo de proyectos de saneamiento básico y, dentro de ellos, los de saneamiento básico, en todas y cada una de sus fases.
Decreto 3100 de 2003	Reglamenta la Tasa Retributiva para vertimientos puntuales y establece el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV). Determina que las sustancias objeto de cobro son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Las tarifas mínimas para el cobro de la Tasa Retributiva están contenidas en la Resolución 372 de 1998 del MAVDT.
Resolución 1433 de 2004	Por la cual se reglamentan los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se obliga a los operadores del sistema de alcantarillado al establecimiento de los objetivos de reducción del número de vertimientos puntuales.
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0330 de 2017	Por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, derogando la resolución 1096 del 2000.

## **Metodología**

La presente propuesta, está orientada hacia la investigación cualitativa, cuyo principal propósito es la elaboración del Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) de las veredas: Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, Municipio de Corinto (Cauca), a modo de herramienta para evaluar el estado actual de las tres (3) plantas de tratamiento de agua residual, para así determinar el cumplimiento exigido por la legislación ambiental colombiana, ya que un inadecuado funcionamiento conlleva a maximizar la degradación de los ecosistemas y repercute en la salud y la calidad de vida de los habitantes del municipio de Corinto. Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo, la metodología es dividida en dos (2) fases cada una articulada a un objetivo específico, como se indica más adelante.

### **Fase 1: Diagnosticó a través de la línea de base ambiental y la información existente de las PTARs en estudio**

Para la revisión de la información de fuentes secundarias se solicitó ante la oficina de planeación municipal, línea base y documentos (archivos), a través de los cuales poder obtener información general del municipio de Corinto, en lo relacionado a sus condiciones socio económicas, situación de abastecimiento de agua y saneamiento básico en la zona rural, entre otros aspectos.

Para el desarrollo de este trabajo se llevó a cabo una investigación de campo, la cual se basó en recolectar información directamente en los sitios donde están ubicadas las plantas de tratamiento de aguas residuales y sus entornos, ya que la visualización en campo permite conocer cuál es el estado actual de las PTARs, y establecer como han ido afectando a las personas y los recursos naturales a través del tiempo. Para el caso, se realizó un recorrido por cada una de las tres (3) plantas de tratamiento de aguas residuales para conocer de primera mano la problemática asociada

al manejo y operación (datos primarios), de esta forma se pudo identificar el comportamiento sociocultural de las comunidades y comprender la realidad de los fenómenos que ocurren en las tres (3) veredas de Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, con respecto al manejo de las aguas residuales, el recorrido fue documentado a través de registros fotográficos, con el fin de mostrar el manejo y operación de las aguas residuales en las tres PTARs objeto del diagnóstico y se diligenció una lista de chequeo para cada una. El modelo básico de la lista de chequeo puede ser observado en la Tabla 2. Las listas de chequeo individuales para la PTAR de Rionegro, Media Naranja y Chicharronal serán presentadas más adelante.

## **Tabla 2**

*Modelo base de Lista de chequeo de operación y mantenimiento de las unidades de la PTARs*

<b>Unidad</b>	<b>Actividades mínimas de operación y mantenimiento</b>	<b>Fuente</b>	<b>Observaciones asociadas a O &amp; M</b>

Fuente:Elaboración propia (2022).

De igual manera, se tuvo conversaciones y entrevistas con líderes comunitarios, de las juntas de acción comunal y operarios de las tres (3) PTARs, que son las personas que han liderado por años el manejo de las plantas de tratamiento y entienden de primera mano la problemática de las aguas residuales en las tres veredas de Rionegro, Media Naranja y Chicharronal del municipio de Corinto.

Para evaluar el estado en el cual se encuentran las PTARs de las veredas se realizó la identificación de las unidades para comprender el funcionamiento de los tratamientos implementados y de esta manera detectar posibles fallas en la operación y mantenimiento, durante este proceso se realizaron visitas de seguimiento a la operación y mantenimiento realizado con el acompañamiento de los directivos de las juntas de acción comunal de cada vereda. Posteriormente

se solicitó permiso formal a las juntas de acción comunal donde están ubicadas las tres PTARs, las cuales tienen a su cargo la operación de cada planta, para realizar visita técnica de inspección al lugar, a fin de evaluar el modo de operación, tomando como referencia el conocimiento del operador encargado de cada una de las tres (3) PTARs quien relató el paso a paso de su labor diaria, semanal y mensual para complementar la información.

La metodología utilizada fue la técnica o investigación cualitativa, la cual permitió percibir el comportamiento de las personas mediante las acciones (sentir, hacer, pensar), y así mismo interpretarlas. La misma se basó en el diagnóstico participativo, para comprender mejor la realidad del problema, donde la comunidad es protagonista. Esta información brinda la posibilidad de obtener y de impartir conocimiento para dar soluciones viables al problema. El propósito de la técnica cualitativa es la descripción, comprensión e interpretación de los fenómenos sociales (Gonzales citado en Portilla et al 2014). La finalidad de la investigación cualitativa, es la construcción de conocimiento sobre la realidad social, desde la particularidad de la perspectiva de quienes la originan y la viven; por lo que metodológicamente asume un carácter dialógico en el proceso de producción del conocimiento del hecho social educativo.

Se selecciona esta metodología por el tipo de problema, el cual aborda una temática socio ambiental como lo es el saneamiento ambiental y la participación ciudadana; de acuerdo con las características del estudio se seleccionó la modalidad de investigación acción participativa, la cual no solo busca describir la realidad que se observa, sino que busca la transformación de lo observado; en este sentido Pérez (2011) expone que, esta es una metodología que genera una mayor capacidad de respuestas a las problemáticas de la propia sociedad, ya que el estudio involucra personas externas e internas para estudiar los problemas y posibles soluciones.

## **Fase 2: Proponer opciones de mejora a partir del análisis del diagnóstico operativo y de infraestructura del sistema de tratamiento de las PTARs en estudio**

Dentro de la propuesta de las opciones de mejora para cada una de las tres PTARs de las veredas Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, se diligenció una lista de opciones de mejora para cada una, el modelo básico de la lista de mejoras puede ser observado en la Tabla 3. Estas opciones de mejora se construyen a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico y se fundamentan a partir de la revisión de literatura con la premisa de seleccionar las que mejor se ajustan a cada contexto; considerando detalles técnicos, económicos, geográficos y prácticos.

### **Tabla 3.**

*Modelo base opciones de mejoras, para las unidades de proceso como para la infraestructura de la PTARs*

<b>Proceso</b>	<b>Actividades de operación, mantenimiento y control recomendadas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Fuente</b>
	<b>Zonas verdes</b>		
	<b>Cámara de inspección</b>		
	<b>Tanque séptico</b>		
	<b>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</b>		
	<b>Monitoreo de la PTAR</b>		

Fuente:Elaboración propia (2022).

### **Características de la zona de estudio**

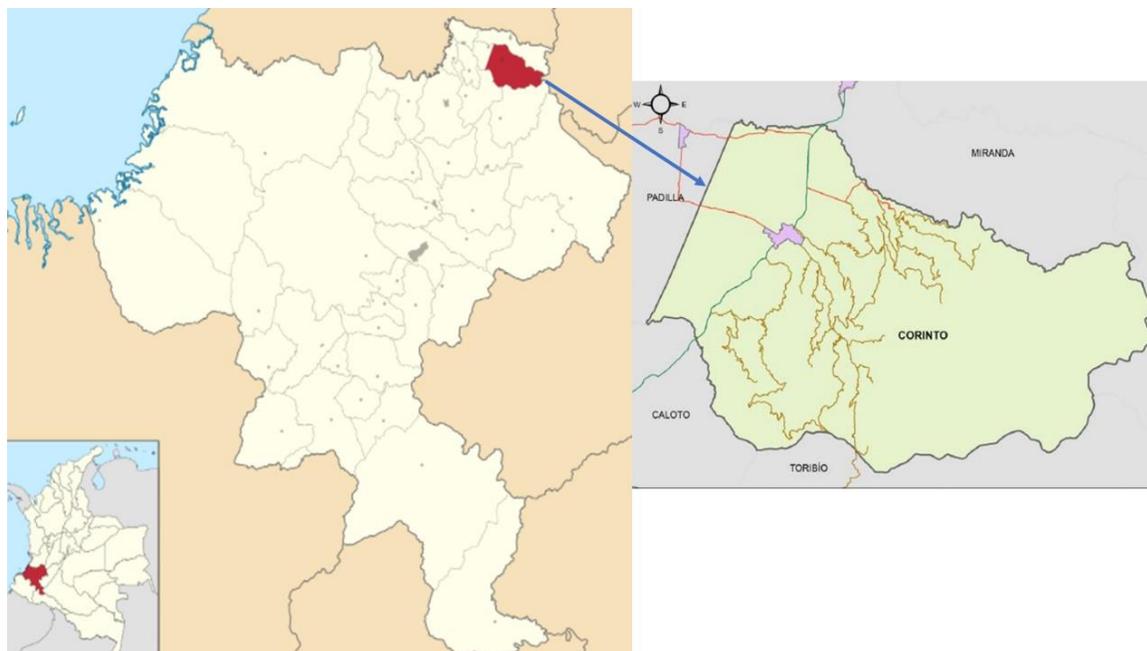
*Localización geográfica del municipio de Corinto - Cauca*

El Municipio de Corinto, se encuentra ubicado al norte del Departamento del Cauca, al oriente limita con los Departamentos de Tolima y Huila; al occidente con el Municipio de Padilla; al norte con el Municipio de Miranda; y al sur con los Municipio de Toribio y Caloto (Ver Figura 1). Con una extensión total: 302 Km<sup>2</sup>, altitud entre 1050 y 4000 metros sobre el nivel del mar, una temperatura media: 24 y 13° C y una distancia de referencia: 118km de Popayán su capital. Plan de Desarrollo Municipio de Corinto (2020 – 2023).

El trabajo fue realizado a partir de la selección de 3 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs), siendo ellas propias de las veredas Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, todas del Municipio de Corinto. La ubicación de cada una de las PTARs estudiadas puede ser observada en la Figura 2.

### Figura 1

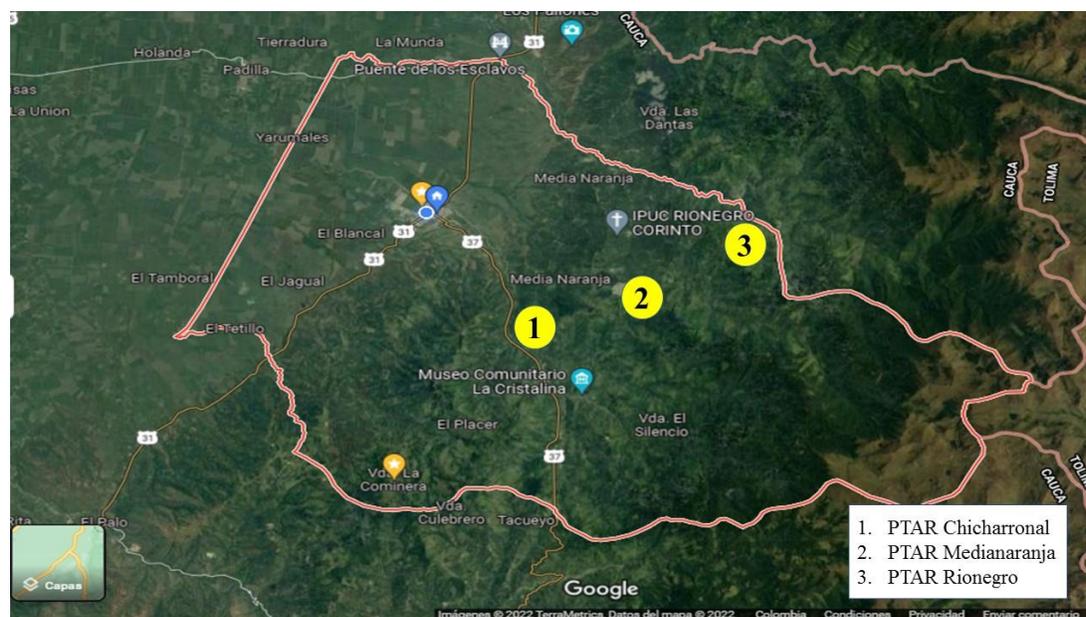
*Ubicación departamento del cauca y ubicación municipio de corinto a nivel departamental*



Fuente: IGACINVIAS (2022).

## Figura 2

### *Ubicación PTARs de las veredas Rio Negro, Media Naranja y Chicharronal*



Fuente: Google Earth (2022).

### *Características físicas del territorio*

Según informaciones suministradas por el Plan de Desarrollo del Municipio de Corinto 2020-2023, este se encuentra a una altura promedio entre 1.000 y 4.700 metros sobre el nivel del mar. El piso térmico predominante es el piso medio (clima templado). Los meses con temperaturas mayores corresponden a julio y agosto coincidiendo con la época más seca en la región. La diferencia entre el mes más caliente y el mes más seco, en términos de temperatura media oscila alrededor de los 22° C. En la zona de influencia de la estación, el régimen de temperaturas diarias, mensuales y anuales es prácticamente regular y sin variaciones significativas a lo largo del año. Los valores máximos de temperatura tienen un valor promedio cercanos a 35° C. En la zona plana se presenta un clima cálido y relativamente seco, con algunas variaciones locales en cuanto al régimen de humedad, debido a que en esta zona los vientos que soplan son secos, ocasionando altas evaporaciones con temperatura media anual fluctuante entre 18 y 25° C.

Corinto es un territorio principalmente montañoso ubicado sobre la Cordillera Central, con una extensión total: 302 Km<sup>2</sup> compuesto por un área urbana de 30.2 Km<sup>2</sup> y una extensión rural de 271.8 Km<sup>2</sup>. El Municipio de Corinto se encuentra ubicado en las estribaciones del Parque Nacional Natural Nevado del Huila; razón por la cual cuenta con un sistema hidrológico bien representado, forma parte de la cuenca alta del Río Cauca, aporta un gran número de fuentes hídricas que vierten sus aguas a la subcuenca del río Palo. Lo riegan los ríos Güengüé, Huasanó, Jagual, Negro y Paila, además de numerosas corrientes menores. Sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos templado, frío y piso bioclimático páramo.

El principal río se denomina La Paila, el cual presenta en la parte alta, formaciones vegetales o zonas de vida correspondiente a ecosistemas frágiles, que ya han sido intervenidos por el desarrollo de actividades agropecuarias y avance de cultivos ilícitos, afectando el bosque nativo. La zona media del río La Paila se encuentra cubierta con cultivos y praderas naturales no manejadas, su problema principal radica en la deforestación y una de sus causas es el consumo de leña, el cual está estimado en un 80 % en la zona rural. La zona plana está cubierta en su totalidad por caña de azúcar, las aguas del río presentan condiciones limitadas de supervivencia, debido a los desechos de aguas servidas y residuales de los ingenios. Las inundaciones como amenaza natural afectan las zonas aledañas a las márgenes de los ríos y quebradas, tanto en la zona montañosa, como en las partes planas y bajas, las cuales constituyen un área de amortiguamiento natural de las crecientes. La principal actividad económica de la zona rural del Municipio se basa en la agricultura y la ganadería, existen explotaciones agropecuarias incipientes, de manera artesanal. El principal cultivo es la caña de azúcar, ocupando el 23.4 % del área total, el cultivo de café ocupa el 4.4 % del área total.

Se han presentado deslizamientos en toda la zona montañosa en Microcuencas del río Güengüé, La Paila, El Jagual y sus quebradas afluentes como Quebraditas y Chaguaduas. La zona

montañosa del municipio de Corinto presenta características que lo hace susceptible a la generación de procesos erosivos y de deslizamientos. Según el Plan de Desarrollo (2020-2023), la deforestación para obtener madera y ampliar la frontera agrícola, los cultivos limpios, quemas, cultivos a favor de la pendiente y el sobrepastoreo, dejan desprotegido el suelo, favoreciendo la aparición de procesos erosivos y deslizamientos, ya que los suelos sin cobertura son más susceptibles a estos eventos.

### ***Contexto demográfico***

A diferencia de lo que ocurre a escala nacional, la población del Municipio de Corinto se concentra en la zona rural respetando la tendencia a nivel Departamental. Según proyecciones realizadas por el DANE con base en el censo del 2005, tiene para el año 2019 una población de 33.489 habitantes, ubicando en la cabecera municipal a 13.384 personas (40% urbano) y 20.105 personas en el resto (60% rural). Finalmente, se establece que en el Municipio de Corinto la raza predominante es la indígena correspondiente a la etnia nasa. Del total de la población el 44% corresponde a este grupo étnico; el 28% son mestizos y el 28% restante son Afrocolombianos.

### ***Diversidad, fauna, flora y demanda ambiental***

Sobre la gran diversidad ambiental con la que cuenta el Municipio, se destaca la potencialidad hídrica, el área de bosques nativos, al igual que la convivencia armónica de cultivos de café y bosque. Corinto cuenta con dos (2) fuentes superficiales para realizar el abastecimiento de agua a sus habitantes, como son una derivación del río La Paila y la quebrada Chicharronal. La actividad económica de la zona rural del Municipio se basa en la agricultura y la ganadería, existen explotaciones agropecuarias incipientes, de manera artesanal. El principal cultivo es la caña de azúcar, ocupando el 23.4 % del área total, el cultivo de café ocupa el 4.4 % del área total.

El municipio de Corinto tiene diferentes especies vegetales tales como: Guácimo, Mata Ratón, Ceiba, Caracolí, Payandé, Totumo, Cruceto, Mestizo, Madroño, Cedrillo, Roble, Cucharó,

Guayacán, Nuro, Carbonero, Guamo, Quina, Cascarillo, Lacre. Respecto a la fauna, esta hace referencia a un conjunto de especies animales que habitan una región geográfica y por lo tanto viven en ecosistemas de relación con otras especies como aves, mamíferos, anfibios y/o reptiles. Según la CRC en la zona se encuentran las siguientes 98 especies de aves, 11 especies de mamíferos, 2 especies de anfibios y 9 especies de reptiles; para un total de 120 especies (CRC-2018).

## **Resultados y análisis**

### **Diagnóstico de la información previa existente**

Uno de los pasos iniciales para el desarrollo del presente trabajo fue la recolección y recopilación de información inicial disponible; para el caso, el municipio no posee archivos, donde sustente los factores del medio físico, biológico y social (receptores de impacto) al igual que la identificación de riesgos, derivados de contingencias (fallos, accidentes o eventos fortuitos) asociados a amenazas naturales y tecnológicas. Con lo anterior, la construcción de información por medio de la línea base permite definir áreas de influencia, donde se pueden producir impactos significativos para aplicar estrategias de manejo ambiental, estrategias que incluyan según corresponda, las medidas de mitigación de los impactos y los planes de emergencia y contingencia.

Dentro de los requerimientos de la ley 142 de 1994 del ministerio de vivienda ciudad y territorio los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben estar debidamente aprobados por la autoridad ambiental, situación que no acontece con las tres (3) PTAR objeto del diagnóstico, que a partir de la exploración con la comunidad y líderes de los acueductos y las Juntas de Acción Comunal se evidenció que las familias habitan la zona desde hace más o menos cincuenta (50) años, antes de la creación de la norma, por tanto, en la particularidad del territorio se encuentran soluciones como huecos en tierra, letrinas con tapas en concreto, tablas, guadua o tejas de zinc, pozos de absorción en ladrillo, disposición directa a fuentes hídricas o campo abierto, canales de aguas lluvias, para la disposición de aguas provenientes del inodoro, y las aguas grises son vertidas directamente a campo abierto, situación que pone en evidencia la carencia en el cumplimiento de la normatividad ambiental anteriormente citada.

Es de vital importancia que las instituciones y/o personas en los municipios de las zonas urbanas o rurales posean en archivos ya sean físicos o digitales la información detallada de

proyectos como las plantas de tratamiento de aguas residuales y otros proyectos de infraestructura. La anterior premisa surge de los hallazgos encontrados, ya que para ninguna de las tres (3) PTAR de las tres veredas de Rionegro, Media Naranja y Chicharronal, fue posible ubicar en los archivos de la administración municipal, una línea base que sirviera de insumo para indicar el estado actual del área de actuación previo a la ejecución de las obras de infraestructura de las tres (3) PTAR, esto incluye los diseños y las descripciones incluyendo análisis de alternativas ambientales. Tampoco se conoce definición de las áreas de influencia preliminar que determinarían aspectos de estudio de la línea base ambiental; Línea que debería contener la descripción del medio (físico, biológico y social) potencialmente afectado.

### **Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales**

A partir de la recolección de información por las visitas realizadas en compañía de las personas encargadas del manejo y mantenimiento de las PTARs de Rionegro (Anexo A y D) Chicharronal (Anexo B y E) y Media Naranja (Anexo C y F) y del diligenciamiento de las listas de chequeo, fue posible construir un diagnóstico específico e individual para cada una de ellas. Es importante establecer que el diagnóstico realizado se enfoca en la infraestructura física y no al análisis de calidad del agua, pues para el caso no se cuenta con la información disponible o la información es inexistente. Para el caso los hallazgos encontrados se establecen a continuación.

#### ***Diagnostico PTAR Vereda Rionegro***

El acceso a las instalaciones de la PTAR de la vereda de Rionegro se hace por trocha carretable para motos, o caminando y se encuentra a 200 metros lineales de la vía principal que da acceso al centro poblado. En la primera visita a la vereda de Rionegro se pudo evidenciar que es un pequeño centro poblado con una extensión territorial de 11 Ha., según estadísticas de la secretaria de planeación del municipio en este territorio se encuentran aproximadamente ciento treinta y ocho

(138) viviendas, presenta una baja zona de comercio el cual se ubica sobre la carretera principal de Rionegro, su mayor centro cultural es la casa comunal y la iglesia y el colegio de bachillerato, esta institución educativa es del orden departamental con 344 estudiantes en primaria y bachillerato, su economía se basa principalmente en el cultivo de frutales, café, pequeña ganadería y frutos de pan coger.

Adicionalmente en esta primera visita se logró consultar a la directiva de la junta de acción comunal sobre la PTAR, donde manifiestan que están enterados de que está en funcionamiento desde el año 2012 y desde esta fecha su operación y mantenimiento estuvo a cargo de la junta de acción comunal. Con la colaboración del operario de la PTAR, se logró obtener un registro fotográfico del estado actual y conocer detalles de su funcionamiento y por menores de la infraestructura. A partir de las imágenes obtenidas se pudo evidenciar el estado actual de la PTAR, la cual está rodeada de guadua y vegetación (grama) lo cual aporta protección a la planta. En el recorrido se contó con la relatoría del operario encargado del mantenimiento y operación de la PTAR, el cual informó sobre el funcionamiento de la planta, los procesos llevados y demás inquietudes que surgieron en el desarrollo de la visita. Se identificó mediante la visita técnica y observación directa a la estructura, el estado en que se encuentra la PTAR, por medio de registros fotográficos. Se realizó levantamiento de información In situ sobre las características de cada uno de los componentes de la planta, para esto se usaron cintas métricas y varas de referencia para las mediciones respectivas de cada unidad lo cual permitió conocer su ancho, largo, profundidad, diámetro, etc., según correspondía. Cabe resaltar que el levantamiento de esta información no se comparó ya que no existe información ni medidas de la planta en general.

### *Tratamiento Preliminar PTAR Vereda Rionegro*

Antes de ingresar a la PTAR, se observa que el afluente es conducido mediante un tubo en PVC de 6" pulgadas hasta la primera unidad hidráulica, consiste en una cámara cuadrada de 0.85 m de largo y ancho, 0.70 m de profundidad, con un área de  $0,7 \text{ m}^2$ , un volumen de  $0.5 \text{ m}^3$  como se observa en la Figura 3. Esta unidad se encuentra en buen estado.

### **Figura 3**

*Vista general PTAR vereda de Rionegro, municipio de Corinto-Cauca*



Fuente: Elaboración propia (2022).

Posterior a la primera cámara de inspección de la PTAR vereda Rionegro, se encuentra la unidad de válvulas (Figura 4). Compartimiento construido en ferro concreto en buen estado, aquí se encuentran dos (2) válvulas, una da acceso al sistema de tratamiento y una segunda válvula con una conducción en tubería sanitaria de 4 pulgadas que es utilizada como *by pass*, este para desviar el agua residual del proceso de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación. Así mismo, el operario indica que en el centro poblado hay planta de beneficio animal y

según las instrucciones el caudal de agua hacia la PTAR se suspende hasta dos (2) días consecutivos los fines de semana, lo que estaría generando significativos impactos ambientales.

#### Figura 4

*Unidad de válvulas PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

Después de la unidad de válvulas se observa la unidad del tratamiento preliminar donde está ubicado el proceso de cribado (Figura 5). Se observa que hace la retención de sólidos de mayor tamaño, plásticos, latas, residuos sanitarios, entre otros objetos, que podrían generar obstrucciones al sistema, esta rejilla de la unidad del cribado, se encuentra en buen estado y sus medidas son las siguientes, 0,86 m de ancho y 0.70 m de alto, para la rejilla de cribado se utilizan barras de acero lisas de 3/8” espaciadas libremente a 2.0 cm, con tapas metálicas en mal estado y oxidadas, se observa que el cribado retiene las partículas transportadas en el agua residual de gran tamaño.

En la unidad de cribado, se observa que los sólidos extraídos son depositados al lado de la estructura del caudal (Figura 5 – Izquierda). Por lo observado están a la intemperie, se indagó al

operario sobre esto y relata que los mismos son dispuestos en ese espacio y no posee instrucciones diferentes o se ha definido un lugar diferente para depositarlos.

### Figura 5

#### *Tratamiento preliminar PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

De la unidad de cribado, el caudal de agua residual es conducido a la segunda cámara de inspección mediante tubos en PVC de cuatro (4) pulgadas. El operador de la planta indica que, en este tramo de la PTAR un gran árbol está afectando el suelo con las raíces como se muestra en la Figura 6. Lo cual puede a futuro generar deterioro de la estructura o incluso comprometer su correcto funcionamiento.

## Figura 6

*Conducción de caudal de la unidad de cribado a tanque séptico PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Tratamiento Primario PTAR Vereda Rionegro*

#### *Tanque séptico*

Una vez el agua residual ha hecho su tránsito por las anteriores unidades hidráulicas se observa que el tratamiento primario de la PTAR de la vereda Rionegro, está compuesto por un (1) tanque séptico de doble compartimiento dispuestos en paralelo como se observa en la Figura 7. El tanque séptico cuenta con las siguientes medidas, largo 5.44 m ancho 3.42 m y profundidad 1.95m para un área de  $18.6 \text{ m}^2$  y un volumen de  $36.2 \text{ m}^3$ , las anteriores medidas fueron tomadas en campo; a partir de las medidas del tanque séptico tomadas in situ (largo y ancho) se puede observar que la relación, largo: ancho adoptada para el diseño del tanque fue 2:1. Al levantar las tapas de las cámaras del tanque séptico, se observa que están oxidadas y las bisagras en mal estado, esta situación pone en riesgo al operario y al correcto funcionamiento de la instalación.

## Figura 7

### *Tratamiento primario - Tanque séptico PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Tratamiento Secundario PTAR Vereda Rionegro*

#### *Filtro anaeróbico de flujo ascendente*

El tratamiento secundario está conformado por un filtro anaeróbico de flujo ascendente tal como se observa en la Figura 8. Este filtro presenta un largo de 7.23 m por ancho 3.40 m y una altura de 2.52 m, con un área de 24.5 m<sup>2</sup> y un volumen de 61.7 m<sup>3</sup>. Dentro del tanque anaerobio se observa un lecho filtrante, compuesto por soporte fijos rosetones en PVC. Se observó que algunos rosetones estaban flotando en la superficie; lo cual puede ser un indicativo de alto nivel de colmatación del lecho filtrante, lo cual puede ocasionar obstrucción parcial del sistema y por tanto es indispensable el que sean retirados.

Una vez el agua residual tratada sale del filtro anaeróbico de flujo ascendente, mediante tubería, es conducida por una cámara y de ahí por un tubo en PVC liso de 4 pulgadas, el cual se une a un tubo de PVC corrugado de diámetro 4 pulgadas, para finalmente ser vertida (efluente) a la fuente superficial del río Güengüé. Al retirar la tapa o escotilla de concreto de la unidad hidráulica

(FAFA) el afluente de filtro anaerobio de flujo ascendente contiene concentración de sólidos; lo cual indica falta de mantenimiento de la unidad hidráulica y puede ocasionar taponamiento de la cama (taponamiento de los intersticios). Para minimizar los efectos de taponamiento en el medio filtrante, se debe limpiar a lo alto de todo el filtro y remover el exceso de sólidos retenidos en el medio filtrante; los aspectos operacionales son también importantes para evitar taponamientos en el filtro.

### Figura 8

*Tratamiento secundario – Filtro anaerobio de flujo ascendente PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Vertimiento Aguas Residuales Domesticas proveniente de la PTAR*

Como se observa en la Figura 9, el agua residual tratada de la PTAR desemboca a la fuente superficial río Güengüé; al realizar las inspecciones de campo, no se observaron unidades de tratamiento terciario, ni humedales subsuperficiales, ni sistemas de control de olores, por lo cual los olores ofensivos, tal cual lo relata el operario, son una problemática permanente para los habitantes de la periferia a la PTAR. Lo cual puede ser indicativo que los procesos de tratamiento, no están funcionando de manera eficiente. De la fuente superficial, identificada como el río Güengüé, aguas abajo hacen uso del agua habitantes de los municipios de Corinto y Miranda para riego de cultivos,

oficios domésticos y suministro de agua a un sistema de abastecimiento para consumo humano, para las veredas pueblo Nuevo y la parcelación el Guanábano. Esta situación establece una problemática específica, pues si no se lleva a cabo un correcto procesamiento de descontaminación (tratamiento) de las aguas residuales, implica que las aguas no descontaminadas dentro de los parámetros establecidos por la autoridad ambiental pueden provocar contaminación ambiental, enfermedades graves en el ser humano y transformaciones severas al ecosistema dado que se componen de las sustancias orgánicas y minerales que vienen de la materia fecal y otros desechos.

### **Figura 9**

*Vertimiento de ARD de la PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Lecho de secado de lodos PTAR Vereda Rionegro*

El lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Rionegro (Ver Figura 10), se encuentra a 53 m del tanque anaeróbico, el mismo consta de una estructura rectangular, con las siguientes medidas largo 10 m, ancho 5 m y altura 1,50 m. A partir de la visita y la recolección de información se establece que el operario desconoce información técnica relacionada al manejo de los lodos; lo anterior es evidente pues se observa que los lodos han sido retirados del lecho y se encuentran

reposando al lado de la unidad sin ningún tratamiento o manejo. Lo anterior implica una consideración especial, pues los mismos pueden representar riesgos para la salud humana y una problemática ambiental debido a la presencia de materia orgánica, patógenos, entre otros microorganismos; además de presencia de insectos y olores ofensivos fácilmente perceptibles. Por esto, se torna fundamental buscar los medios para convertir estos residuos, que por los elementos que contiene, puede atentar contra la salud y medio ambiente, en un subproducto aprovechable y seguro (García, 2009).

Por otro lado, también se destaca que, en el sector del lecho de secado, no hay la suficiencia de luz solar debido a los altos follajes de guaduas sembradas en la periferia del lecho de secado; esto implica que, al no tener la suficiente luz solar, los lodos no se secan rápidamente, teniendo en cuenta que los lodos contienen porcentajes altos de humedad. Es fundamental resaltar que, una gran cantidad de normativas regulan los indicadores de contaminantes fecales (coliformes fecales y huevos de helmintos), estableciendo el requerimiento de su tratamiento para minimizar su impacto y posibilitar su transformación en biosólidos y así poder ser aprovechados en el componente suelo (ACODAL, 2003).

## Figura 10

*Lecho de secado de lodos de la PTAR vereda de Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Otros hallazgos relevantes de la PTAR Vereda Rionegro*

Se observa que a pesar de que el operador sabe perfectamente que está trabajando en una planta de tratamiento de aguas residuales y que esta puede ser un foco infeccioso, es normal que con el paso del tiempo pierda el miedo y olvide el carácter de riesgo para la salud, que su trabajo puede adquirir, si no se toman algunas precauciones básicas. Precisamente cuando se alcanza este punto, la probabilidad de que surjan accidentes aumenta en gran medida. En este sentido, no se aprecia en ningún lugar visible instrucciones higiénicas que sirvan de recordatorio, de que existe un riesgo real para el operario y las visitas a la planta de las personas.

Es posible evidenciar que en la PTAR hay construida una caseta para guardar herramientas, pero no hay herramientas para las labores regulares de trabajo en las instalaciones, como es el caso de cedazo para recolección de natas, caneca de plástico o metálica para depositar natas, palas, carreta manual, manguera con boquilla de salida a presión para limpieza de las instalaciones, recipientes para almacenamiento de sólidos, canecas plásticas o canecas metálicas, rastrillo manual,

guantes, tapabocas. Las instalaciones tampoco cuentan con elementos de primeros auxilios como un botiquín; además no fue evidenciado la dotación de elementos de protección personal para el operador, entiéndase: guantes, botas de goma, casco de trabajo y overol. El operario no cuenta con capacitación en primeros auxilios ni con esquema de vacunación completo para tétano.

De acuerdo al operario, al preguntarle sobre manual de mantenimiento y operación, responde que no se posee. Las instalaciones de la PTAR no poseen servicio de agua potable o energía eléctrica. El acceso a la planta se mantiene cerrado, incluso cuando el operador está trabajando en el establecimiento, ya que éste no puede estar pendiente todo el tiempo de posibles visitas y existe un riesgo importante de accidentes.

En relación a la frecuencia de mantenimiento, actualmente la junta de acción comunal y por ende el comité de agua y saneamiento básico, no disponen de un manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR, siendo una herramienta necesaria para operar adecuadamente la planta de tratamiento de aguas residuales y de esta manera garantizar efluentes tratados dentro de los límites permisibles exigidos por la normativa ambiental vigente; además de asegurar la vida útil de la infraestructura de la planta. De acuerdo a la información suministrada por la junta de acción comunal de la vereda de Rionegro, actualmente hay 138 viviendas conectadas al sistema de alcantarillado, de acuerdo al censo realizado por la comunidad, para un promedio de habitantes usuarios de 600 personas (fuente: junta de acción comunal vereda Rionegro).

#### ***Lista de chequeo aplicada a la PTAR Vereda Rionegro***

A partir de la lista de chequeo para la PTAR Vereda Rionegro (Tabla 3), se observa de forma clara la falta de operación y mantenimiento en la PTAR, situación que puede influir negativamente en las eficiencias de remoción de contaminantes por parte del sistema. Para garantizar el desempeño adecuado de la PTAR, las actividades de operación deben desempeñarse de

forma idónea para lograr un buen proceso de descontaminación, por lo tanto, para evaluar si se cumplen las faenas mínimas de operación de la PTAR, se realizó una lista de chequeo, la cual fue elaborada teniendo en cuenta la normatividad colombiana e internacional como la resolución 0330 de 2017, RAS 2000 título E y la asociación brasileña de normas técnicas en la Tabla 4 se aprecia actividades chequeo de operación para la PTAR de la vereda de Rionegro.

**Tabla 4**

*Lista de chequeo operación, mantenimiento de las unidades de la PTAR vereda Rionegro*

<b>Unidad</b>	<b>Actividades mínimas de operación y mantenimiento</b>	<b>Fuente</b>	<b>Observaciones asociadas a O &amp; M</b>
<b>Sistema de tratamiento</b>	Al iniciar actividades en una PTAR debe contar con manual de operación y mantenimiento	Resolución 0330 de 2017	La PTAR no cuenta con manuales de O & M
	Los lodos y espumas acumuladas deben ser removidas en intervalos definidos		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
<b>Tanque séptico</b>	Realizar remoción periódica de lodos por operario capacitado, con equipo adecuado de bioseguridad		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
	Antes de cualquier operación en el interior de la unidad hidráulica, la tapa o escotilla debe levantarse y esperar más o menos (15 min) por contenido de gases tóxicos	<b>RAS 2000 Titulo E</b>	No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
	Los lodos secos se disponen en rellenos sanitarios o en campos agrícolas cuando estos no estén dedicados a la siembra de hortalizas, legumbres, tubérculos		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
<b>FAFA</b>	Para limpieza del filtro anaeróbico, se debe utilizar una bomba sumergible de presión, introduciendo la manguera de succión a través del tubo guía	Asociación brasilera de normas técnicas (NBR13969)	No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR

	El filtro no debe lavarse por completo ya que retrasa el inicio de la operación después de la limpieza		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
<b>FAFA</b>	Si el sistema tiene lecho de secado, la descarga resultante de la limpieza del filtro anaeróbico debe descargarse en él	Asociación brasilera de normas técnicas (NBR13969)	No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
<b>PTAR</b>	Como mecanismo de control se debe realizar monitoreos de la calidad del agua antes y después de las unidades unitarias que conforman la PTAR, los parámetros a muestrear serán de acuerdo al proceso, para PTARs con tratamiento menor a 100 L/s las frecuencias del monitoreo serán de frecuencia semestral o según sea dispuesto por los órganos de vigilancia	Resolución 0330 de 2017	No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR

Fuente: Elaboración propia (2022).

De acuerdo al análisis de la lista de chequeo levantada en la PTAR vereda Rionegro se observa que, las estructuras de la planta de agua residual se encuentran en buen estado estructural; en relación a la identificación de cada una de las actividades mínimas de operación y mantenimiento realizadas en la PTAR vereda Rionegro, se evidencia que se iniciaron actividades en las instalaciones sin contar con manual de operación y mantenimiento, situación que va en contravía de la norma ambiental, ya que el operario designado para estas actividades desconoce aspectos fundamentales para realizar un óptimo trabajo de operación y mantenimiento. En el Tanque séptico, en su actividad hidráulica se observa que los lodos y espumas acumuladas no son removidos en intervalos definidos principalmente por desconocimiento de dicha función; además el operario no cuenta con equipo adecuado de bioseguridad. En cuanto a la operación en el interior del tanque séptico, al levantar la tapa o escotilla se debe esperar aproximadamente 15 min debido al contenido

de gases tóxicos, situación de total desconocimiento del operario encargado. Actualmente la disposición final de los lodos secos no se realiza en rellenos sanitarios o en campos agrícolas; los mismos simplemente son apilados en un lugar cercano a las instalaciones, aun sabiendo que el vehículo recolector de residuos sólidos del municipio presta el servicio de recolección, ante esta situación se reitera el desconocimiento del operario.

En cuanto al filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), en su proceso de limpieza los operarios por desconocimiento y por carencia del manual de operación y mantenimiento, no realizan la operación de acuerdo a las recomendaciones de la normatividad vigente y/o recomendaciones de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (NBR13969) mediante lavado a contracorriente, labor que se puede realizar cada seis (6) meses, que consiste en succionar a contracorriente durante 5 a 10 minutos mediante una bomba sumergible de al menos 40 galones por minuto (GPM) que se introduce en la cámara desnatadora y que produce el arrastre de los sólidos de los intersticios del medio de soporte. El efluente de la bomba se debe introducir en la cámara de inspección de la entrada del tanque anaerobio para evitar su descarga directa al cuerpo receptor. Considerando lo anterior, es importante destacar que el filtro debe limpiarse cuando reduzca su eficiencia, por ello, es fundamental que los tanques de filtros anaerobios sean revisados periódicamente para garantizar que sigan siendo impermeables (Tilley et al. 2018).

Como mecanismo de control de acuerdo a la normatividad vigente (Resolución 0330 de 2017), se deben realizar monitoreos de la calidad del agua antes y después de las unidades unitarias que conforman la PTAR; sin embargo, de acuerdo a la recopilación de información, actualmente este proceso nunca se ha realizado. Para el caso, los parámetros a muestrear serian de acuerdo al proceso establecido. Para PTARs con tratamiento menor a 100 L/s las frecuencias del monitoreo deben presentar una frecuencia semestral o según sea dispuesto por los órganos de vigilancia.

Finalmente se concluye que los efluentes de filtros anaerobios requieren un postratamiento para la remoción de sólidos, materia orgánica remanente, nutrientes y microorganismos patógenos. Los procesos aplicados pueden ser: lagunas de estabilización, humedales artificiales, biofiltros, entre otros, dependiendo del destino del efluente tratado y de la normatividad aplicable, y para el caso de la PTAR vereda Rionegro se observa que el efluente va directo a una fuente superficial siendo ella el río Guengue.

### ***Diagnostico PTAR Vereda Chicharronal***

El acceso a las instalaciones de la PTAR de la vereda Chicharronal se hace por trocha carretable y el acceso a pie se hace por sendero peatonal, esta trocha se encuentra en condiciones regulares de movilidad para las personas y se encuentra a 155 metros lineales de la vía principal o carretera destapada que atraviesa la vereda de occidente a oriente.

En la visita de campo realizada a la vereda de Chicharronal se pudo evidenciar que es un centro poblado con una extensión territorial de 346 Ha. Según estadísticas de la secretaria de planeación del municipio, en este territorio se encuentran ciento treinta y ocho (138) viviendas, presenta una baja zona de comercio, el cual se ubica sobre la periferia del colegio de bachillerato, con 128 alumnos, fuente, colegio Carmencita Cardona, su economía se basa principalmente en el cultivo de frutales, café, plátano, tubérculos, huerta casera y frutos de pan coger.

Adicionalmente en esta primera visita se logró consultar a la directiva de la junta de acción comunal sobre la PTAR, donde manifiestan que están enterados de que está en funcionamiento desde el año 2008 y desde esta fecha su operación y mantenimiento ha estado a cargo de algunos directivos de la junta de acción comunal, pero aclaran que ha habido tiempos sobre todo en la pandemia (COVID 19) en un abandono total en su mantenimiento y operación; así mismo informan que solo este año la nueva junta de acción comunal que se posesionó el 1 de febrero de 2022,

decidió volver a las actividades de operación. Esta PTAR cuenta actualmente con dos (2) operarios, los cuales brindaron informaciones importantes referentes al lugar y al estado de la infraestructura. A partir de las imágenes obtenidas se pudo evidenciar el estado actual de la PTAR (Figura 11).

### **Figura 11**

*Vista general PTAR vereda Chicharronal, municipio de Corinto-Cauca*



Fuente: Elaboración propia (2022).

#### *Tratamiento Preliminar PTAR Vereda Chicharronal*

Al ingresar a la PTAR, se observa que el afluente es conducido mediante sistema de recámara circular con tubo en PVC Ø de 6" pulgadas hasta la primera unidad hidráulica, esta consiste en una cámara rectangular en buen estado de dimensiones: 0.80 m de ancho, 1.30 m de largo y 0.70 m de profundidad, con un área de 1,04 m<sup>2</sup>, como se observa en la Figura 12.

## Figura 12

*Cámara de afluente con canaleta y rebose de la PTAR vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

Posterior a la cámara del afluente de la PTAR, se encuentra el tratamiento preliminar, identificado como la unidad de cribado (Figura 13). Este es un compartimiento construido en ferro concreto en buen estado, se identifican dos válvulas, una da acceso al sistema de tratamiento y la segunda con una conducción en tubería sanitaria  $\varnothing$  de 4 pulgadas es utilizada como *by pass* para desviar el agua residual del proceso de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación.

## Figura 13

*Tratamiento preliminar PTAR vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Tratamiento Primario PTAR Vereda Chicharronal*

#### *Tanque séptico*

Se observa que el agua residual llega por gravedad a un tanque séptico, mediante una tubería de 4 pulgadas, este es una estructura enterrada construida en concreto reforzado y se conserva en buen estado. El tanque es provisto de seis tapas o escotillas en lámina corrugada, como se observa en la Figura 14. Al levantar las tapas del tanque séptico para la inspección de la unidad hidráulica, se observa el buen estado de las escotillas. El tanque séptico cuenta con las siguientes medidas, largo 7.70 m ancho 5.40 m, profundidad 2.24 m y un área de 41.50 m<sup>2</sup> con un volumen de 93.1 m<sup>3</sup> a partir de las medidas del tanque séptico tomadas in situ (largo y ancho) se establece que la relación larga: ancho adoptada para el diseño del tanque fue 2:1.

#### **Figura 14**

#### *Tratamiento primario - Tanque séptico PTAR vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Tratamiento Secundario PTAR Vereda Chicharronal*

#### *Filtro anaeróbico de flujo ascendente*

El tratamiento secundario está conformado por una estructura, semienterrada de acuerdo a lo observado en campo, en concreto reforzado en esta estructura se encuentra el filtro anaeróbico de

flujo ascendente (FAFA). Tal como se observa en la Figura 15. Esta estructura presenta un largo de 5.37 m por ancho 4.40 m y una altura de 2.24 m, con un área de 23.6 m<sup>2</sup> y un volumen de 52.9 m<sup>3</sup>. Dentro del tanque anaerobio se observa un lecho filtrante, compuesto por un medio de soporte fijo inerte (rosetas plásticas “*Biopack*”). Se observó que las rosetas están flotando a la altura del nivel de agua residual; lo cual puede ser un indicativo del buen funcionamiento de la unidad hidráulica (filtro anaeróbico). Se observó que las escotillas en lámina metálica presentan oxidación en la parte interna. De igual forma se observa que la unidad hidráulica del filtro anaeróbico, posee dos salidas de agua en tubería de 4 pulgadas. Las anteriores, desembocan a una caja de inspección, enterrada en concreto de 0.90 m largo, 0.90 m de ancho por 0.80 m de profundidad, como se observa en la Figura 15 (derecha).

### Figura 15

*Tratamiento secundario – Filtro anaerobio de flujo ascendente PTAR vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

El agua filtrada, se recoge uniformemente mediante los dos tubos que se unen y descargan el efluente a un caño que luego se conecta con la fuente de agua más cercana, en este caso la quebrada Chicharronal. La salida del agua filtrada por cada medio poroso es conducida directamente a la caja

de inspección, como se observa en la Figura 16, uniendo el caudal de salida del sistema FAFA, para su posterior vertimiento (efluente).

### **Figura 16**

*Tratamiento secundario – Caja de inspección de agua tratada PTAR vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Lecho de secado de lodos PTAR Vereda Chicharronal*

El lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Chicharronal, se encuentra contiguo a la estructura del tanque anaeróbico, como se observa en la Figura 17. Esta estructura rectangular, esta provista de un techo en láminas Ajoover, con las siguientes medidas largo 5.10 m, ancho 2.60 m y altura 0.70 m. A partir de la visita y la recolección de información se establece, por comentario de los operarios, que desconocen información técnica relacionada al manejo de los lodos. Igualmente se observa, que el lecho de secado está cubierto de malezas y con residuos cercanos al bosque.

## Figura 17

### *Lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Otros hallazgos relevantes de la PTAR Vereda Chicharronal*

Se establece que los operadores de la PTAR desconocen los riesgos a que se ven enfrentados en el manejo de la misma. Una vez indagados, los operarios responden no conocer la normatividad vigente para operación y mantenimiento de una PTAR rural convencional; se establece que saben perfectamente que están trabajando en una planta de tratamiento de aguas residuales y que esta es un foco infeccioso, pero es evidente que con el paso del tiempo han perdido muchos miedos y olvidan el carácter riesgoso de su función, especialmente si no se toman las precauciones básicas.

Precisamente cuando se alcanza este punto, la probabilidad de que surjan accidentes aumenta en gran medida. En este sentido, no se aprecia en ningún lugar visible instrucciones higiénicas que sirvan de recordatorio de que existe un riesgo real para los operarios y las visitas a la planta de las personas ajenas a la PTAR.

Es posible evidenciar que en la PTAR de la vereda Chicharronal, no hay herramientas para las labores regulares de trabajo en las instalaciones, como es el caso de cedazo para recolección de natas, caneca de plástico o metálica para depositar natas, palas, carreta manual, manguera con boquilla de salida a presión para limpieza de las instalaciones, recipientes para almacenamiento de sólidos, canecas plásticas o canecas metálicas, rastrillo manual, guantes, tapabocas. Las instalaciones tampoco cuentan con elementos de primeros auxilios como un botiquín; además no fue evidenciado la dotación de elementos de protección personal para los operadores, para el caso, entiéndase: guantes, botas de goma, casco de trabajo y overol. Los operarios no cuentan con capacitación en primeros auxilios ni con esquema de vacunación completo para tétano y fiebre tifoidea, así como otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias del municipio. La PTAR no tiene cerramiento perimetral de ninguna clase, no hay letreros y/o avisos que indiquen cuidado o presencia de riesgos al ingresar a la planta. A lo anterior se suma que, el acceso a la planta es abierto por cualquier punto cardinal, incrementando el riesgo para las personas. Las instalaciones de la PTAR no presentan servicio de agua potable, ni energía eléctrica.

En relación a la frecuencia de mantenimiento, actualmente la junta de acción comunal de la vereda Chicharronal y por ende el comité de agua y saneamiento básico, no disponen de un manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR, siendo una herramienta necesaria para operar adecuadamente la planta de tratamiento de aguas residuales y de esta manera garantizar efluentes tratados dentro de los límites permisibles exigidos por la normativa ambiental vigente; además de asegurar la vida útil de la infraestructura de la planta. De acuerdo a la información suministrada por la junta de acción comunal de la vereda Chicharronal, actualmente hay 22 viviendas conectadas al sistema de alcantarillado y 10 viviendas que están en planeamiento de conexión, de acuerdo al censo realizado por la junta de acción comunal, para un promedio de habitantes usuarios de 160 personas (Junta de acción comunal vereda Chicharronal, 2022).

Se observa que el lecho de secado, es solamente para separar el líquido residual de los lodos generados en la PTAR, pero no se realiza ningún tratamiento a los lodos. Se indagó a los directivos de la junta de acción comunal si tenían permiso de vertimientos y de ocupación de cauce ante la autoridad ambiental competente que en este caso es la corporación autónoma regional del Cauca (CRC), los cuales respondieron que no tenían este permiso y además no sabían que había que solicitarlo.

Finalmente, otro hallazgo de consideración es el desconocimiento de los operarios sobre Salud Ocupacional y Seguridad Industrial, para la prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de conformidad con la normatividad vigente; para el caso la Ley 9 de 1979 - normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en su ocupaciones; Resolución No. 2400 de mayo 22 de 1979 - normas de vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo; Decreto No. 614 de 1984.

#### ***Lista de chequeo aplicada a la PTAR Vereda Chicharronal***

A partir de la lista de chequeo para la PTAR Vereda Chicharronal (Tabla 4), se observa claramente la falta de operación y mantenimiento en la PTAR, situación que puede influir negativamente en las eficiencias de remoción de contaminantes por parte del sistema. Para garantizar el desempeño adecuado de la PTAR, las actividades de operación deben desempeñarse de forma idónea para lograr un buen proceso de descontaminación, por lo tanto, para evaluar si se cumplen las faenas mínimas de operación de la PTAR, se realizó una lista de chequeo, la cual fue elaborada teniendo en cuenta la normatividad colombiana e internacional como la resolución 0330 de 2017, RAS 2000 título E y la asociación brasileña de normas técnicas en la Tabla 5 se aprecia actividades chequeo de operación para la PTAR de la vereda Chicharronal.

**Tabla 5**

*Lista de chequeo operación, mantenimiento de las unidades de la PTAR vereda Chicharronal*

<b>Unidad</b>	<b>Actividades mínimas de operación y mantenimiento</b>	<b>Fuente</b>	<b>Observaciones asociadas a O &amp; M</b>
<b>Sistema de tratamiento</b>	Al iniciar actividades en una PTAR debe contar con manual de operación y mantenimiento	Resolución 0330 de 2017	La JAC no cuenta con manuales de O & M de la PTAR
	Los lodos y espumas acumuladas deben ser removidas en intervalos definidos		No se realiza por que la junta de acción comunal (JAC) desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
	Realizar remoción periódica de lodos por operario capacitado, con equipo adecuado de bioseguridad		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y ningún ente oficial, hizo entrega oficial de la PTAR
<b>Tanque séptico</b>	Antes de cualquier operación en el interior de la unidad hidráulica, la tapa o escotilla debe levantarse y esperar más o menos (15 min) por contenido de gases tóxicos	RAS 2000 Titulo E	No se realiza por que la junta de acción comunal y operadoras desconocen la norma y ningún ente oficial, hizo entrega de la PTAR
	Los lodos secos se disponen en rellenos sanitarios o en campos agrícolas cuando estos no estén dedicados a la siembra de hortalizas, legumbres, tubérculos		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y ningún ente oficial le hizo entrega de la PTAR
	Para limpieza del filtro anaeróbico, se debe utilizar una bomba sumergible de presión, introduciendo la manguera de succión a través del tubo guía		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y ningún ente oficial hizo entrega de la PTAR
<b>FAFA</b>	El filtro no debe lavarse por completo ya que retrasa el inicio de la operación después de la limpieza	Asociación brasilera de normas técnicas (NBR13969)	No se realiza por que la junta de acción comunal no posee manual de operación de la PTAR y desconoce la normatividad ambiental vigente
	Si el sistema tiene lecho de secado, la descarga resultante de la limpieza del filtro		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y

<b>PTAR</b>	anaeróbico debe descargarse en él Como mecanismo de control se debe realizar monitoreos de la calidad del agua antes y después de las unidades unitarias que conforman la PTAR, los parámetros a muestrear serán de acuerdo al proceso, para PTARs con tratamiento menor a 100 L/s las frecuencias del monitoreo serán de frecuencia semestral o según sea dispuesto por los órganos de vigilancia	Resolución 0330 de 2017	ningún ente oficial, hizo entrega de la PTAR  No se realiza por que la junta de acción comunal no posee manual de operación de la PTAR y desconoce la normatividad ambiental vigente
-------------	---	-------------------------	--

Fuente: Elaboración propia (2022).

La PTAR vereda Chicharronal, es una planta que, de acuerdo a lo observado en su funcionamiento, presenta regulares condiciones de operación y mantenimiento, y esta situación se presenta ya que los operarios encargados no tienen la idoneidad y formación requerida, pero comentan que están dispuestos a capacitarse en mantenimiento y operación de la PTAR, con un facilitador ya sea de la administración municipal u otra institución. A pesar de no contar con un manual para operación, de acuerdo a la lista de chequeo levantada en la PTAR se observa que las estructuras de la planta de agua residual se encuentran en buen estado estructural.

Se establece que en el lugar hay un agravante de alta consideración, el cual es el efluente del tratamiento secundario filtro anaeróbico de flujo ascendente, el cual es vertido a la quebrada Chicharronal, siendo que esta fuente superficial abastece la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la zona urbana del municipio de Corinto. De acuerdo a la Resolución 0631 de 2015 reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país, esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país. Lo anterior hace necesario la intervención en un corto plazo de la autoridad ambiental, para este caso la corporación autónoma

regional del Cauca (CRC) la administración municipal, la empresa de acueducto y alcantarillado (EMCORINTO) y la participación de los directivos de la junta de acción comunal. No hay forma de conocer la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento de agua residual de la vereda Chicharronal, por carecer de los datos fisicoquímicos y microbiológicos de entrada, tampoco se puede afirmar que el efluente de salida cumple con los parámetros establecidos en la resolución 631 de 2015; sin embargo, esta información se puede conocer, realizando los respectivos análisis de laboratorio del agua de salida, y para el caso tan relevante por la disposición final del efluente a un cuerpo de agua superficial, también se hace necesario la intervención de los entes estatales antes mencionados para establecer que la PTAR cumple con la normatividad vigente.

#### ***Diagnostico PTAR Vereda Media n Naranja***

En la visita realizada a la vereda Media Naranja se establece que es un centro poblado con una extensión territorial de 155 Ha. Según estadística de secretaria de planeación municipal, en esta vereda se encuentran ochenta (80) viviendas, con una población de trescientos treinta y tres (333) habitantes. El lugar presenta una baja zona de comercio el cual se ubica sobre la carretera principal del centro poblado, su mayor centro cultural es el salón comunal, iglesia católica, escuela de primaria (48 estudiantes en primaria); su economía se basa principalmente en el cultivo de frutales, café, plátano, papa, huertas caseras y frutos de pan coger. El acceso a las instalaciones de la PTAR de la vereda Media Naranja se hace por la vía principal, el acceso a pie se hace por sendero peatonal, este sendero se encuentra en condiciones regulares de movilidad para las personas y se encuentra a 10 metros lineales de la vía principal o carretera destapada que atraviesa la vereda de occidente a oriente.

Durante las visitas se logró consultar a la directiva de la junta de acción comunal sobre la PTAR (Figura 18), se establece que el funcionamiento de esta parte desde el año 2015 y desde esta

fecha su operación y mantenimiento ha estado a cargo de la junta de acción comunal de la vereda de Media Naranja.

### **Figura 18**

*Vista general PTAR vereda Media Naranja, municipio de Corinto-Cauca*



Fuente: Elaboración propia (2022).

#### *Tratamiento Preliminar PTAR Vereda Media Naranja*

Antes de ingresar a la PTAR, se observa que el afluente es conducido mediante un tubo en PVC de 6 pulgadas hasta la primera unidad hidráulica, que consiste en una cámara de 0.48 m de ancho por 0.50 m de largo y 0.50 m de profundidad, con un área de  $0,24 \text{ m}^2$ , un volumen de  $0.12 \text{ m}^3$ , como se observa en la Figura 19. Esta unidad se encuentra en buen estado, pero se observan sólidos de gran tamaño en el interior de la caja.

**Figura 19**

*Unidad hidráulica afluente PTAR vereda Media Naranja.*



Fuente: Elaboración propia (2022).

Posterior a la primera unidad hidráulica de ingreso del afluente de la PTAR, se encuentra la unidad de cribado como se observa en la Figura 20. Las medidas de esta unidad son: 2,10 m de largo, 0,60 m de ancho y 0,55 m profundidad. Se evidencia que se encuentra en buen estado de operación y mantenimiento, la unidad está construida en ferro concreto. Se observa que posee una reja de cribado en varillas de 3/8" en hierro corrugado, espaciados en 2,5 cm. Se demuestra que el operario realiza permanentemente su mantenimiento, manteniendo la unidad libre de residuos. De la unidad de cribado, el caudal de agua residual es conducido a la unidad hidráulica del tratamiento primario mediante tubos en PVC de 4 pulgadas.

**Figura 20***Unidad de cribado PTAR vereda Media Naranja*

Fuente: Elaboración propia (2022).

*Tratamiento Primario PTAR Vereda Media Naranja**Tanque séptico*

Una vez el agua residual ha hecho su tránsito por las anteriores unidades hidráulicas se observa que el tratamiento primario de la PTAR de la vereda Media Naranja está compuesta por un tanque séptico como se observa en la Figura 21. El tanque séptico cuenta con las siguientes medidas: largo 8.10 m, ancho 7.50 m y profundidad 1.84 m, para un área de 60.7 m<sup>2</sup> y un volumen de 111.7 m<sup>3</sup>. Al levantar las tapas de las cámaras del tanque séptico, se observa que están en buen estado de funcionamiento.

## Figura 21

### *Tratamiento primario - Tanque séptico PTAR vereda Media Naranja*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Tratamiento Secundario PTAR Vereda Media Naranja*

#### *Filtro anaeróbico de flujo ascendente*

El tratamiento secundario está conformado por un filtro anaeróbico de flujo ascendente tal como se observa en la Figura 22. Este filtro presenta un largo de 7.0 m, por ancho 3.40 m y una altura de 2.0 m, con un área de 23.8 m<sup>2</sup> y un volumen de 47.6 m<sup>3</sup>. Dentro del tanque anaerobio se observa un lecho filtrante, compuesto por soportes fijos rosetones en PVC. Se observó que sobre algunos rosetones hay residuos sólidos, como resultado de no haber un cerramiento perimetral. El operario indica que los niños que viven cerca de la PTAR, levantan las tapas del tanque anaerobio y arrojan diversos tipos de residuos sólidos.

## Figura 22

*Tratamiento secundario – Filtro anaerobio de flujo ascendente PTAR vereda Media Naranja*



Fuente: Elaboración propia (2022).

De igual forma se observa que la unidad hidráulica del filtro anaeróbico tiene dos 2 salidas de agua en tubería de 4 pulgadas como se observa en la Figura 23. Estas salidas, desembocan a una caja de inspección, enterrada en concreto de 0.80 m largo, 0.740 m de ancho por 0.61 m de profundidad. Ambos tubos estan provistos de una válvula que tiene acceso al lecho de secado y otra válvula tiene acceso al caudal que conduce el agua tratada a humedales subsuperficiales.

## Figura 23

*Caja de válvulas con acceso a lecho secado y humedales*



Fuente: Elaboración propia (2022)

### *Lecho de secado de lodos PTAR Vereda Media Naranja*

El lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Media Naranja, se encuentra contiguo a la unidad hidráulica del tanque anaeróbico, se observa que es una estructura rectangular, con las siguientes medidas: largo 5.20 m, ancho 2.58 m y altura 0.76 m. A partir de la visita y la recolección de información se establece que el operario desconoce información técnica relacionada al manejo de los lodos; lo anterior es evidente pues se observa que los lodos han sido depositados en una esquina del lecho de secado, como se observa en la Figura 24.

#### **Figura 24**

*Lecho de secado de lodos de la PTAR vereda Media Naranja*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Humedales de flujo subsuperficial horizontal*

Se observa que después de las instalaciones de la PTAR de la vereda de Media Naranja, a ochenta (80) m lineales, hay construidos tres humedales subsuperficiales, horizontales en escala descendente de 12 m<sup>2</sup> cada uno, para el tratamiento secundario del efluente del tanque séptico y el filtro anaerobio, como tratamiento complementario para el tratamiento de aguas residuales

domésticas. Se evidencia por observación, que en estos humedales el agua fluye horizontalmente en forma permanente a través de un medio poroso y una vegetación emergente, macrófitas (papiro y heliconias); hay construidas tres estructuras de entrada y descarga para asegurar la distribución adecuada y la recolección uniforme del agua residual. Se observa que el operario encargado, retira hojas amarillas o enfermas y mantiene limpio el cultivo (Figura 25).

### Figura 25

*Humedales de flujo subsuperficial horizontal PTAR vereda Media Naranja*



Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Otros hallazgos relevantes de la PTAR Vereda Media Naranja*

En relación a la PTAR de la vereda Media Naranja, esta tiene una particularidad comparada con las plantas de Rionegro y Chicharronal, pues la misma posee tres humedales subsuperficiales y un cuarto humedal en construcción. Al hacer el recorrido se observa que el efluente final, después de los tres humedales, es utilizado para el riego de cultivos (cultivo de coca). Manifiestan los directivos de la junta de acción comunal que los sistemas de humedales son técnica y económicamente factibles para tratar varios tipos de aguas; además indican que estos han traído beneficio al entorno de la PTAR, destacando que su costo de construcción y mantenimiento es

menor al de otras opciones de tratamiento a la hora de facilitar la reutilización del agua y la no generación de olores ofensivos.

Se observa que la PTAR no tiene cierre perimetral y alrededor hay viviendas a menos de diez metros lineales, además a escasos cinco metros se encuentra el salón comunal que puede albergar alrededor de 200 personas, situación que puede ofrecer, riesgos y amenazas para las personas, tampoco se observan avisos que identifiquen la PTAR o información de prevención

#### ***Lista de chequeo aplicada a la PTAR Vereda Media Naranja***

A partir de la lista de chequeo para la PTAR Vereda Media Naranja (Tabla 5), se observa claramente la falta de operación y mantenimiento en la PTAR, situación que puede influir negativamente en las eficiencias de remoción de contaminantes por parte del sistema. Para garantizar el desempeño adecuado de la PTAR, las actividades de operación deben desempeñarse de forma idónea para lograr un buen proceso de descontaminación, por lo tanto, para evaluar si se cumplen las labores mínimas de operación de la PTAR, se realizó una lista de chequeo, la cual fue elaborada teniendo en cuenta la normatividad colombiana e internacional como la resolución 0330 de 2017, RAS 2000 título E y la asociación brasileña de normas técnicas en la Tabla 6 se aprecia actividades chequeo de operación para la PTAR de la vereda Media Naranja.

**Tabla 6**

*Lista de chequeo operación, mantenimiento de las unidades de la PTAR vereda Media Naranja*

<b>Unidad</b>	<b>Actividades mínimas de operación y mantenimiento</b>	<b>Fuente</b>	<b>Observaciones asociadas a O &amp; M</b>
<b>Sistema de tratamiento</b>	Al iniciar actividades en una PTAR debe contar con manual de operación y mantenimiento	Resolución 0330 de 2017	La JAC no cuenta con manuales de O & M de la PTAR
	Los lodos y espumas acumuladas deben ser removidas en intervalos definidos		No se realiza por que la junta de acción comunal (JAC) desconoce la norma y nadie le hizo entrega oficial de la PTAR
	Realizar remoción periódica de lodos por operario capacitado, con equipo adecuado de bioseguridad		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y ningún ente oficial, hizo entrega oficial de la PTAR
<b>Tanque séptico</b>	Antes de cualquier operación en el interior de la unidad hidráulica, la tapa o escotilla debe levantarse y esperar más o menos (15 min) por contenido de gases tóxicos	RAS 2000 Titulo E	No se realiza por que la junta de acción comunal y operadoras desconocen la norma y ningún ente oficial, hizo entrega de la PTAR
	Los lodos secos se disponen en rellenos sanitarios o en campos agrícolas cuando estos no estén dedicados a la siembra de hortalizas, legumbres, tubérculos		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y ningún ente oficial le hizo entrega de la PTAR
	Para limpieza del filtro anaeróbico, se debe utilizar una bomba sumergible de presión, introduciendo la manguera de succión a través del tubo guía		No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y ningún ente oficial hizo entrega de la PTAR
<b>FAFA</b>	El filtro no debe lavarse por completo ya que retrasa el inicio de la operación después de la limpieza	Asociación brasilera de normas técnicas (NBR13969)	No se realiza por que la junta de acción comunal no posee manual de operación de la PTAR y desconoce la normatividad ambiental vigente
	Si el sistema tiene lecho de secado, la descarga resultante de la limpieza del filtro	Asociación brasilera de normas técnicas (NBR13969)	No se realiza por que la junta de acción comunal desconoce la norma y

	anaeróbico debe descargarse en él		ningún ente oficial, hizo entrega de la PTAR
<b>PTAR</b>	Como mecanismo de control se debe realizar monitoreos de la calidad del agua antes y después de las unidades unitarias que conforman la PTAR, los parámetros a muestrear serán de acuerdo al proceso, para PTARs con tratamiento menor a 100 L/s las frecuencias del monitoreo serán de frecuencia semestral o según sea dispuesto por los órganos de vigilancia	Resolución 0330 de 2017	No se realiza por que la junta de acción comunal no posee manual de operación de la PTAR y desconoce la normatividad ambiental vigente

Fuente: Elaboración propia (2022).

De acuerdo a la lista de chequeo levantada en la PTAR vereda Media Naranja se observa que, las estructuras de la planta de agua residual se encuentran en buen estado estructural. Se evidencia que al igual que las dos anteriores PTARs, un común denominador es la carencia de un manual de operación y mantenimiento, desde que inicio operación la PTAR Media Naranja no cuenta con manual, pero a pesar de esta carencia, el actual operario ha sido muy acucioso en indagar y autodidacta para conocer detalles de cómo hacer mantenimientos ante todo preventivos. Vale mencionar que por no contar con los recursos económicos dentro de la junta de acción comunal no se han adquirido las herramientas y elementos de bioseguridad para operar la PTAR.

Los lodos y espumas acumulados, no se remueven en el tanque séptico y se desconoce por parte del operario los intervalos definidos para hacerlo mediante manual o bitácora. Antes de cualquier operación en el interior de la unidad hidráulica, la tapa o escotilla se levanta y el operario no espera el tiempo prudencial para la salida de gases tóxicos. Las actividades asociadas al manejo y operación del tanque séptico, son desarrolladas por el operario por iniciativa propia y relata que, los conocimientos de cómo hacerlo los ha obtenido mediante la red de internet, ya que no ha tenido la oportunidad de capacitarse en temas relacionados con operación y mantenimiento de una PTAR.

En cuanto al filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), para la limpieza del filtro no se realiza y además los operarios, no cuentan con ninguna clase de herramienta o equipo mecánico para esta labor, igualmente desconocen los operarios el procedimiento base de la limpieza por retrolavado, es decir poniendo en reversa el sistema o al remover y limpiar el material del filtro, ya que, con el tiempo si los sólidos obstruyen los intercisos del filtro, la masa bacteriana crecerá y se espesará demasiado.

El análisis en la PTAR de la vereda de Media Naranja, permite significar que los directivos de la junta de acción comunal, por iniciativa propia hacen uso agrícola eficiente del agua y permite fomentar un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, bajo el modelo de la economía circular, que promueve el reciclaje, la reducción y la reutilización; en este ejemplo en la ruralidad (reuso de agua) solo falta contar con el apoyo estatal con la corporación autónoma regional del Cauca (CRC) para determinar si el agua residual de la PTAR cumple con lo establecido en la resolución 0631 de 2015 y la resolución 1256 de 2021 del ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, que además contempla que el agua residual tratada, podrá emplearse para el riego de cultivos, zonas verdes y mantenimiento de parques, siempre y cuando se podrá tener como fuente de abastecimiento alterna, igual en este análisis se cita el. Parágrafo 1. De la resolución 1256 de 2021, “La exclusión de uno o más parámetros deberá solicitarse ante la Autoridad Ambiental y estar sustentada con el empleo de balances de materia y la caracterización de las Aguas Residuales la cual debe ser efectuada por el Usuario Receptor”

### ***Propuesta de opciones de mejora para las PTARs estudiadas***

A continuación, se establecen las opciones de mejora propuestas para cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales estudiadas, siendo que dichas propuestas surgen a partir del análisis del diagnóstico operativo y de infraestructura de cada sistema de tratamiento. El modelo

base se propone ya que la investigación de campo indica que los funcionamientos de la tres PTARs no son los adecuados desde mantenimiento y operación, y además no cumple con la resolución 0631 de 2015.

#### *Opciones de mejora PTAR vereda Rionegro*

Las opciones de mejora para la PTAR vereda Rionegro pueden ser observadas en detalle en la Tabla 7. Se logró evidenciar con las visitas de campo y el proceso investigativo que la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda de Rionegro, durante los fines de semana se suspende el ingreso del caudal a las unidades hidráulicas encargadas de hacer los tratamientos de descontaminación, el caudal de agua residual es conducido mediante el *bypass* hasta la fuente superficial (rio Guengue), afectando seriamente la calidad del agua que abastece a acueductos veredales de Pueblo Nuevo y el Guanábano, por lo cual la primera medida para mejorar los procesos de tratamiento, es ampliar los tiempos de funcionamiento de la PTAR. Esto cobra aún más importancia al considerar que los fines de semana se realizan la mayor cantidad de actividades en la planta de beneficio animal (degüello, desposte y lavado de instalaciones); y, por tanto, las aguas residuales que no están siendo tratadas, llegan con una alta carga de contaminantes.

Es fundamental el mantenimiento de todas las estructuras hidráulicas, como limpieza de las mismas, de igual manera un análisis al agua residual, tanto al ingresar a la planta como de salida, de esta manera se garantiza el control del funcionamiento de la planta. Así mismo, es importante adelantar procesos para garantizar una disposición final adecuada de los lodos generados por el lecho de lodos, y verificar que el lecho filtrante este en buenas condiciones de tal manera que cumpla con su objetivo.

Se recomienda generar censos óptimos donde se vea reflejado solo la población actual de los usuarios del sistema de alcantarillado y la PTAR, ya que esta información son la base principal para

determinar acciones para el futuro, también es de suma importancia crear conciencia con la población usuaria, para el buen uso del sistema desde la generación en la fuente de las aguas residuales.

A partir de la visita de campo, se pudo observar que debido a la falta de mantenimiento de la planta esta funciona en regulares condiciones y que debido a lo anterior no cumple en su totalidad con su objetivo principal, se sabe que un buen mantenimiento de cualquier estructura genera un mejor desempeño. La PTAR no cuenta con un operario capacitado en la operación y mantenimiento lo cual ha generado que, las problemáticas existentes no sean resueltas. Para el caso, es fundamental capacitar a los operarios en acciones relacionadas a realizar un relleno de gravilla para limitar el crecimiento de hierba y proteger la estructura el mayor tiempo posible. Así mismo, el operario encargado del manejo de la planta no cuenta con las mínimas condiciones para cumplir con las funciones asignadas, en la planta no hay un punto de agua potable lo cual es necesario para desarrollar el lavado de diferentes elementos necesarios para el mantenimiento y operación de la planta y para el aseo básico del operario, es importante en el corto plazo, posible realizar las conexiones necesarias para garantizar este servicio en la planta.

### **Tabla 7**

*Modelo base opciones de mejoras - PTAR Vereda Rionegro*

<b>Proceso</b>	<b>Actividades de operación, mantenimiento y control recomendadas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Fuente</b>
	<b>Cámara de inspección</b>		
<b>Inspección, sólidos, arenas y lodos</b>	Debido a la cantidad de sólidos, arenas y lodos que quedan atrapados en las cámaras de inspección, esta estructura debe ser inspeccionada para garantizar el correcto funcionamiento y remover estos sólidos con ayuda de palas y así disminuir riesgos de obstrucción en las tuberías, estos sólidos deben transportados al lecho de secado, una vez secos se deben disponer al	Tres (3) veces semanal o de acuerdo a manual de O & M.	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo

sistema de recolección de residuos sólidos municipales			
<b>Unidad de Cribado</b>			
<b>Inspección sólidos</b>	Diariamente son retenidos los sólidos gruesos, debido a la cantidad, esta unidad debe ser inspeccionada diariamente y remover los residuos con ayuda de un rastrillo metálico con cabo, pala, balde y carreta manual, como esta unidad no posee bandeja de secado, los sólidos deben ser transportados hasta el lecho de secado, una vez secos disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales	Se debe realizar diariamente, cada cuatro (4) horas	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Tanque séptico</b>			
<b>Ventilación de tanque séptico</b>	Antes de cualquier operación en el interior del tanque, las escotillas de acceso, deben mantenerse abiertas durante un tiempo prudencial para la remoción de gases tóxicos o explosivos	Quince (15) minutos	Manual de buenas prácticas de ingeniería RAS Titulo E (2000)
<b>Tanque séptico</b>			
<b>Reparación y mantenimientos de escotillas y bisagras del tanque séptico</b>	Por seguridad del operario y de las actividades de funcionamiento del tanque séptico, se debe hacer mantenimiento a las escotillas (pintura anticorrosiva) cambio de bisagras dañadas o en mal estado	Revisión de las escotillas cada seis (6) meses	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Tanque séptico</b>			
<b>Extracción de natas, espumas y grasas</b>	Se debe extraer los sólidos flotantes, como ramas, palos, telas, plásticos, grasas, aceites, natas, espumas y material flotante de manera manual con el uso de herramientas, como palas, cedazos, redes, una vez extraídos estos elementos deben ser transportados al lecho de secado, después de secos se deben disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales	Se debe realizar diariamente	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Tanque séptico</b>			
<b>Extracción de lodos mediante camión cisterna y/o equipo VACTOR</b>	Se debe realizar extracción de lodos acumulados en el tanque séptico, para garantizar el óptimo funcionamiento, la extracción debe hacerse periódicamente, con disponibilidad de vehículo con equipo de servicio y succión, el cual certifique la adecuada disposición de lodos de	Cada un (1) año	Calculado de acuerdo a (Romero 2001)

	acuerdo a norma ambiental vigente, se debe dejar el 10% de lodos a modo de inoculo		
<b>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</b>			
<b>Extracción de biopelículas mediante camión cisterna y/o equipo VACTOR</b>	Se debe extraer las biopelículas formadas por el crecimiento de los microorganismos, lo cual puede ocasionar obstrucción en el filtro, esta actividad se debe realizar al mismo tiempo que se realiza el mantenimiento del tanque séptico, se debe lavar el lecho filtrante mediante agua a presión, a la vez que se extrae por succión el agua de lavado, este proceso es conocido como retro lavado, no se debe lavar el medio filtrante en su totalidad, se deja una porción de biopelícula a modo de inoculo	Cada un (1) año	Asociación Brasileira de normas técnicas NBR13969
<b>Zonas verdes y arbórea</b>			
<b>Limpieza zonas verdes y arbórea</b>	Debido a que la PTAR se encuentra rodeada de cultivo de guadua y zonas verdes, se propone talar parte del follaje que este alrededor de la unidad del lecho de secado con el propósito que la luz solar directa, ayude al secado de lodos y de las zonas verdes limpieza con herramientas, como machete o guadaña para mantener limpia el área y prevenir la presencia de animales (serpientes entre otros) que puedan causar afectaciones al proceso o a los operarios.	La frecuencia de acuerdo al estado del clima ya que en invierno crecen más rápido las malezas	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Monitoreo de la PTAR</b>			
<b>Monitoreo y control de la planta de tratamiento</b>	Se debe realizar monitoreo de la calidad del agua antes y después del proceso de tratamiento, en el afluente de la PTAR (cámara de inspección) y efluente (tubería de vertimiento al río Guengue). Dicho monitoreo consiste en la toma de muestras donde se determine como mínimo, temperatura, PH, conductividad, alcalinidad, solidos totales, solidos disueltos totales, solidos sedimentables, demanda química de oxígeno, (DQO) demanda bioquímica de oxígeno (DBO) la toma de muestras y análisis debe ser llevado a cabo por laboratorio acreditado por el IDEAM	Cada seis (6) meses	Resolución 0330 de 2017

Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Opciones de mejora PTAR vereda Chicharronal*

Las opciones de mejora para la PTAR de la vereda Chicharronal pueden ser observadas en detalle en la Tabla 8. Con base en el análisis realizado en las visitas de campo, los lineamientos generales establecidos en reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico (resolución 0330 de 2017 y manuales de buenas prácticas de ingeniería), el plan de saneamiento y manejo de vertimientos para Colombia y el decreto único sectorial 1076 de 2015, se presentan las siguientes opciones de mejora para el sistema de tratamiento de agua residual ubicado en la vereda Chicharronal.

Se logró evidenciar con las visitas de campo y el proceso investigativo, que para la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda Chicharronal, el caudal de agua residual es conducido mediante tubería de 6 pulgadas, hasta la fuente superficial (quebrada Chicharronal), con posibilidad de afectación de la calidad del agua que abastece el acueducto urbano (PTAP) del municipio de Corinto, por el cual la primera medida recomendada sería un correcto mantenimiento y operación de la planta de tratamiento, realizando chequeos diarios y semanales, registrando y monitoreando el caudal de entrada y las variables fisicoquímicas, y el agua tratada que se vierte al cauce natural cumpliendo con la resolución 0631 de 2015. En este sentido, se recomienda realizar por parte de los entes municipales, la gestión para el otorgamiento del permiso de vertimientos y de ocupación de cauce ante la autoridad ambiental competente que, en este caso, la corporación autónoma regional del Cauca (CRC).

Es fundamental el mantenimiento de todas las estructuras hidráulicas, como limpieza de las mismas, de esta manera se garantiza el control del funcionamiento de la planta. Así mismo, es importante adelantar procesos para garantizar una disposición final adecuada de los lodos generados

en el lecho de secado, y verificar que el lecho filtrante este en buenas condiciones de funcionamiento de tal manera que cumpla con su objetivo. Así mismo, se recomienda generar censos óptimos donde se vea reflejado solo la población actual de los usuarios del sistema de alcantarillado y la PTAR, ya que esta información es la base principal para determinar acciones para el futuro, también es de suma importancia crear conciencia ante la población usuaria, para el buen uso del sistema desde la generación en la fuente de las aguas residuales.

A partir de la visita de campo, se pudo observar que, debido a la falta de mantenimiento de la planta, esta funciona en regulares condiciones y que debido a lo anterior no cumple en su totalidad con su objetivo principal, se sabe que un buen mantenimiento de cualquier estructura genera un mejor desempeño. La PTAR no cuenta con un operario capacitado en la operación y mantenimiento, lo cual ha generado que, las problemáticas existentes no sean resueltas. Para el caso, es fundamental capacitar a los operarios y elaborar el manual de operación y mantenimiento que será una herramienta de trabajo para que ellos desarrollen, en condiciones apropiadas, las operaciones y mantenimiento de tal manera que se logre un efluente de buena calidad que cumpla con la normatividad vigente. En este orden de ideas, los operarios encargados del manejo de la planta no cuentan con las mínimas condiciones de bioseguridad para cumplir con las funciones asignadas, en la planta no hay un punto de agua potable, lo cual es necesario para desarrollar el lavado de diferentes elementos necesarios para el mantenimiento y operación de la planta y para el aseo básico del operario, es importante realizar las conexiones necesarias para garantizar este servicio en la planta.

Tabla 8

*Modelo base opciones de mejoras - PTAR. Vereda Chicharronal*

Proceso	Actividades de operación, mantenimiento y control recomendadas	Frecuencia	Fuente
<b>Inspección, sólidos, arenas y lodos</b>	<b>Cámara de inspección</b>	Tres (3) veces semanal o de acuerdo a manual de O & M.	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
	Debido a la cantidad de sólidos, arenas y lodos que quedan atrapados en las cámaras de inspección, esta estructura debe ser inspeccionada para garantizar el correcto funcionamiento y remover estos sólidos con ayuda de palas y así disminuir riesgos de obstrucción en las tuberías, estos sólidos deben transportados al lecho de secado, una vez secos se deben disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales		
<b>Inspección sólidos</b>	<b>Unidad de Cribado</b>	Se debe realizar diariamente, cada cuatro (4) horas	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
	Diariamente son retenidos los sólidos gruesos, debido a la cantidad, esta unidad debe ser inspeccionada diariamente y remover los residuos con ayuda de un rastrillo metálico con cabo, pala, balde y carreta manual, como esta unidad posee la bandeja de secado, se facilita esta labor, una vez secados, los sólidos deben ser transportados hasta el lecho de secado, para disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales		
<b>Ventilación de tanque séptico</b>	<b>Tanque séptico</b>	Quince (15) minutos	Manual de buenas prácticas de ingeniería RAS Titulo E (2000)
	Antes de cualquier operación en el interior del tanque, las escotillas de acceso, deben mantenerse abiertas durante un tiempo prudencial para la remoción de gases tóxicos o explosivos		
<b>Mantenimientos de escotillas del tanque séptico</b>	<b>Tanque séptico</b>	Revisión de las escotillas cada seis (6) meses	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
	Se debe hacer mantenimiento a las escotillas (pintura anticorrosiva) y revisión de las bisagras		
<b>Tanque séptico</b>			

<b>Extracción de natas, espumas y grasas</b>	Se debe extraer los sólidos flotantes, como ramas, palos, telas, plásticos, grasas, aceites, natas, espumas y material flotante de manera manual con el uso de herramientas, como palas, cedazos, redes, una vez extraídos estos elementos deben ser transportados al lecho de secado, después de secos se deben disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales	Se debe realizar diariamente	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Tanque séptico</b>			
<b>Extracción de lodos mediante camión cisterna y/o equipo VACTOR</b>	Se debe realizar extracción de lodos acumulados en el tanque séptico, para garantizar el óptimo funcionamiento, la extracción debe hacerse periódicamente, con disponibilidad de vehículo con equipo vactor el cual certifique la adecuada disposición de lodos de acuerdo a norma ambiental vigente, se debe dejar el 10% de lodos a modo de inculo	Cada un (1) año	Calculado de acuerdo a (Romero 2001)
<b>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</b>			
<b>Extracción de biopelículas mediante camión cisterna y/o equipo VACTOR</b>	Se debe extraer las biopelículas formadas por el crecimiento de los microorganismos, lo cual puede ocasionar obstrucción en el filtro, esta actividad se debe realizar al mismo tiempo que se realiza el mantenimiento del tanque séptico, se debe lavar el lecho filtrante mediante agua a presión, a la vez que se extrae por succión el agua de lavado, este proceso es conocido como retro lavado, no se debe lavar el medio filtrante en su totalidad, se deja una porción de biopelícula a modo de inculo	Cada un (1) año	Asociación Brasileira de normas técnicas NBR13969
<b>Zonas verdes y arbórea</b>			
<b>Limpeza zonas verdes y arbórea</b>	Debido a que la PTAR se encuentra rodeada de cultivo de guadua en el costado oriental y zonas verdes, se propone talar parte del follaje que este alrededor de la unidad del lecho de secado con el propósito que la luz solar llegue directa y ayude al secado de lodos y de las zonas verdes limpieza con herramientas, como machete o guadaña para mantener limpia el área y prevenir la presencia de animales (serpientes entre otros) que puedan causar afectaciones al proceso o a los operarios.	La frecuencia de acuerdo al estado del clima ya que en invierno crecen más rápido las malezas	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Monitoreo de la PTAR</b>			

<b>Monitoreo y control de la planta de tratamiento</b>	Se debe realizar monitoreo de la calidad del agua antes y después del proceso de tratamiento, en el afluente de la PTAR (cámara de inspección) y efluente (tubería de vertimiento al río Guengue). Dicho monitoreo consiste en la toma de muestras donde se determine como mínimo, temperatura, PH, conductividad, alcalinidad, solidos totales, solidos disueltos totales, solidos sedimentables, demanda química de oxígeno, (DQO) demanda bioquímica de oxígeno (DBO) la toma de muestras y análisis debe ser llevado a cabo por laboratorio acreditado por el IDEAM	Cada seis (6) meses	Resolución 0330 de 2017
<b>Cierre perimetral de la PTAR</b>			
<b>Cierre perimetral e identificación de la PTAR</b>	Se recomienda en el corto plazo gestionar e implementar el cierre perimetral de la PTAR, debido a riesgos de las personas que hacen transito cerca de las instalaciones sobre todo los niños, en la visita de campo se aprovechó y se midió el perímetro 112 m lineales. De igual manera instalación de letrero identificando la PTAR con aviso de no ingresar sin autorización.	Única vez	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo

Fuente: Elaboración propia (2022).

### *Opciones de mejora PTAR vereda Media Naranja*

Las opciones de mejora para la PTAR vereda Rionegro pueden ser observadas en detalle en la Tabla 9. Con base en el análisis realizado en las visitas de campo, los lineamientos generales establecidos en reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico (resolución 0330 de 2017 y manuales de buenas prácticas de ingeniería), el plan de saneamiento y manejo de vertimientos para Colombia y el decreto único sectorial 1076 de 2015, se presentan las siguientes opciones de mejora para el sistema de tratamiento de agua residual ubicado en la vereda Media Naranja.

Actualmente, se consideran que las poblaciones pequeñas y rurales del país, en comparación con los grandes centros urbanos, presentan deficiencias en cuanto al tratamiento de aguas residuales, encontrándose carencias en cuanto a saneamiento y depuración y así no dando cumplimiento a la

actual norma de vertimientos (Resolución 631 de 2015). Sin embargo, en lo observado en la PTAR de la vereda Media Naranja, la junta de acción comunal tuvo la iniciativa de aprovechar el agua residual tratada para su reúso agrícola, situación por demás especial si se compara con las PTARs de las veredas Rionegro y Chicharronal, considerando el escenario se recomienda el mantenimiento y limpieza de todas las estructuras hidráulicas, de igual manera un análisis al agua residual, tanto al ingresar a la planta como de salida, de esta manera se garantiza el control del funcionamiento de la planta.

En el tratamiento de lodos, se recomienda implementar un sistema de tratamiento adecuado para estos lodos, incluyendo su correcta desestabilización y adición de químicos para obtener un abono orgánico estable, que pueda ser usado para fines agrícolas, no disponiéndolos en rellenos sanitarios, lo cual podría incluso significar ganancias, que a su vez podrían aprovecharse en las instalaciones de la PTAR; se aclara que los lechos de secado, son solamente para separar el líquido residual de los lodos generados de la PTAR, pero no se realiza un tratamiento a los mismos. El hecho de reusar el agua residual tratada y con la puesta en marcha de la última recomendación la comunidad de la vereda de Media se vería beneficiada ambientalmente.

Para efectos del otorgamiento de la concesión de uso de las aguas residuales, el Usuario Receptor deberá presentar a la Autoridad Ambiental, la información técnica para el manejo y la prevención de los riesgos asociados al uso de las aguas residuales, por tanto, una opción de mejora es que sea divulgada esta información y se ponga en conocimiento la norma resolución 1256 de 2021 en su Artículo 5 de los usos y los criterios mínimos de calidad.

Tabla 9

*Modelo base opciones de mejoras - PTAR Vereda Media Naranja*

<b>Proceso</b>	<b>Actividades de operación, mantenimiento y control recomendadas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Fuente</b>
	<b>Cámara de inspección</b>		
<b>Inspección, sólidos, arenas y lodos</b>	Debido a la cantidad de sólidos, arenas y lodos que quedan atrapados en las cámaras de inspección, esta estructura debe ser inspeccionada para garantizar el correcto funcionamiento y remover estos sólidos con ayuda de palas, ganchos y así disminuir riesgos de obstrucción en las tuberías, estos sólidos deben transportados al lecho de secado, una vez secos se deben disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales	Tres (3) veces semanal o de acuerdo a manual de O & M.	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
	<b>Unidad de Cribado</b>		
<b>Inspección sólidos</b>	Diariamente son retenidos los sólidos gruesos, debido a la cantidad, esta unidad debe ser inspeccionada diariamente y remover los residuos con ayuda de un rastrillo metálico con cabo, pala, balde y carreta manual, como esta unidad, posee bandeja de secado, se hace el escurrimiento requerido, posterior los sólidos deben ser transportados hasta el lecho de secado y disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales	Se debe realizar diariamente, cada cuatro (4) horas	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
	<b>Tanque séptico</b>		
<b>Ventilación de tanque séptico</b>	Antes de cualquier operación en el interior del tanque, las escotillas de acceso, deben mantenerse abiertas durante un tiempo prudencial para la remoción de gases tóxicos o explosivos	Quince (15) minutos	Manual de buenas prácticas de ingeniería RAS Titulo E (2000)
	<b>Tanque séptico</b>		
<b>Mantenimientos de escotillas del tanque séptico</b>	Se debe hacer mantenimiento a las escotillas (pintura anticorrosiva)	Revisión de las escotillas cada seis (6) meses	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
	<b>Tanque séptico</b>		

<b>Extracción de natas, espumas y grasas</b>	Se debe extraer los sólidos flotantes, como ramas, palos, telas, plásticos, grasas, aceites, natas, espumas y material flotante de manera manual con el uso de herramientas, como palas, cedazos, redes, una vez extraídos estos elementos deben ser transportados al lecho de secado, después de secos se deben disponer al sistema de recolección de residuos sólidos municipales	Se debe realizar diariamente	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Tanque séptico</b>			
<b>Extracción de lodos mediante camión cisterna y/o equipo VACTOR</b>	Se debe realizar extracción de lodos acumulados en el tanque séptico, para garantizar el óptimo funcionamiento, la extracción debe hacerse periódicamente, con disponibilidad de vehículo con equipo vactor el cual certifique la adecuada disposición de lodos de acuerdo a norma ambiental vigente, se debe dejar el 10% de lodos a modo de inoculo	Cada un (1) año	Calculado de acuerdo a (Romero 2001)
<b>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</b>			
<b>Extracción de biopelículas mediante camión cisterna y/o equipo VACTOR</b>	Se debe extraer las biopelículas formadas por el crecimiento de los microorganismos, lo cual puede ocasionar obstrucción en el filtro, esta actividad se debe realizar al mismo tiempo que se realiza el mantenimiento del tanque séptico, se debe lavar el lecho filtrante mediante agua a presión, a la vez que se extrae por succión el agua de lavado, este proceso es conocido como retro lavado, no se debe lavar el medio filtrante en su totalidad, se deja una porción de biopelícula a modo de inoculo	Cada un (1) año	Asociación Brasileira de normas técnicas NBR13969
<b>Zonas verdes y arbórea</b>			
<b>Limpieza zonas verdes y arbórea</b>	Debido a que los humedales de la PTAR se encuentran rodeada de cultivo de plantas y zonas verdes, se propone talar parte del follaje de los arbustos y realizar corte del pasto o grama limpieza que debe hacerse con herramientas, como machete o guadaña para mantener limpia el área y prevenir la presencia de animales (serpientes entre otros) que puedan causar afectaciones a los operarios.	La frecuencia de acuerdo al estado del clima ya que en invierno crecen más rápido las malezas	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Monitoreo de la PTAR</b>			

<b>Monitoreo y control de la planta de tratamiento</b>	Se debe realizar monitoreo de la calidad del agua antes y después del proceso de tratamiento, en el afluente de la PTAR (cámara de inspección) y efluente (tubería de vertimiento al río Guengue). Dicho monitoreo consiste en la toma de muestras donde se determine como mínimo, temperatura, PH, conductividad, alcalinidad, solidos totales, solidos disueltos totales, solidos sedimentables, demanda química de oxígeno, (DQO) demanda bioquímica de oxígeno (DBO) la toma de muestras y análisis debe ser llevado a cabo por laboratorio acreditado por el IDEAM	Cada seis (6) meses	Resolución 0330 de 2017
<b>Cierre perimetral e identificación de la PTAR</b>	<b>Cierre perimetral de la PTAR</b> Se recomienda en el corto plazo gestionar e implementar el cierre perimetral de la PTAR, debido a riesgos de las personas que hacen transito cerca de las instalaciones sobre todo los niños, en la visita de campo se aprovechó y se midió el perímetro 80 m lineales. De igual manera instalación de letrero identificando la PTAR con aviso de no ingresar sin autorización.	Única vez	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo
<b>Mantenimiento de humedal</b>	Se recomienda revisión del tubo colector y cajas de inspección de los humedales subsuperficiales a lo largo de su recorrido para su limpieza y evitar taponamiento por basura. Control del caudal de llegada, para evitar los excesos de agua que lleguen al sistema de tratamiento y que pueden perjudicar o dañar el sistema, especialmente en temporada de lluvias.	Se debe realizar diariamente	Recomendaciones basadas en las observaciones de campo

Fuente: Elaboración propia (2022).

## Conclusiones

A partir del diagnóstico de las 3 PTARs, se identifica como uno de los principales problemas la falta de registros de tomas de muestras de la calidad del afluente y efluente para así determinar la eficiencia del tratamiento, situación que dificulta definir con criterio si cada una de las plantas cumple o no cumple con la normatividad colombiana referente a calidad de vertimientos a cuerpos de agua, encubriendo posibles impactos ambientales, sociales y económicos que se pueden presentar.

Actualmente las PTARs de las veredas Rionegro, Chicharronal y Media Naranja, se encuentran en funcionamiento, dos de ellas vierten sus efluentes a cuerpos de agua, situación que pone en riesgo la calidad de vida de las personas que se abastecen aguas abajo del río Guengue en la vereda Rionegro y quebrada Chicharronal en la vereda de su mismo nombre, es por ello que es importante que los habitantes y las autoridades municipales y ambientales conozcan de cerca estas problemáticas y en el corto o mediano plazo iniciar las correspondientes acciones para intervenir mediante los monitoreos en los efluentes y otras acciones correspondientes para el control de contaminación de los efluentes líquidos vertidos a los cuerpos de agua.

Para el caso de la PTAR de la vereda de Media naranja, se realiza un manejo y reaprovechamiento del efluente, situación que hace menos apremiante la necesidad de ser intervenida; sin embargo, es recomendable poner en contexto a las autoridades competentes para acciones pertinentes de mejora continua y mantenimiento, en este caso le deben corresponder a la autoridad municipal y ambiental.

Se evidenció que en ninguna de las PTARs existe un manual de operaciones que permita el adecuado y eficiente manejo de los tratamientos aplicados sobre las aguas residuales, así mismo, los

operarios no poseen los elementos básicos de protección personal y las instalaciones no presentan acceso a servicios básicos o señalización incrementando el riesgo de accidentes.

Se establece que los funcionarios de cada una de las PTARs en estudio no presentan la formación técnica básica para lograr un adecuado manejo y mantenimiento, poniendo en riesgo su integridad física, el deterioro de las instalaciones y procedimientos ineficientes, siendo fundamental un inminente proceso de capacitación en estas temáticas para que los perfiles requeridos se ajusten a los requerimientos.

Se establece que, los operarios no poseen Certificación de Competencias Laborales SENA, institución encargada de desarrollar, verificar y certificar las habilidades, destrezas y conocimientos que tiene una persona para desarrollar una función o labor determinada.

A partir de la evaluación de los procesos llevados a cabo en las tres PTARs, se puede establecer que los diseños de las mismas puede permitir una remoción en porcentajes satisfactorios, a falta de los mantenimientos y operación necesarios, el indicativo visual del color del agua en cada uno de los efluentes es uno de los parámetros organolépticos que a pesar de no existir registros, podría indicar una adecuada calidad del agua tratada, por su claridad, ausencia de sólidos, materia flotante y olores.

Se estima que el beneficio ambiental, social y económico que se tendría cuando las PTARs funcionen de manera adecuada, con los respectivos monitoreos, luego de haber evaluado el funcionamiento y se obtengan los parámetros de optimización de la misma; se verían reflejados en la calidad de vida de las personas de la zona, la calidad de los cuerpos hídricos relacionados, el ecosistema de la zona y el ahorro de dinero por pagos de multas por parte del municipio.

Finalmente, la evaluación permite deducir que el estado de algunas estructuras se ven amenazadas por falta de mantenimientos, con árboles frondosos y sus raíces, las escotillas o tapas de las unidades hidráulicas presentan corrosión avanzada, las bisagras en mal estado y que además

ponen en riesgo la integridad física de los operarios. La infraestructura, en general de las tres PTARs se encuentran en buen estado físico

## Recomendaciones

Se recomienda identificar la población actual servida por los sistemas de tratamiento objeto de estudio y la red de alcantarillado que conduce a estos, mediante trabajo de campo, debido a que en las secretarías de planeación y obras públicas del municipio se argumentó que no tienen conocimiento de la población usuaria, esto con el fin de estimar caudales actuales de generación de agua residual.

Se recomienda llevar a cabo la caracterización operativa de los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante la toma y análisis de muestras para afluente y efluente de los sistemas.

Se recomienda realizar un análisis estructural de las tres PTARs por profesionales en la materia, esto con el fin de asegurar que los diferentes componentes que conforman la infraestructura se encuentran en condiciones adecuadas para seguir llevando a cabo los procesos de tratamiento.

Se recomienda la adaptación de tres contenedores de residuos sólidos para cada PTAR, donde se pueda disponer los residuos provenientes de las unidades de cribado, estos contenedores deben ser perforados en el fondo con el fin de garantizar el escurrimiento, se recomienda la protección de los contenedores bajo techo y así contribuir a la disposición final.

## Bibliografía

Alcaldía Corinto Cauca (2020). Plan de Desarrollo Municipio de Corinto 2020-2013. Sitio web:

<http://www.corinto-cauca.gov.co/noticias/presentacion-de-nuestro-plan-de-desarrollo-corinto-cauca>

Asociación Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13969. (1997). Tanques sépticos: unidades de eliminación complementarias y eliminación final de efluentes líquidos: diseño, construcción y operación. Sitio web: [https://www.academia.edu/4313638/NBR\\_13969](https://www.academia.edu/4313638/NBR_13969)

Barón, V.K.S. y Espitia L.J.A. (2012). Evaluación del tratamiento de las aguas residuales generadas en los procesos de curtiembre en un reactor de biodiscos escala laboratorio [Tesis de Pregrado, Universidad Libre Ingeniería Ambiental Ingeniería]. Repositorio institucional Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7207?show=full>

Clair, N., Perry, L., & Gene, F. (2000). Química para ingeniería ambiental.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. (1998). Recomendaciones de las reuniones internacionales sobre el agua: de Mar del Plata a París.

Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare – CORNARE. (2006). Plan de Gestión Ambiental regional 1998 – 2006.

Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC. (s.f). Consultado el 20 de marzo 2022.

Crespo, M.A. (2011). *Mecánica de fluidos*. Paraninfo.

<https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497322928/mecanica-de-fluidos>.

Crites, R. y Tchobanoglous, G. (Ed.). (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Editorial Mc Graw Hill.

Departamento Nacional de Planeación (2002). Documento CONPES 3177: “Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales” – Versión aprobada. Sitio web: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20103>

Diagnóstico técnico e institucional del sector de agua y saneamiento para la zona rural del Municipio de Corinto - Cauca (2018). Sitio web: [https://asirsaba.com.co/wp-content/uploads/2020/04/DIAGN%C3%93STICO-CORINTO-2018\\_VF-1.pdf](https://asirsaba.com.co/wp-content/uploads/2020/04/DIAGN%C3%93STICO-CORINTO-2018_VF-1.pdf)

Guía para la Reducción del Riesgo de Desastres en Proyectos de Agua y Saneamiento Rural en un Contexto de Cambio Climático. (2018). COSUDE ASIR – SABA.

Ley 142/1994, *por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.* (1994).  
[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html)

Ley 9 de 1979, *por la cual se dictan medidas sanitarias.* (1979). Congreso de la República de Colombia.  
[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de marzo de 2015). Resolución 631 de 2015.  
Sitio web:  
[https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R\\_MADS\\_0631\\_2015.pdf](https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf)

Ministerio de Desarrollo Económico. (2017). Resolución 0330 de 2017. Bogotá D.C: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Ministerio del Medio Ambiente. (1997). Oficina de Análisis Económico. Aguas Limpias para Colombia al menor costo. Implementación de las Tasas Retributivas por Contaminación Hídrica. Sitio web: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/595>

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2002). Título E  
Tratamiento de Aguas Residuales. RAS2000.

Resolución 631 de 2015, *por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.* (2015). <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/Resolucion-631-2015.pdf>

Resolución 0330 de 2017, *por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009* (2017).  
<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20adopta,2005%20y%202320%20de%202009.>

Resolución 1256 de 2021, *por medio de la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones.* (2021). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1256-de-2021.pdf>

Romero, J. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño, 3.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2003). Regulación en Servicios Públicos.  
EAFIT.

Viña, V.G. (2003). Medio Ambiente y Servicios Públicos en Colombia. En: III Jornada Ambiental de Empresas Públicas de Medellín.

Anexos

Anexo A

Listado de asistencia y acompañamiento de coordinador PTAR vereda Rionegro, para realizar diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual.

FECHA: Enero 22 2022		USUARIO: PTAR Vereda Rionegro		ENCARGADO: Donato		FECHA DE REGISTRO: 2024	
OBJETO: Visita de campo para realizar diagnóstico de planta de agua residual (PTAR)		COORDINADOR: PTAR		EMAIL: TELEFONO/INTERCOMUNICACION		FECHA	
ORDEN	NOMBRE Y APELLIDO	CATEGORIA		CONTACTOS Y MEDIOS DE COMUNICACION		ESTADO	
		OTRO	PTAR	CELULAR	TEL. CASERO	SI	NO
1	Orlando Medina	X	X	X	712 866 3000	X	NO
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

\* Autorización para envío de información y utilización de datos e imágenes tomadas en esta actividad, para la realización de análisis de datos, estadísticas, con el fin de generar informes, gráficos, mapas y otros documentos para las acciones de planeación, ejecución, monitoreo y evaluación de actividades.  
 (Reservados los derechos)

Fuente: Elaboración propia (2022).

**Anexo B**

Listado de asistencia y acompañamiento de la junta de acción comunal vereda Media Naranja, para realizar diagnostico PTAR.

UNIVERSIDAD DE LA GUAYANA  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 EN EL MUNICIPIO DE CORIMA (CAJAL)

FECHA: Febrero 18 2022 LUGAR: PTAR Vereda Media Naranja  
 CIUDAD: Corumbá HORA INICIO: 1 PM  
 HORA FINALIZACIÓN: 5 PM

OBJETO: Visita de campo para realizar diagnóstico de la planta agua en la vereda PTAR

NOMBRE Y APELLIDO	GÉNERO			ETNIA				GRUPO ETARIO				ORGANIZACIÓN A PERTENECER			CARGO /ROL (si aplica)	EMAIL/TELÉFONO/AUTORIZACIÓN	FIRMA		
	F	M	Otro	Atrodescendientes	Indígena	Mestiza	Ni@n@s	Jóvenes	Adultos	Comunidad	JAC	Acueducto							
Isabelle Bucaya Castellano	X			X							X		Comunidad	Conductora, Media Naranja	3145124613	Autorecador	SI	NO	Isabelle BC
William Largo C		X		X							X		Comunidad	Presidente PTAR	3111143089	Autorecador	SI	NO	William Largo
Jose Marina Musial	X			X							X		Comunidad	PTAR	3145331431	Autorecador	SI	NO	Jose Marina
Jose Antonio Greiver		X		X							X		Comunidad	Operario PTAR	3226536877	Autorecador	SI	NO	Jose Antonio Greiver
																Autorecador	SI	NO	
																Autorecador	SI	NO	
																Autorecador	SI	NO	
																Autorecador	SI	NO	
																Autorecador	SI	NO	
																Autorecador	SI	NO	

\* Autorización para envío de información y utilización de datos y fotografías tomadas en esta reunión, para la elaboración de material de difusión relacionado con el proyecto. Se requiere obtener su autorización para dar tratamiento a sus datos personales aquí descritos, por lo cual el usuario mandará al diligenciamiento de el formulario, autoriza el uso de sus nombres, teléfonos, cargos y correos electrónicos para las siguientes finalidades: envío de información e inclusión en reportes de actividades.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Anexo C

Listado de asistencia y acompañamiento de la junta de acción comunal vereda Chicharronal, para realizar diagnostico PTAR.

Basado en: Censamiento

ORGANISMO DE SERVIDORES DE TRIBUTACION DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE LOS TERRITORIOS RURALES  
Mesa Técnica y Comunal  
en el Municipio de Caucho (Cauca)

Fecha: 29 febrero 2022  
Lugar: PTAR vereda Chicharronal  
Hora: 08:00 AM  
Cada mesa 2 PM  
Cada mesa 6 PM

NOMBRE Y APELLIDO	SEXO			ETNIA					GRUPO ETARIO			ORGANIZACIÓN A PERTENECER			CARGO / ROL (si aplica)	EMAIL TELEFONO/NUMERO	ASISTENCIA	ASISTENCIA	ASISTENCIA
	M	F	Otro	Indígena	Mestiza	MiG@	Jóvenes	Adultos	Comunidad	JAC	Acuñado								
Leonardo S. Norzua Estrada		X		X					X				Presidentes J.A.C		X	X	X		
Yooni Jilava		X		X					X				Tesorera J.A.C.		X	X	X		
Humberto Salazar		X			X				X				Otros Públicos		X	X	X		
Eugenia Suarez			X		X				X				Fiscal T.A.C		X	X	X		
Yerson Talcaga			X		X				X				Operario PTAR		X	X	X		

\* Asistencia puntual en el momento y puntualidad en el día y hora de la reunión en caso contrario se considerará como no asistió. Se requiere conocer la ubicación para la presencia y para poder proporcionar el correo electrónico de cada participante. \* Asistencia puntual en el momento y puntualidad en el día y hora de la reunión en caso contrario se considerará como no asistió. Se requiere conocer la ubicación para la presencia y para poder proporcionar el correo electrónico de cada participante.

Fuente: Elaboración propia (2022).

**Anexo D**

*Acompañamiento en la visita de campo a la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la junta de acción comunal de la vereda Rionegro*



Fuente: Elaboración propia (2022).

**Anexo E**

*Acompañamiento en la visita de campo a la planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la junta de acción comunal vereda Chicharronal*



Fuente: Elaboración propia (2022).

**Anexo F**

*Acompañamiento en la visita de campo a la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la junta de acción comunal vereda Media Naranja*



Fuente: Elaboración propia (2022).