

EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO POR EL
VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES
DE LAS DESCARGAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO “MEDIA LOMA” Y
“FARALLONES”, EN EL MUNICIPIO DE PIENDAMO- CAUCA



OSCAR ERNESTO CRUZ GALARZA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN
2023

EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO POR EL
VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES
DE LAS DESCARGAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO “MEDIA LOMA” Y
“FARALLONES”, EN EL MUNICIPIO DE PIENDAMO- CAUCA



OSCAR ERNESTO CRUZ GALARZA
Trabajo de Grado, en modalidad pasantía para optar al título de Ingeniería
Ambiental y Sanitaria.

DIRECTOR
Biólogo. Arnol Arias Hoyos

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN
2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

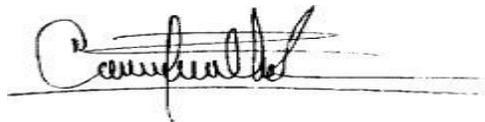
Una vez revisado el documento final del trabajo de grado titulado “evaluación de la afectación del recurso hídrico por el vertimiento de las aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “media loma” y farallones”, en municipio de Piendamocauca; realizado por el alumno Oscar Ernesto Cruz Galarza, y asistido a la sustentación del mismo, se da por aprobado el proceso y se autoriza seguir con los trámites para optar al título Profesional en Ingeniería Ambiental y Sanitaria.



Biólogo. Arnel Arias Hoyos
Director
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca



Ronald Edinson Cerón
Jurado
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca



Felipe Felipe Uribe
Jurado
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

DEDICATORIA

A mi madre María Nelly Galarza Bernal, quien es mi gran apoyo y mi motor para superarme y seguir adelante con mi vida personal y profesional, quien desde siempre con esfuerzo y sudor en la frente nos sacó adelante a pesar de que mi padre falleció cuando estaba muy niño siempre fue ella que se puso a cargo de todo y sobre todo de apoyarnos con el estudio a nivel profesional inculcándonos el respeto sobre todas las cosas, gracias madre por todos tus esfuerzos y raíz de eso vendrán más frutos a futuro, a mi Padre Ernesto Ángel Cruz Valera QEPD quien desde muy niño me enseñó a ser una persona muy humilde, que a pesar de tener mucho poquito siempre hay que ser sencillo, gracias padre que desde el cielo nos cuidas siempre y no sabes cuanto me hubiera gustado tenerte aquí con nosotros viéndonos ser todos unos profesionales, a mis hermanos Juan Manuel Cruz Galarza y Jhonathan Cruz García quienes han estado pendientes apoyándome en todo por lograr mi título profesional y demostrarme que unidos podemos lograr muchas cosas grandes con cada una de nuestras habilidades que Dios nos dio.

AGRADECIMIENTOS

Agradeciendo primeramente a Papá Dios quien nos regala la vida, nos cuida de todo mal y peligro con sus bendiciones como este, mi título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario, no fue fácil, pero contigo todo es posible.

Agradezco al biólogo Arnol Arias Hoyos quien desde los inicios de mi carrera profesional me brindo su apoyo y amistad como la gran persona que es inculcándome, cada día ser mejor persona y a sacar este proceso adelante con sus asesorías, consejos y mejoras.

Agradezco a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca por abrireme sus puertas y poder formarme como profesional con sus múltiples herramientas y grandes profesionales como docentes que aportaron cada uno su granito de arena.

También agradezco a la Corporación Autónoma Regional del Cauca quien como autoridad ambiental me brindo los espacios para adquirir tan importante experiencia, como estudiante en proceso del título profesional agradezco a los compañeros de trabajo quienes con su experiencia me brindaron su apoyo y conocimiento en diversos temas ambientales.

Agradezco al Señor Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones y director general de la Corporación Autónoma Regional del Cauca Yesid González Duque por brindarme la oportunidad de ser parte de CRC somos todos y poder realizar mis pasantías como estudiante de último semestre de Ingeniera Ambiental y Sanitaria y que actualmente me incluyo como contratista para seguir mi proceso de obtener cada día más experiencia profesional.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1. PROBLEMA | 14 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 14 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 1.3 OBJETIVOS | 17 |
| 1.3.1 Objetivo General | 17 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 18 |
| 2.1 ANTECEDENTES | 18 |
| 2.2 BASES CONCEPTUALES | 19 |
| 2.2.1 Sistemas de aguas residuales | 19 |
| 2.2.2 Tipos de aguas residuales | 19 |
| 2.2.3 . Tipos de tratamiento de las aguas residuales | 20 |
| 2.2.4 Índice de la Calidad de Agua (ICA) | 22 |
| 2.3 MARCO LEGAL | 23 |
| 3. METODOLOGÍA | 25 |
| 3.1 Fase I. Diagnóstico de la situación actual de los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones” | 25 |
| 3.2 Fase II. Implementación de la matriz de impacto ambiental que permita analizar y cuantificar el nivel de afectación generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas. | 29 |
| 3.3 III. Formulación de las fichas de manejo ambiental con el fin minimizar los impactos generados por el desarrollo de la actividad en la fuente hídrica. | 32 |
| 4. RESULTADOS Y ANALISIS | 33 |
| 4.1 Diagnóstico de la situación actual de los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones. | 33 |
| 4.2 Implementación de la matriz de impacto ambiental que permita analizar y cuantificar el nivel de afectación generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas..... | 56 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.3 | Formulación de las fichas de manejo ambiental con el fin minimizar los impactos generados por el desarrollo de la actividad en la fuente hídrica..... | 65 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 72 |
| 5.1 | CONCLUSIONES..... | 72 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | 72 |
| 6. | BILIOGRAFIAS..... | 74 |
| 7. | Anexos..... | 78 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1.. Sección Transversal en el punto de aforo..... | 26 |
| Figura 2. Zonas de estudio. | 33 |
| Figura 3 PTAR. Media Loma..... | 37 |
| Figura 4. PTAR. Farallones | 38 |
| Figura 5. Caudal de los vertimientos..... | 41 |
| Figura 6. Niveles de pH de los vertimientos..... | 42 |
| Figura 7. Temperatura en los vertimientos. | 43 |
| Figura 8 Niveles DBO. | 47 |
| Figura 9. Niveles de SST | 48 |
| Figura 10. Valores de turbiedad..... | 49 |
| Figura 11. valores de Nitratos. | 50 |
| Figura 12. Valores de Dureza. | 51 |
| Figura 13. Valores de Oxígeno Disuelto | 51 |
| Figura 14 Descarga directa sin tratamiento de viviendas veraneras | 52 |
| Figura 15. Valores de coliformes Fecales..... | 53 |
| Figura 16. Impactos plantas de tratamiento de aguas residuales..... | 61 |
| Figura 17. Biodigestores | 62 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1.Escala de clasificación | 22 |
| Tabla 2.Marco Jurídico del ordenamiento territorial | 23 |
| Tabla 3. Los pesos de los diversos parámetros son: | 28 |
| Tabla 4.Calificación de la calidad del agua | 28 |
| Tabla 5. Modelo de evaluación de impactos | 29 |
| Tabla 6. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental | 30 |
| Tabla 7. Rangos de clasificación de los Impactos | 31 |
| Tabla 8. Planta Media loma | 34 |
| Tabla 9. Planta Farallones | 35 |
| Tabla 10. Puntos Monitoreados | 39 |
| Tabla 11. Monitoreo de la PTAR media Loma y Farallones..... | 40 |
| Tabla 12. Datos de la fuente litigios y Media Loma..... | 43 |
| Tabla 13. Medición de parámetros fisicoquímicos PTAR Farallones y Media Loma | 45 |
| Tabla 14.ICA quebrada Litigios..... | 54 |
| Tabla 15.ICA quebrada Media Loma | 55 |
| Tabla 16.Evaluación de impacto ambiental PTAR Media Loma | 57 |
| Tabla 17. Continuación Evaluación de impacto ambiental PTAR Media Loma | 58 |
| Tabla 18. Evaluación de impacto ambiental PTAR Media Loma | 59 |
| Tabla 19. Continuación Evaluación de impacto ambiental PTAR Farallones | 60 |
| Tabla 20.Fichas de manejo ambiental. | 65 |

LISTADO DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 1. Monitoreo Media Loma | 78 |
| Anexo 2. Formatos de Medición de caudales | 79 |
| Anexo 3. Muestreo PTAR Farallones..... | 79 |

RESUMEN

Para efectuar el tratamiento de aguas residuales se plantean diversos objetivos esenciales en el cuidado del ambiente, que van enfocados desde la protección de los cuerpos receptores de dichas aguas, que pueden ser catalogados como ríos, ciénaga, lagos, etc. hasta la salud de quienes habitan en torno al cuerpo receptor, pasando estas aguas hacer reutilizadas dependiendo de su calidad para fines de consumo directo, agrícolas, o urbanísticos entre otros. Cabe mencionar que los beneficios ambientales, sociales y económicos que puede traer el tratamiento de las aguas residuales producidas, a nivel doméstico, pueden ser en alto grado beneficiosas para el desarrollo y aprovechamiento de un recurso no renovable del cual necesita la sociedad.

Es por esta razón que la presente investigación tuvo por objeto evaluar en la localidad de Piendamó la calidad de los vertimientos de las aguas residuales tratadas por la PTAR Media Loma y Farallones, además de identificar el impacto que están generando al ser vertidas en las fuentes hídrica Litigios y media Loma. Para su desarrollo se efectuó primero el diagnóstico de la situación actual de los vertimientos de aguas residuales domesticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento; posteriormente se realizó la evaluación de impacto ambiental-EIA por medio de la matriz de causa-efecto de Vicente Conesa, esta metodología se utilizó con el fin identificar actividades tensoras y evaluar el impacto generado sobre cada una de las fuentes, para finalmente establecer medidas de manejo ambiental por medio de fichas de manejo ambiental con el fin de minimizar, recuperar o rehabilitar los componentes afectados en ecosistema natural.

Los resultados obtenidos en el diagnostico permiten establecer que la calidad en la fuente hídrica Media Loma antes y después del vertimiento es aceptable, en la planta farallones sucede todo lo contrario antes del vertimiento es buena y después de este es aceptable. En cuanto a la evaluación de impacto ambiental se pudo establecer que debido al proceso de operación se identificaron en la planta media Loma 12 impactos negativos moderados y 6 leves positivos y en la planta Farallones 8 irrelevantes y 10 leves positivos, para minimizar estos impactos se establecieron 3 programas el primero es la Dinámica y comportamiento del sistema hidrológico, el segundo la recuperación de los atributos estructurales de los cauces hídricos y el ultimo el mantenimiento, control y limpieza de las PTAR.

Palabras clave: PTAR, fuentes hídricas, Diagnostico, evaluación, vertimientos.

ABSTRAC

When carrying out wastewater treatment, there are inherent objectives related to environmental protection. These objectives range from safeguarding the ecology of a receiving body of water, such as a river, marsh, or lake, to ensuring the health of those living around the receiving body. Other objectives include water reuse for agricultural and urban purposes, among others. It is worth noting that the environmental, social, and economic benefits of treating wastewater at the domestic, industrial, and commercial levels can greatly contribute to the development and utilization of a non-renewable resource that society depends on.

For this reason, the purpose of this research was to assess the quality of treated wastewater discharges from the Media Loma and Farallones Wastewater Treatment Plants (WWTPs) in the Piendamó locality, as well as to identify the impact caused by their discharge into the Litigios and Media Loma water sources. The research began with a diagnosis of the current situation regarding domestic wastewater discharges from treatment systems. Subsequently, an Environmental Impact Assessment (EIA) was conducted using Vicente Conesa's cause-effect matrix methodology. This approach aimed to identify stress-inducing activities and evaluate the resulting impact on each water source. Finally, environmental management measures were established through environmental management sheets to minimize, recover, or rehabilitate the affected components in the natural ecosystem.

The diagnosis results indicate that the water quality of the Media Loma water source is acceptable both before and after the discharge. However, at the Farallones plant, the quality is good before the discharge and acceptable afterward. Regarding the environmental impact assessment, it was found that the operation process at the Media Loma plant had 12 moderate negative impacts and 6 mild positive impacts. Meanwhile, the Farallones plant had 8 negligible impacts and 10 mild positive impacts. To minimize these impacts, three programs were implemented.

Keywords: PTARD, Water sources, diagnostic, assessment, dumpings

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales domesticas con el transcurso del tiempo se han convertido en una fuente de contaminación; teniendo en cuenta que al momento de tener un contacto directo con los cuerpos receptores por sus altos niveles de microorganismos patógenos se convierte en un factor de riesgo para contraer enfermedades. Es por esta razón que se hace necesario que previo a su disposición final se enfatice en la necesidad de verificar la eficiencia del tratamiento para conocer si se está reduciendo o no la cantidad de carga contaminante en el proceso. Aunque es importante evitar la contaminación de los cuerpos de agua naturales, tanto superficiales como subterráneos, en el medio nacional todavía se da la inadecuada práctica de disponer las aguas residuales con tratamiento ineficiente, altamente contaminadas hacia corrientes naturales. Esto ha llevado al deterioro del ecosistema, principalmente por el deterioro de la calidad agua superficial de las diversas cuencas del país y en un futuro no muy lejano puede conducir a la pérdida de los recursos hídricos subterráneos [1,2].

En el municipio de Piendamó existen 7 plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas entre ellas Betania - Los Vivos, la primavera, los Alpes, San Cayetano, Farallones, la florida y Media Loma, las cuales abastecen una población total de 29.097 según los datos registrados en los planes de saneamiento y manejo de vertimiento (PSMV) , muchos son los intentos que se hacen para disminuir la contaminación y mitigar el daño en los ecosistemas , estableciendo acciones de mejora en cada una de sus unidades, esto con el fin de disminuir los contaminantes que llevan las aguas residuales domesticas e industriales, con base en esta situación en el presente trabajo de grado se realizó la evaluación de la afectación del recurso hídrico generado por las descargas de las aguas residuales de tipo domestico de la planta Farallones y Media Loma, por medio del análisis de los parámetros fisicoquímicos verificando si cumple con la normatividad existente, de no cumplir lo anteriormente mencionado y evidenciar que se está afectando el recurso se realizará unas medidas de mejora [3].

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Específicamente el problema consiste en que, a pesar de existir un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas, se sigue presentando un cierto grado de contaminación en la fuente a la cual es vertido el efluente. Este grado de contaminación se da, porque la eficiencia de la planta con el pasar de tiempo va disminuyendo por diversas razones, una de ellas se debe al aumento de la población que contribuye a que exista una sobre carga de aguas residuales en la PTAR, ocasionando que la infraestructura existente sea insuficiente para realizar el tratamiento, otra de las causas es el del deterioro paulatino de las unidades debido a la falta de mantenimiento y adecuada operación. Sin embargo, la razón principal es que en el momento de la realización de los diseños se calculan unos valores de eficiencia de la planta, que generalmente en la práctica están por debajo de los niveles proyectados [1, 2].

Esta problemática se ve reflejada en muchos de los municipios del departamento del Cauca, sin embargo, es más notoria en las zonas rurales del Municipio de Piendamó, teniendo en cuenta que los sistemas de tratamiento de “Media loma” y Farallones” son de tipo no convencional, en material prefabricados y presentan ciertas irregularidades en el funcionamiento de sus estructuras. Es importante resaltar que el sistema de tratamiento de ambas plantas consta de un tratamiento preliminar, primario, secundario y tratamiento de lodos. En el caso de la planta media loma en los tratamientos que más se identifican inconsistencias es en el primario y el tratamiento de lodos teniendo en cuenta que se evidencia que en el sedimentador no se realizan actividades de limpieza, debido a que se observa la presencia de natas, sumado a estos los biodigestores no se encuentran funcionando en el nivel indicado, uno se encuentra totalmente deteriorado. [3]. En cuanto a la planta Farallones se presentan ciertas falencias en el tratamiento primario, secundario y tratamiento de lodos debido a que tampoco se realizan actividades de limpieza al tanque séptico y al FAFA (sistema integrado) teniendo en cuenta que hay presencia de natas, adjunto a ello el área de secados de lodos se encuentra en mal estado [4].

Cabe mencionar que cuando uno de los procesos unitarios deja de funcionar, los demás procesos comienzan a presentar fallas en sus sistemas y la eficiencia de la PTAR disminuye, originando que las descargas que han sido tratadas se encuentren por encima de los límites permitidos por la normatividad vigente, ocasionado así que no se cumplan los estándares de calidad, generando la pérdida de las funciones hidrológicas de la fuentes receptoras, debido a que se generan los siguientes impactos como es [5]:

- Deterioro de la calidad del agua,
- Disminución de las especies de vegetación acuática,
- Pérdida de las familias de macro invertebrados,
- Disminución de los procesos de depuración,
- Cambio en las características fisicoquímicas del agua,
- Procesos de eutrofización,
- Aumento en los niveles de materia orgánica,
- Disminución en los niveles de oxigenación de la fuente hídrica,
- Presión sobre el insumo agua, por consumos excesivos,
- Generación de malos olores, así como la proliferación de enfermedades que podrían llevar a un aumento de la mortalidad debido al consumo de agua contaminada.

Es por esta razón que se desea realizar la evaluación de la afectación del recurso hídrico por el vertimiento de las aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “media loma” y farallones en base a las acciones rutinarias de seguimiento a la infraestructura, a cargo de la Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental CRC, con el fin de verificar el estado de funcionamiento y condiciones de la infraestructura de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de presentar el diagnóstico general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Farallones y Media Loma, del municipio de Piendamó, departamento del Cauca, donde se puntualiza el estado de las obras civiles, su funcionamiento, operación, entre otros aspectos que permitiera tomar determinaciones en la planificación y aplicación de lineamientos encaminados a mejorar procesos de descontaminación y exigencia del cumplimiento de compromisos ambientales por parte de los entes territoriales

1.2 JUSTIFICACIÓN

Diversas fuentes bibliográficas, clasifican los sistemas de tratamiento de aguas residuales, como un conjunto detallado de operaciones unitarias que se pueden llevar a cabo en un sistema convencional o no convencional, la función principal de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) es disminuir una cantidad de contaminantes presentes en el agua, a tal nivel que esta pueda ser vertida nuevamente a una fuente receptora, sin afectar el medio acuático de acuerdo con la capacidad de autodepuración del sistema, este tratamiento se puede llevar a cabo por medio de procesos físicos, químicos y biológicos.

Sin embargo, según datos de la compañía Acuatécnica S.A.S, el tratamiento de las aguas residuales en el país es uno de los problemas ambientales más críticos, teniendo en cuenta que en la actualidad solo el 10% de estas aguas es tratada [4].

Esta situación se da teniendo en cuenta que aproximadamente el 68% de las ciudades cumplen con la cobertura mínima exigida por la Resolución 0330 de 2017 para prestar el servicio, generando que en cada una de estas zonas se presente una cobertura menor a la exigida, dejando sin cobertura de red de alcantarillado a ciertos lugares que a su vez realizarían sus descargas directamente a las fuentes hídricas, como consecuencia de ello, ocasionando múltiples problemas ambientales asociados con el recurso hídrico [4]. A nivel del departamento del Cauca, la CRC es la encargada de llevar a cabo anualmente seguimiento y control a las 114 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) que están ubicadas en los distintos Municipios. Con base a lo anterior, se ha identificado que de las 114 PTARD monitoreadas solo el 15% cumplen con todos los parámetros de vertimientos estipulados en la Resolución 0631 de 2015.

Es por esta razón que en el municipio de Piendamó se llevó a cabo una evaluación de impacto ambiental por parte de la CRC en las plantas de tratamiento Media Loma y Farallones, con el objetivo de dar cumplimiento a la normatividad ambiental, mejorando los procesos de depuración de las aguas servidas, contribuyendo a disminuir el deterioro del ambiente así como a proteger la salud de sus habitantes; de esta manera la institución encargada de la administración de la PTAR contará con un instrumento indispensable para iniciar su proceso de regulación ambiental ante la Autoridad ambiental evitándose el inicio de procesos administrativos y legales que tuvieran a efecto con su actual operación.

Es de resaltar que este proyecto de grado se realizó con el fin de generar a la corporación autónoma regional del Cauca (CRC) una herramienta de gestión ambiental para las aguas residuales en el municipio de Piendamó regulada bajo la resolución 1433 de 2004, por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) como también por el decreto 3930 de 2010 donde se reglamentan los permisos de vertimientos. Documento que es de suma importancia para que las plantas de tratamiento durante su funcionamiento y operación, cumplan con cada una de las exigencias con el fin de evitar sanciones económicas para el municipio o problemas sanitarios para los ecosistemas que reciben las descargas y a su vez para la población.

De esta manera el presente trabajo permitió contar con la información necesaria para formular diferentes medidas ambientales que contribuyan a minimizar, corregir o compensar los impactos negativos socioambientales relacionados con la mala operación y mantenimiento de la PTAR, en especial de aquellos relacionados con el riesgo de afectación a la salud humana y con aquellos que contribuyen en la contaminación de las quebradas Media Loma y Litigios provenientes de las descargas que no cumplen con la normativa ambiental; en este sentido este trabajo

es viable desde los distintos escenarios como son el técnico, social, ambiental y legal.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la afectación del recurso hídrico por el vertimiento de las aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones”, en el municipio de Piendamó- Cauca

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones”.
- Implementar una matriz de impacto ambiental que permita analizar y cuantificar el nivel de afectación generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas.
- Formular fichas de manejo ambiental con el fin de minimizar los impactos generados por el desarrollo de la actividad en la fuente hídrica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

A nivel internacional, nacional y local existen diversos antecedentes que pueden respaldar este trabajo de grado en cuanto al tema de evaluación ambiental en el recurso hídrico por vertimientos de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, a continuación, se presentan los trabajos realizados con relación al tema

A nivel internacional

En Brasil en el año 200, Lezica efectuó un análisis de los parámetros fisicoquímicos para las descargas que eran provenientes de las plantas de aguas residuales domesticas de Metrópolis I y Belohorizonte II. Como resultado de dicho estudio se obtuvo que las dos PTARD cumplen con el porcentaje de remoción de DBO que exige la norma, arrojando un valor de este parámetro para la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD) de Metrópolis I del 95% y para Belohorizonte II del 79%. En cuanto a los valores arrojados para la DQO fue del 88% y 61% para las PTARD de Metrópolis I y Belohorizonte II respectivamente, con estos datos se pudo establecer que la remoción de la PTARD de Belohorizonte II es baja al igual que la de metrópolis. Concluyendo que para el parámetro de aceites y grasas las PTARD tuvieron un buen porcentaje de remoción. Es importante mencionar que en el afluente las concentraciones de cloruros se encuentran los niveles bajos [13].

Hidalgo-Santana y Mejía-Álvarez (2010) realizaron en la ciudad de Medellín en la Macana, en el corregimiento de San Antonio de Prado, un estudio que tuvo razón principal evaluar la afectación del recurso hídrico, ocasionada por las descargas directas o de los sistemas de tratamiento integrado en la cuenca baja de la quebrada, para su desarrollo se efectuó primero la caracterización de los usuarios y la evaluación de la calidad del agua mediante el monitoreo de 7 puntos, analizando parámetros como DBO₅, DQO, coliformes totales, E. Coli, grasas y aceites y sólidos suspendidos, para la caracterización de los usuarios se efectuó entrevistas semiestructuradas teniendo como resultado que el 62% de la carga total proviene de las viviendas con tanque séptico y el restante 38% de las que realizan el vertido directo [14].

La relación DBO/DQO muestra que en el tramo estudiado (300 m), la quebrada ha degradado el 80% de la carga contaminante debido a la alta capacidad de autodepuración de la corriente. El problema principal identificado de contaminación por aguas residuales domésticas es por coliformes totales. Un análisis comparativo de los parámetros medidos en anteriores estudios realizados en la zona (años 2001,

2005 y 2007), mostró que la calidad del agua de la fuente receptora ha mejorado, evidenciada en la disminución de los valores observados especialmente en coliformes totales [15].

Castillo et al. (2011) realizaron la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas residuales domésticas provenientes de los tanques sépticos en el estado de Yucatán, México. El contenido de materia orgánica resultó, en promedio, de 109 mg/L como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y de 219 mg/L como Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se evaluó un reactor de lodos activados a nivel laboratorio para las aguas en estudio, para tiempos de retención hidráulicos de 4.5, 6 y 9 horas, se obtuvieron remociones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 89,3%, 93,1% y 94,2% respectivamente; las eficiencias de DQO fueron 74,1%, 84,7% y 82,3% para los mismos tiempos. Por tal motivo se concluyó que el proceso de lodos activados es apropiado para el tratamiento de aguas residuales, efluentes de fosas sépticas [16].

2.2 BASES CONCEPTUALES

2.2.1 Sistemas de aguas residuales

Las aguas residuales son básicamente las aguas provenientes de una zona después de haber sido contaminadas debido a uso doméstico o industrial. Estas aguas son consecuencia de la combinación de desechos atraídos por el agua con contenido orgánico e inorgánico. El volumen producido por una zona varía dependiendo del uso que se le dé a la fuente hídrica.

2.2.2 Tipos de aguas residuales

Aguas Residuales Urbanas: Son las cargas hídricas generadas por núcleos de población urbana como consecuencia de actividades propias de la zona. Estas cargas pueden ser (1) aguas residuales o fecales (2) aguas de lavado doméstico (3) aguas provenientes de los sistemas de drenaje de calles y avenidas (4) aguas lluvias [17].

Aguas Residuales Industriales: Son las cargas procedentes de cualquier actividad industrial cuyo proceso de producción, transformación o manipulación utilicen agua [18].

2.2.3 . Tipos de tratamiento de las aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización [19]. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales.

2.2.3.1. Tratamiento Primario

Este tratamiento comprende los procesos de sedimentación y tamizado usando tratamientos físicos o físico-químicos. En la mayoría de los casos las aguas residuales se dejan un tiempo en grandes tanques dejando asentar por medio de gravedad los sólidos en suspensión de las aguas residuales. Las bacterias que crecen en este medio, se retiran en un tanque de sedimentación secundario y se hacen entrar de nuevo al tanque de secado. Este tipo de tratamiento retira de un 60 a un 65% de los sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales [20].

Sedimentación

Es una operación física de separación por gravedad que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta función de la densidad del líquido, del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas.

Flotación

Operación física fundamentada en la diferencia de densidades. La flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, por ascenso de ésta hasta la superficie del fluido, ya que, en este caso, las fuerzas que tiran hacia arriba (rozamiento y empuje del líquido) superan a la fuerza de la gravedad. Se generan pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, donde son arrastradas y sacadas del sistema [21].

Coagulación – Floculación

En muchos casos parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto, tienen una velocidad de

sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico [21].

2.2.3.2. Tratamiento Secundario

Este tratamiento tiene el objetivo de eliminar desechos y sustancias que la sedimentación no pudo eliminar y para remover las demandas biológicas de oxígeno. Este tratamiento acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos. Existen dos tipos de procesos para acelerar la descomposición que son el biológico y el químico. El proceso más utilizado es el proceso biológico ya que facilita que las bacterias aeróbicas digieran la materia orgánica que llevan las aguas residuales. Estos tanques tienen sistemas de agitación que aseguran las condiciones aeróbicas necesarias para el crecimiento de los microorganismos [22].

Biodisco

Es tan eficaz como los lodos activados, requiere un espacio mucho menor, es fácil de operar y tiene un consumo energético inferior. Está formado por una estructura plástica de diseño especial, dispuesto alrededor de un eje horizontal.

Lagunaje

El tratamiento se puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención (1/3 días) que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente.

Filtro Biológico

Está formado por un reactor, en el cual se ha situado un material de relleno sobre el cual crece una película de microorganismos aeróbicos con aspecto de limos

2.2.3.2. Tratamiento Terciario

Este tratamiento comprende los procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes como fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, entre otros. Es el tipo de tratamiento más costoso que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias [22].

2.2.4 Índice de la Calidad de Agua (ICA)

El ICA se ha convertido en un instrumento fundamental para transmitir información sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general. El ICA es un indicador compuesto que integra información de varios parámetros de calidad del agua y presenta diferentes metodologías según su autor. Este índice es una herramienta matemática para la calidad y puede ser utilizado para transformar grandes cantidades de datos sobre la calidad del agua en una escala de medición única. Según la calidad del agua se puede clasificar en excelente, buena, pobre, muy pobre y no apta en función del valor ICA [9].

Tabla 1. Escala de clasificación

| Rango de calidad (Q) | Escala de Color/Interpretación |
|----------------------|--------------------------------|
| 91 - 100 | Excelente |
| 71 - 90 | Buena |
| 51 - 70 | Media |
| 26 - 50 | Mala |
| 0 - 25 | Muy Mala |

Fuente: Aguilar & solano G, 2018.

2.2.4. Evaluación De Impacto Ambiental (E.I.A): La evaluación de impacto ambiental se basa principalmente en la identificación y la valoración de los impactos que durante el desarrollo de un proyecto, obra o actividad afectan de forma directa o indirecta los componentes ambientales del ecosistema (Biótico, abiótico, cultural y socioeconómico), para realizar la evaluación es importante realizar la identificación de impactos y su respectiva valoración [10].

La identificación de los impactos en la E.I.A se desarrolla en muchas ocasiones a través de las listas de chequeo o matrices de causa y efecto, que son métodos que habitualmente son utilizado para establecer las múltiples actividades que por su desarrollo pueden generar en un cierto periodo de tiempo algún tipo de impacto ambiental y que se ve reflejado en la afectación directa o indirecta de alguno de los componentes ambientales [4]. En cuanto a la valoración de impacto Ambiental el proceso consiste en valorar cada uno de los impactos identificados, la valoración es subjetiva y puede ser realizada utilizando una serie de cualidades y atributos (Naturaleza, Intensidad, Persistencia) que permiten clasificar (reversible, moderado y severo) y cuantificar la magnitud del impacto sobre cada uno de los componentes [11].

Fichas de manejo ambiental: son acciones o actividades que se formulan con el fin de minimizar, reducir o controlar cada uno de impactos generados en los diferentes

componentes ambientales, las acciones establecidas se pueden clasificar en dos tipos medidas correctivas y medidas preventivas, las medidas correctivas están enfocadas en recuperar y restaurar los componentes ecológicos de los cauces a diferencias de las medidas preventivas que se encargan únicamente de evitar o controlar el desarrollo de las descargas de por encima de los límites per [12].

2.3 MARCO LEGAL

A continuación, se muestran las siguientes disposiciones reglamentarias (normas, leyes y decretos) que rigen la protección de los recursos naturales y componentes ambientales.

Tabla 2. Marco Jurídico del ordenamiento territorial

| NORMA | CONTENIDO RELACIONADO CON LA PROTECCIÓN AMBIENTAL Y LOS RECURSOS NATURALES |
|--|--|
| Decreto 2811 de 1974 | Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. |
| Decreto 1594 de 1984 | Uso del agua y vertimientos |
| Constitución Política de la República de Colombia 1991 | Esta constitución hizo del medio ambiente un elemento esencial para el desarrollo humano, catalogando a la actual Constitución Política Colombiana en sus 33 artículos en referencia a la defensa y conservación del patrimonio ambiental del país, como una constitución ecológica, dando reglamentación a la creación de la norma magna del componente ambiental: ley general ambiental. |
| Ley 142 de 1994 | Régimen de los servicios públicos domiciliarios. |
| Ley 152 de 1994 | Ley Orgánica del Plan de Desarrollo: Plan de Desarrollo Municipal, Consejos territoriales de planeación y formulación del Plan de Ordenamiento Territorial. |
| Resolución 1096 de 2000 | Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento - RAS. |

| | | |
|--------------------|------|---|
| Decreto de 2008 | 4066 | Por el cual se modifican los artículos 1, 9, 10, 11, 14, 17,18 Y 19 del Decreto 3600 de 2007 y se dictan otras disposiciones |
| Decreto de 2010 | 2372 | Este decreto reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y las categorías de manejo que lo conforman además de otras disposiciones. |
| Decreto de 2012 | 1640 | Reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. |
| Decreto de 2015 | 1076 | Esta versión incorpora las modificaciones introducidas al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. |
| Resolución de 2015 | 0631 | Norma de vertimientos: permite el control de sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades presentes en ocho sectores económicos del país. |

Fuente Elaboración Propia, 2023.

3. METODOLOGÍA

Con el fin de Evaluar la afectación del recurso hídrico por el vertimiento de las aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones”, en el municipio de Piendamocauca, y dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el presente documento, se planteó una metodología que contempla tres fases, que se detallan a continuación:

3.1 Fase I. Diagnóstico de la situación actual de los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones”.

Para el desarrollo de este ítem, se realizó en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas “Media loma” y “Farallones”, un monitoreo. Los puntos a monitorear fueron 3 por cada planta:

1. El efluente de la PTAR
2. Un punto en la quebrada antes del vertimiento
3. Un punto en la quebrada después del vertimiento.

En cada uno de estos puntos se efectuó cuatro (4) actividades, la medición del caudal, la toma de las muestras, medición de los parámetros fisicoquímicos y los análisis de la información como se describen a continuación:

Actividad 1. Medición del caudal: En esta actividad se realizó la medición del caudal del efluente y del cuerpo receptor.

Caudal del efluente: Para el cálculo del caudal se aplicó el método volumétrico el cual consistió en colocar debajo de la descarga un balde plástico de 15 L con el fin de que se reciba todo el fluido hasta llenarlo por completo. Una vez comienza el proceso de llenado a través de un cronómetro se tomó el tiempo que tarda el recipiente en llenarse. Con los datos obtenidos con relación al volumen y el tiempo se procedió a calcular el caudal aplicando la siguiente ecuación

$$Q = \frac{v}{t}$$

Dónde:

Q= Caudal volumétrico (m³/s)

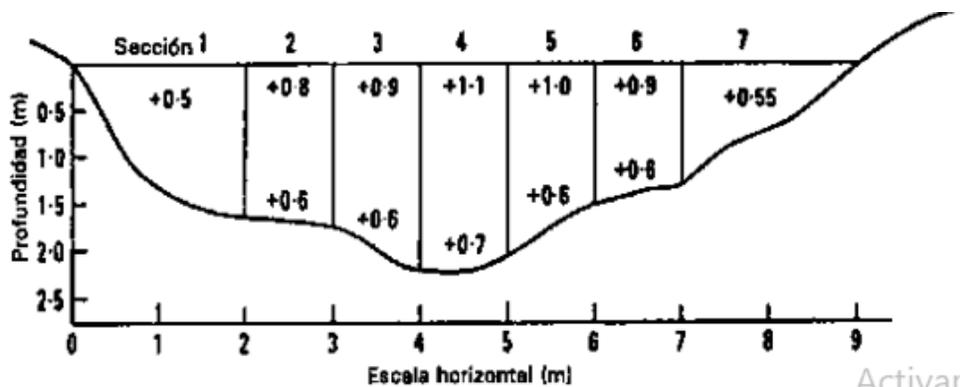
V= Volumen del líquido (m³)

T= Tiempo del flujo (s)

Una vez obtenida esta información (Volumen, caudal, tiempo) se diligencio en la siguiente planilla la cual es proporcionada por la entidad.

Caudal de la fuente hídrica: En este caso se aplicó el método de área- velocidad, el cual consiste en medir la longitud del cauce con el objetivo de definir las secciones transversales de la fuente, una vez fueron definidas se procedió a medir la altura de la lámina de agua en cada abscisa, para ello se implementó una barra de acero y con una cinta métrica se midió hasta donde se evidencio la altura mojada; en cuanto a la velocidad se utilizó un molinete siempre a una altura de 2/3 de la lámina de agua , este proceso se realizó en cada una de las secciones.

Figura 1. Sección Transversal en el punto de aforo.



Fuente: Aguilar & solano G, 2018.

Activar

Con los datos obtenidos del ancho, la altura de la lámina de agua y la velocidad se calculó el caudal, utilizando la siguiente ecuación, los datos obtenidos por cada sección serán diligenciados en un formato asignando por la entidad.

$$Q = A * V$$

Actividad 2. Toma de las muestras: Para este ítem se efectuó en cada una de las plantas de tratamiento dos muestreos, el primero fue un muestreo compuesto y se efectuó en la salida de la planta; el segundo fue puntual y se realizó en los puntos de la quebrada antes y después del vertimiento.

En el efluente de la planta el muestreo compuesto se realizó a partir de las 8:50 a. m. Hasta la 12: 50 pm el período de muestreo fue de 4 horas y se dividió en ciclos de 20 minutos, para obtener un total de trece (13) alícuotas por Vertimiento.

En la fuente hídrica se tomaron por cada punto una muestra simple, se hizo en contra corriente. En total Se tomaron tres muestras por cada planta, dos de ellas de agua superficial y una de agua residual doméstica. Las muestras fueron colectadas en un frasco plástico con capacidad de 1L, tomada en contra corriente, debidamente rotulada y preservada a 4°C [16].

Actividad 3. Medición de los parámetros fisicoquímicos: Una vez obtenida la muestra del agua residual del efluente y de la fuente hídrica aguas arriba y aguas abajo, se procedió a enviarla a los laboratorios de la corporación autónoma regional del cauca (CRC), quienes fueron los encargados de analizarle los siguientes parámetros:

| Variable | Método |
|--------------------|-------------------------|
| pH | SM 4500-H B |
| DBO ₅ | SM5210B/SM4500-OG |
| DQO | SM5220D, modificado |
| SST | SM2540D |
| Grasas y Aceites | SM5520 B |
| Coliformes fecales | SM 9223 B |
| Coliformes totales | SM 9223 B |
| Nitritos | SM 4500-NO ₂ |
| Color | SM 2120 C |
| Dureza | SM 2340C |
| Alcalinidad | SM 2130 B |

Fuente: CRC, 2023.

Actividad 4. Análisis de la información: Una vez entregada la información de los análisis de calidad de agua en el vertimiento y en los cuerpos receptores, por parte de la CRC. Se procedió a comparar los resultados con los valores estipulados que establece la resolución 0631 de 2015, con el objetivo de establecer que parámetros cumplen o no con la norma.

Una vez comparados estos valores, se decide calcular el índice de calidad de agua - (ICA) aplicando la metodología de acuerdo a lo establecido por el IDEAM [18]; esto con el fin de relacionar en la fuente hídrica las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas generales en cuanto a su calidad que, en alguna medida, logra reconocer los problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico

Para la aplicación del ICA se tuvo en cuenta las siguientes variables como se puede apreciar en la Tabla 3: pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad eléctrica, Demanda química de oxígeno, Relación NT/PT y Sólidos suspendidos totales (IDEAM, 2015),

para su cálculo se utilizó la propuesta por Brown1 en la cual se realiza una suma lineal ponderada de los subíndices asociados a los parámetros y el peso específico asignado a cada uno de estos como se muestra en la ecuación 1.

$$\sum_i^6 = 1(Sub_i * w_i) \quad \text{ecuacion (1)}$$

Subi: Subíndice del parámetro i.

Wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi)

Tabla 3. Los pesos de los diversos parámetros son:

| Nº | Parámetro | Wi (Peso relativo) |
|----|-----------------------------|--------------------|
| 1 | pH | 0.15 |
| 2 | Oxígeno Disuelto | 0.17 |
| 3 | Conductividad | 0.17 |
| 4 | DQO | 0.17 |
| 5 | Relación NT/PT | 0.17 |
| 6 | Sólidos Suspendedos Totales | 0.17 |

Una vez determinado el valor del indicador, se califica la calidad de los cuerpos de agua, como se establece a continuación:

Tabla 4. Calificación de la calidad del agua

| Calificación de la calidad del agua | Categorías de valores que puede tomar el indicador | Color |
|-------------------------------------|--|----------|
| Buena | 0,91-1,00 | Azul |
| Aceptable | 0,71-0,90 | Verde |
| Regular | 0,51-0,70 | Amarillo |
| Mala | 0,26-0,50 | Naranja |
| Muy Mala | 0,00-0,25 | Rojo |

Fuente: IDEAM, 2011.

3.2 Fase II. Implementación de la matriz de impacto ambiental que permita analizar y cuantificar el nivel de afectación generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas.

Para la evaluación de impacto ambiental primero se elaboró una lista de chequeo, la cual fue estructurada teniendo en cuenta cada una de los componentes que han sido afectados y a su vez generan impactos ambientales debido a los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de las plantas de tratamiento “Media loma” y “Farallones. Una vez identificados los impactos y los componentes que se relacionan de forma directa o indirecta se procedió a realizar la valoración de los mismos a través del método de Vicente Conesa que permitió ponderar los impactos o características ambientales y destacar los más significativos, se presenta el siguiente modelo de matriz en tabla 5 [19].

Tabla 5. Modelo de evaluación de impactos

| FACTOR | IMPACTO | PARAMETROS | | | | | | | | SIGNIFICANCIA |
|--------|---------|------------|---|---|---|---|---|---|----|---------------|
| | | N | I | M | E | P | A | R | CA | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Fuente: Vicente Conesa, 1997.

El modelo de evaluación aplicado establece 7 atributos principales como es la naturaleza (N), es decir si es positivo o negativo; intensidad (I) o grado probable de destrucción; magnitud (M) relacionada con el entorno y sus efectos sobre este; extensión (E) corresponde al área de afectación del impacto; persistencia (P) o permanencia del efecto provocado por el impacto; la acumulación (A) evalúa la posibilidad del incremento progresivo; reversibilidad (R) referida a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, la valoración de estos atributos se realizó conforme a los siguientes criterios (Tabla 6).

Tabla 6. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental.

| Naturaleza del impacto (N) | | | |
|---|------------|----|--|
| Define el impacto | Positivo | + | Impacto Beneficioso |
| | Negativo | - | Impacto perjudicial |
| Intensidad (I) | | | |
| La intensidad tiene relación con el grado de afectación que puede producir la acción sobre el factor en consideración | Baja | 1 | El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 12, donde 12 expresará la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre estos dos rangos reflejan situaciones intermedias. |
| | Media | 2 | |
| | Alta | 3 | |
| | Muy Alta | 8 | |
| | Total | 12 | |
| Magnitud (M) | | | |
| Se refiere al grado de incidencia del impacto sobre el medio ambiente. Trata sobre la gravedad de las consecuencias | Baja | 1 | Efectos ambientales inexistentes, no se causan o no son significativos. |
| | Moderada | 2 | El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales; pérdida ambiental o económica mínima (menos de 100SMLMV) |
| | Media | 3 | El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales; pérdida ambiental o económica mínima (menos entre 100 y 300SMLMV) |
| | Alta | 4 | El impacto afecta gravemente los recursos naturales, o causa pérdidas económicas significativas (más de 100SMLMV) |
| Extensión (E) | | | |
| Corresponde al área de influencia del impacto, es decir al área hasta donde se manifiestan las consecuencias del suceso | Puntual | 1 | El impacto se localiza en un espacio reducido, dentro de las instalaciones. |
| | Parcial | 2 | El impacto se manifiesta dentro de la instalación sin salir de ella, pero en un área más amplia. |
| | Extenso | 4 | El impacto tiene manifestaciones fuera de la instalación |
| Persistencia (P) | | | |
| Corresponde al tiempo de permanencia del impacto | Fugaz | 1 | Las manifestaciones tienen duración inferior a un año |
| | Temporal | 2 | Duración entre 1 y 3 años |
| | Prolongado | 3 | El impacto dura entre 4 y 5 años. |
| | Permanente | 4 | Las consecuencias permanecen por más de 5 años. |

| Acumulación (A) | | | |
|--|---------------|---|--|
| Incremento progresivo | Simple | 1 | Cuyo efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental |
| | Acumulativo | 4 | El efecto se prolonga en el tiempo y se incrementa progresivamente su gravedad y carece de mecanismos de eliminación |
| Reversibilidad (R) | | | |
| Es una medida del retorno a las condiciones originales, sin el uso de tecnología | Corto plazo | 1 | El retorno a condiciones originales toma menos de 1 año. |
| | Mediano plazo | 2 | Se requieren de 1 a 5 años |
| | Largo plazo | 4 | El retorno a condiciones originales toma más de 5 años |

Fuente: Vitora, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T., 2010.

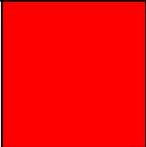
Una vez asignada la calificación de manera subjetiva de cada uno de los parámetros se procedió a establecer la clasificación ambiental a través del cálculo de la importancia mediante la ecuación numero 2 [15]. Con cada uno de los resultados arrojados mediante la formula se clasifica el impacto según el dato obtenido si se encuentra en la escala de 51-57 en severo, moderado (26-50) , irrelevante (<25) o crítico (<76) como lo establece la Tabla7.

$$CA = 3I + 2E + M + P + A + R \quad \text{ecuacion (2)}$$

Dónde: CA: Calificación Ambiental; I: Intensidad; E: Extensión, M: Magnitud; P: Persistencia; A: Acumulación; R: Reversibilidad.

Tabla 7. Rangos de clasificación de los Impactos

| IMPACTO | VALOR | COLOR | Descripción |
|-------------|-------|-------|--|
| Irrelevante | <25 | | Son generalmente puntuales, de baja intensidad reversibles en el corto plazo. El manejo recomendado es control y prevención |
| Moderado | 26-50 | | Son impactos generalmente de intensidad media o alta, reversibles en el mediano plazo y recuperable en el mismo plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención y mitigación |
| Severo | 51-75 | | Son generalmente de intensidad muy alta o total, extensión local e irreversibles (>10 años). Para su manejo se requieren medidas de control, prevención, mitigación y hasta compensación |

| | | | |
|--------------|-------|---|--|
| Critico | >76 |  | Son generalmente de intensidad alta o muy alta, persistentes, reversibles en el mediano plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención, mitigación y hasta compensación |
| Leve (+) | <45 |  | Leves, sin modificaciones significativas al ambiente |
| Alto (+) | 46-75 |  | Altos con mejoras significativas a los factores ambientales |
| Muy alto (+) | >75 |  | Con mejoras totales de las condiciones ambientales |

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental: Conesa Fernández - Vitoria, Vicente (4a. ed.), 2010.

3.3 III. Formulación de las fichas de manejo ambiental con el fin minimizar los impactos generados por el desarrollo de la actividad en la fuente hídrica.

Para esta fase se formularon una serie de acciones preventivas o correctivas mediante fichas de manejo ambiental, cada acción está establecida con el objetivo de mitigar, prevenir o compensar cualquiera de los componentes afectados en la fuente hídrica, los cuales fueron identificados a través de la matriz de los impactos.

La ficha de manejo ambiental consta de cinco componentes principales [20]:

1. Objetivos: Determinan el alcance a largo mediano o corto plazo de las acciones.
2. Impactos ambientales: Impactos que se generaron o pueden generarse en el transcurso del tiempo
3. Acciones a desarrollar: Actividades de recuperación, restauración o rehabilitación encaminadas a dar solución a la afectación de los diversos componentes ambientales.
4. Tipo de medida: establece el tipo de medidas
5. Fase de aplicación: hace referencia al lapso de tiempo más adecuado para ejecutar cada una de las actividades programadas
6. Indicador de Medición: es el porcentaje por el cual se establece el cumplimiento o incumplimiento de la actividad.
7. Responsable: Hace referencia a la entidad o a la persona a quien corresponder ejecutar las actividades programadas.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

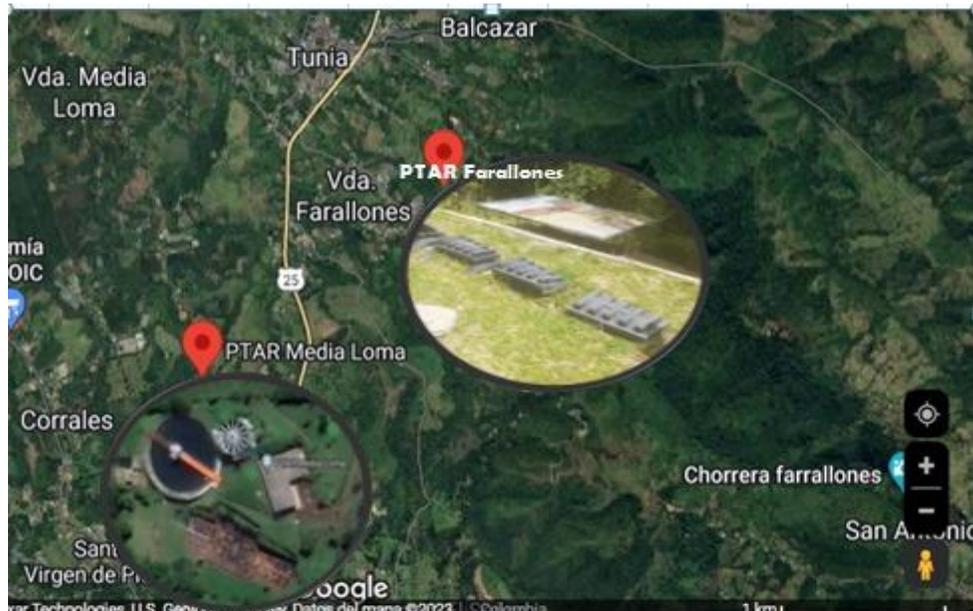
En este capítulo se presenta los resultados obtenidos en la identificación de la zona de estudio, ubicación generalidades de la planta de tratamiento, las caracterizaciones fisicoquímicas que se efectuó al vertimiento y a las fuentes hídricas con el fin de evidenciar la situación de las plantas y su funcionamiento, para continuar con el proceso de identificación de factores impactados por sus descargas.

4.1 Diagnóstico de la situación actual de los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las descargas de los sistemas de tratamiento “Media loma” y “Farallones.

4.1.1. Descripción del área de estudio.

En la Figura 2, se puede evidenciar que las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas se encuentran en la zona rural del municipio de Piendamó Cauca, la planta Media Loma se encuentra ubicada bajo las siguientes coordenadas al N78581 9,10 W 105980 2,45 y realiza su descarga en la Quebrada Media Loma, la planta Farallones al N78648 5,31 y al W106083 8,36 su vertimiento lo realiza en la Fuente hídrica Litigios.

Figura 2. Zonas de estudio.



Fuente: Google earth, 2023.

A continuación, se describen cada una de las características de los sistemas de las dos plantas de tratamiento de las aguas residuales domesticas:

Tabla 8. Planta Media loma

| DESCRIPCIÓN | PTAR MEDIA LOMA |
|---|--|
| Tipo de tecnología PTAR: | SEDIMENTADOR + PERCOLADOR+ BIODIGESTOR |
| Tipo del material filtrante | R+P |
| Nombre cuerpo receptor: | Quebrada Media Loma |
| Cuenca receptora: | Zona Hidrográfica Cauca |
| Capacidad PTAR (Capacidad de diseño): | 16.000 habitantes aprox. |
| Cobertura PTAR (No. de habitantes): | 15.800 habitantes aprox. |
| No. de habitantes del lugar: | 28.000 habitantes aprox. |
| Existen otras PTAR en el sector (cuantas/ cuales) | Betania Los Vivas |

| UNIDADES DEL SISTEMA DE TRTAMIENTO | |
|------------------------------------|--|
| Tratamiento Preliminar | |
| Sistema de aliviadero de caudales | Cámara en concreto con tapa metálica. |
| Cámara de cribado | Estructura en concreto, con tapa metálica. |
| Cámara de distribución de caudales | Estructura en concreto y tapa en concreto. |
| Tratamiento Primario | |
| Sedimentador primario | Tapas metálicas, compartimiento para tuberías de evacuación de lodos. |
| Tratamiento Secundario | |
| Filtro percolador | Un (1) filtro percolador cilíndrico en concreto. |
| Un (1) clarificador secundario | Un clarificador cilíndrico en concreto. |
| Tratamiento de Lodos | |
| Lecho de secado | Dos (2) lechos de secado de lodos con cubierta. |
| Biodigestor de lodos | Dos (2) tanques Biodigestores de lodos de 30 m ³ de capacidad cada uno, en fibra de vidrio. |
| Obras Complementarias | |
| Estación de bombeo | Dos bombas con motor eléctrico. |
| Tanque de almacenamiento | Un (1) tanque de almacenamiento en concreto. |
| Cerramiento Perimetral. | Postes de madera y alambre de púas. |
| Caseta Operario | Si |
| Zonas verdes | Buen estado. |
| Acceso a la PTAR | Estado regular debido al terreno tan empinado |
| TOTALES | |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| Estado de la Obra: | BUEN ESTADO |
| Funcionamiento de la Obra: | EN FUNCIONAMIENTO |

Tabla 9. Planta Farallones

| DESCRIPCIÓN | PTAR FARALLONES |
|--|--|
| Tipo de tecnología PTAR: | TS+FAFA Sistema Integrado de 20.000 litros |
| Tipo del material filtrante del FAFA: | Rosetas |
| Nombre cuerpo receptor: | Quebrada Los Litigios |
| Cuenca receptora: | Zona Hidrográfica Cauca |
| Capacidad PTAR (Capacidad de diseño): | Máximo 150 hab. 300 hab (aprox) |
| Existen otras PTAR en el sector cuales | Si. |

| UNIDADES DEL SISTEMA DE TRTAMIENTO | |
|------------------------------------|---|
| Tratamiento Preliminar | |
| Cámara de entrada al sistema | Estructura en concreto con tapa en lamina de alfajor y una canaleta que sirve de aliviadero de caudal |
| Cámara de Cribado | Cámara en concreto, con rejas para cribado y tapa en lamina de alfajor |
| Caja de distribución de Caudal | Cámara en concreto cuyo objetivo es distribuir el caudal hacia el tratamiento primario. |
| Tratamiento Primario | |
| Tanque Séptico | Sistema integrado tipo rotoplast |
| Tratamiento Secundario | |
| Filtro Anaeróbico | Sistema integrado tipo rotoplast con rosetas plásticas. |
| Tratamiento de Lodos | |
| Lecho de secado | En concreto, estructura metálica y cubierta en teja translúcida. |
| Obras Complementarias | |
| Cerramiento Perimetral. | Postes en madera y alambre de púas |
| Caseta Operario | No tiene |
| Zonas verdes | En mal estado |
| TOTALES | |
| Estado de la Obra: | BUEN ESTADO |
| Funcionamiento de la Obra: | EN FUNCIONAMIENTO |

En la visita de seguimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, Media Loma y Farallones, del municipio de Piendamó, se verifico el estado general

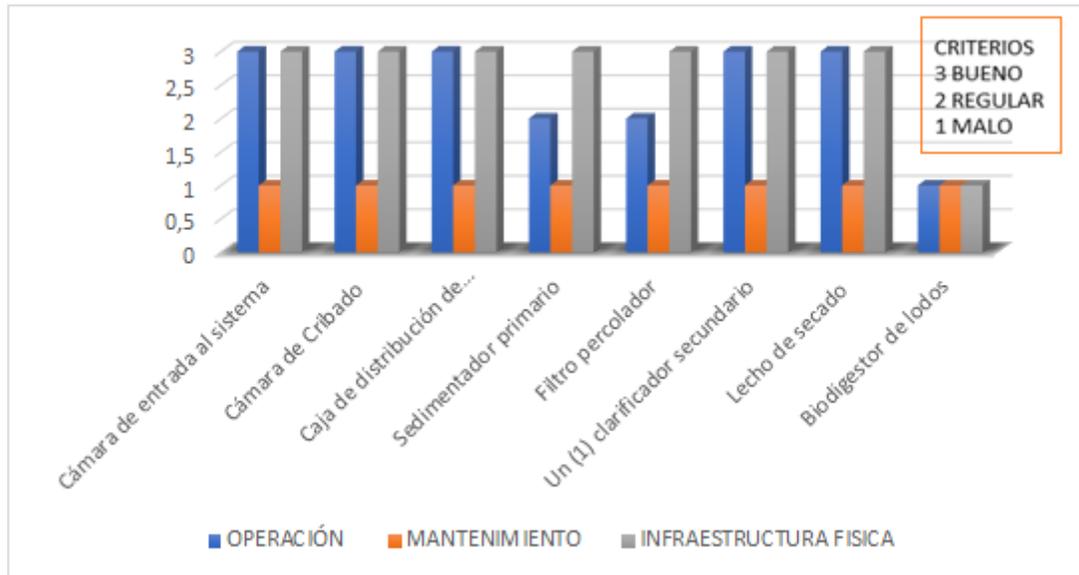
y funcionamiento de las plantas; la cual se realizó sin ningún inconveniente, encontrando que en ese momento las plantas estaban operando de manera normal, encontrando los siguientes escenarios:

Mediante inspección ocular a la PTAR media loma se pudo evidenciar lo siguiente:

1. Se constata que la infraestructura de la PTAR cuenta con: obras de acceso, obras de circulación, cerramiento perimetral, obras para manejo de escorrentía y caseta de operario.
2. Se pudo observar que el acceso a la planta de tratamiento es difícil debido a que la vía no cuenta con afirmado, lo que puede generar accidentes de trabajo.
3. Se pudo observar en la cámara de alivio entra mucho caudal posiblemente por aguas lluvia y conexiones erradas.
4. El sedimentador se encuentra en buen estado. Se recomienda realizarle limpieza ya que se observa la presencia de natas.
5. El día de la visita se observa que el personal de la planta realiza de manera manual el encendido y apagado de la bomba, lo cual no debería ser así. La bomba debe estar en continuo funcionamiento.
6. El área de secados de lodos se encuentra funcionando y se observa que le han hecho mejoras a la infraestructura.
7. Finalmente, los biodigestores no se encuentran funcionando. Se puede observar que uno se encuentra totalmente deteriorado.

Como se puede apreciar en la figura 3, El mantenimiento de PTAR comprendido durante la vista, es deficiente ; considerando que las unidades o elementos analizados como, cámara de cribado, el lecho de secado de lodos, el filtro percolador, sedimentador, y demás elementos recibieron mantenimiento durante una sola ocasión, a causa del desconocimiento del personal encargado de la administración y manejo del sistema de tratamiento, ocasionando de esta manera una regular operación de estas unidades; cabe mencionar que la infraestructura de los componentes de la PTAR se encuentran en buen estado a diferencia de los biodigestores de lodos que su infraestructura esta mala teniendo en cuenta que uno se encuentra deteriorado y el otro dañado; se evidencia además un excesivo crecimiento de malezas en el interior y exterior de la PTAR que con el tiempo podrían afectar la infraestructura de la misma

Figura 3. PTAR. Media Loma



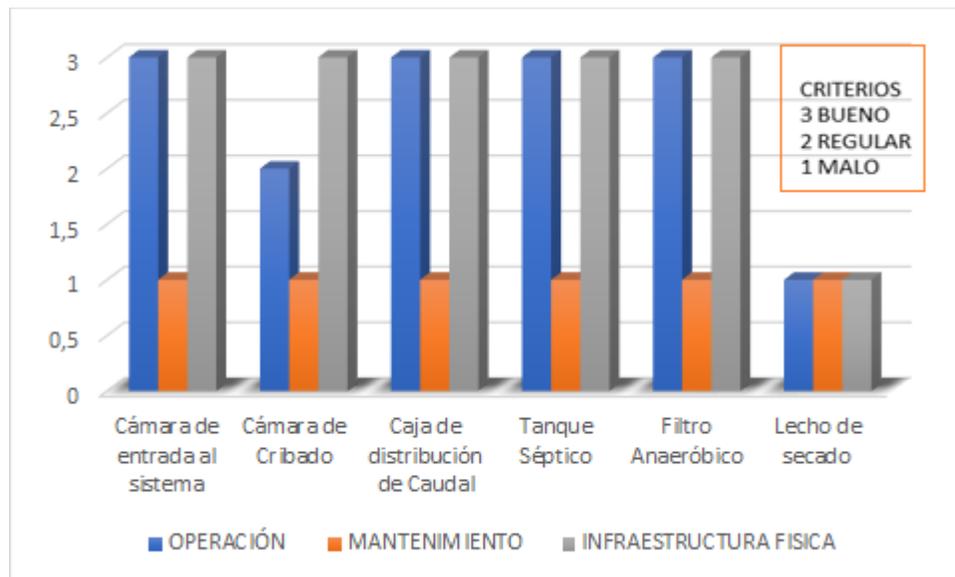
Fuente: Propia

Finalmente, en la PTAR Farallones se encontró la siguiente situación como se evidencia en la Figura 4:

1. Se constata que la infraestructura de la PTAR cuenta con un acceso adecuado y con cerramiento perimetral con postes de madera y alambre de púas.
2. La PTAR NO cuenta con caseta del operario y con los materiales adecuados de protección y operación para la limpieza y mantenimiento.
3. Se verificó que el sistema se encuentra en operación, aunque se evidencia la falta de mantenimiento del sistema.
4. Las estructuras en general se encuentran en buen estado y se debe realizar la adecuación de los lechos de secado.
5. Se recomienda realizarle al tanque séptico y al FAFA (sistema integrado) limpieza ya que se observa la presencia de natas.
6. El área de secados de lodos se encuentra en mal estado. Se debe realizar la adecuación del mismo.

Las condiciones de la infraestructura física de las unidades de la planta se encuentran en buen estado, a excepción de la unidad del lecho de secado que se encuentra en mal estado. En cuanto a el mantenimiento de PTAR, es malo; considerando que las unidades o elementos analizados como, los filtros biológicos, Tanque séptico y demás elementos no se les realiza actividades de mantenimiento, debido a que no se cuenta con los materiales adecuados de protección y operación para la limpieza y mantenimiento de las unidades (ver. Figura 4). Cabe resaltar que la evacuación de los lodos procedentes del pre tratamiento y tratamiento primario, como el manejo inadecuado y la mala disposición final de lodos, sumado al retro lavado de los filtros biológicos conllevan a la generación de impactos ambientales negativos, principalmente aquellos relacionados con las descargas directas realizadas sin tratamiento del agua durante el tiempo que dure el mantenimiento, sea por la descarga del agua residual generada en el tratamiento de lodos en el lecho de secado o por el agua residual y los lodos activos descargados producto del mantenimiento de los filtros biológicos y aquellos impactos ambientales relacionados con el riesgo de afectación a la salud .

Figura 4. PTAR. Farallones



Fuente: Propia

4.1.1. Caracterización Físicoquímica de los vertimientos:

Los resultados obtenidos en este inciso están basados en cada uno de los puntos monitoreados en las dos las plantas de tratamiento de aguas residuales Media Loma y Farallones, georreferenciados bajo las siguientes coordenadas:

Tabla 10. Puntos Monitoreados

| PTAR | PUNTOS DE MONITOREO | COORDENADAS | | |
|------------|---|-------------|--------------|------|
| | | N | W | ASNM |
| MEDIA LOMA | Salida PTAR Media Loma | 2°39'33.7'' | 76°32'24.9'' | 1818 |
| | Quebrada Media Loma, antes de vertimiento | 2°39'32.4'' | 76°32'26.3'' | 1810 |
| | Quebrada Media Loma, después de vertimiento | 2°39'34.3'' | 76°32'24.9'' | 1802 |
| FARALLONES | Salida PTAR Farallones | 2°39'51.4'' | 76°31'38.6'' | 1777 |
| | Quebrada Los Litigios, antes de vertimiento | 2°39'52.3'' | 76°31'38.1'' | 1776 |
| | Quebrada Los Litigios, después de vertimiento | 2°39'51.2'' | 76°31'39.2'' | 1774 |

Fuente: Propia

A continuación, se muestra los valores promedio para la muestra compuesta del vertimiento de las de las dos plantas de aguas residuales domésticas y los valores correspondientes a la muestra puntual in situ aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de las dos quebradas Media Loma y Litigios, permitiendo establecer el comportamiento de los parámetros medidos en campo como es Conductividad, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Caudal y Solidos Sedimentables, tomados en cada punto durante la jornada; el monitoreo completo se establece en la tabla 11.

Tabla 11. Monitoreo de la PTAR media Loma y Farallones

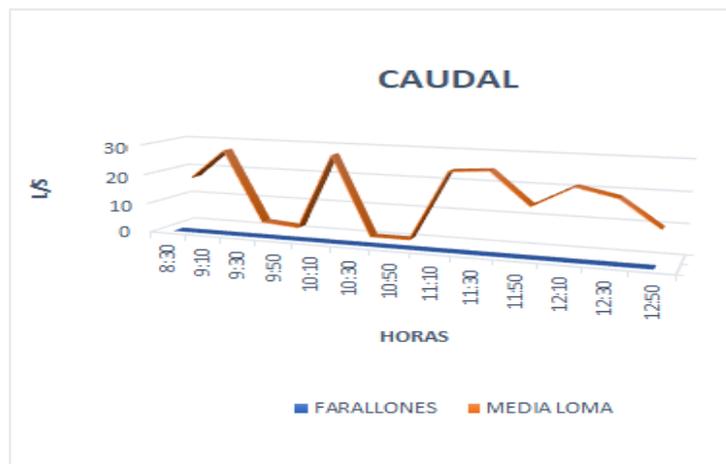
| PTAR FARALLONES | | | | | | | | PTAR MEDIA LOMA | | | | | | | |
|-----------------|----------|------------|--------------|-----------|-------------------|-----------------------|---------------|-----------------|----------|------------|--------------|-----------|-------------------|-----------------------|---------------|
| Hora | Vol. (L) | Tiempo (s) | Caudal (L/s) | pH Unidad | Temperatura (° C) | Conductividad (mS/cm) | Alicuota (ml) | Hora | Vol. (L) | Tiempo (s) | Caudal (L/s) | pH Unidad | Temperatura (° C) | Conductividad (mS/cm) | Alicuota (ml) |
| 8:30 | 0,64 | 4 | 0,16 | 7,19 | 19,6 | 464 | 153 | 8:50 | 9,95 | 0,59 | 16,864 | 7,3 | 19,76 | 490,1 | 153 |
| 9:10 | 0,67 | 4,19 | 0,159904535 | 7,04 | 19,3 | 454,2 | 153 | 9:10 | 10,74 | 0,4 | 26,850 | 7,32 | 19,91 | 490,7 | 153 |
| 9:30 | 0,73 | 4,56 | 0,160087719 | 6,97 | 19,4 | 450,5 | 153 | 9:30 | 8,14 | 3,35 | 2,430 | 7,28 | 20 | 488,5 | 153 |
| 9:50 | 0,65 | 3,34 | 0,194610778 | 6,94 | 19,4 | 453,6 | 153 | 9:50 | 4,85 | 3,44 | 1,410 | 7,32 | 20,03 | 487,9 | 153 |
| 10:10 | 0,73 | 3,25 | 0,224615385 | 6,89 | 19,3 | 457,1 | 153 | 10:10 | 13,54 | 0,5 | 27,080 | 7,36 | 20,37 | 486,1 | 153 |
| 10:30 | 0,75 | 3,13 | 0,239616613 | 6,88 | 19,5 | 461,4 | 153 | 10:30 | 3,97 | 5,59 | 0,710 | 7,46 | 21,1 | 484,5 | 153 |
| 10:50 | 0,73 | 3,41 | 0,214076246 | 6,9 | 23,5 | 456 | 153 | 10:50 | 3,72 | 5,63 | 0,661 | 7,56 | 21,87 | 485,2 | 153 |
| 11:10 | 0,68 | 3,72 | 0,182795699 | 6,85 | 21,6 | 456,7 | 153 | 11:10 | 10,41 | 0,44 | 23,659 | 7,3 | 22,26 | 492,3 | 153 |
| 11:30 | 0,71 | 3,5 | 0,202857143 | 6,89 | 23,3 | 454,7 | 153 | 11:30 | 13,74 | 0,56 | 24,536 | 7,3 | 22,71 | 492,1 | 153 |
| 11:50 | 0,67 | 3,94 | 0,170050761 | 6,83 | 23,5 | 453,7 | 153 | 11:50 | 10,06 | 0,72 | 13,972 | 7,32 | 23,14 | 491 | 153 |
| 12:10 | 0,61 | 5,13 | 0,118908382 | 6,88 | 21,3 | 456,8 | 153 | 12:10 | 12,32 | 0,59 | 20,881 | 7,29 | 20,24 | 490,8 | 153 |
| 12:30 | 0,59 | 5,38 | 0,109665428 | 6,92 | 20,1 | 454,6 | 153 | 12:30 | 13,07 | 0,72 | 18,153 | 7,23 | 20,2 | 484,5 | 153 |
| 12:50 | 030,69 | 6,1 | 0,113114754 | 7,01 | 20,4 | 456,8 | 164 | 12:50 | 7,63 | 0,81 | 9,420 | 7,28 | 20,18 | 488,1 | 164 |
| Promedio | 0,68 | 4,13 | 0,17 | 6,94 | 20,78 | 456,16 | | Promedio | 9,40 | 1,80 | 14,36 | 7,33 | 20,91 | 488,60 | |
| Max | 0,75 | 6,10 | 0,24 | 7,19 | 23,50 | 464,00 | | Max | 13,74 | 5,63 | 27,08 | 7,56 | 23,14 | 492,30 | |
| Min | 0,59 | 3,13 | 0,11 | 6,83 | 19,30 | 450,50 | | Min | 3,72 | 0,40 | 0,66 | 7,23 | 19,76 | 484,50 | |

Fuente Elaboración Propia, 2023.

Teniendo en cuenta los resultados representados en la tabla anterior se describen los siguientes datos:

El caudal promedio que maneja la planta de tratamiento Farallones y Media Loma basados en los datos recolectados durante los muestreos y visitas realizadas, para la primera planta de es de 0,17 (l/s) y para la segunda de 14, 36 (l/s). Como se puede observar en la Figura 5, los caudales del vertimiento en la planta Media Loma y Farallones no son constantes, se pueden identificar ciertas variaciones como es el caso de las horas de la mañana 10 am a las 11 am, que es el horario en las que se recibe la mayor cantidad de agua residual, teniéndose un caudal máximo de 27.08 l/s para la planta Media Loma y 0.24 l/s para Farallones, horas en las que empieza la actividad en las viviendas, en cuanto al uso de servicios sanitarios, duchas y preparación de alimentos. Evidentemente, en el horario de 8 a 10, son las horas en que hay de menor caudal recibido.

Figura 5. Caudal de los vertimientos

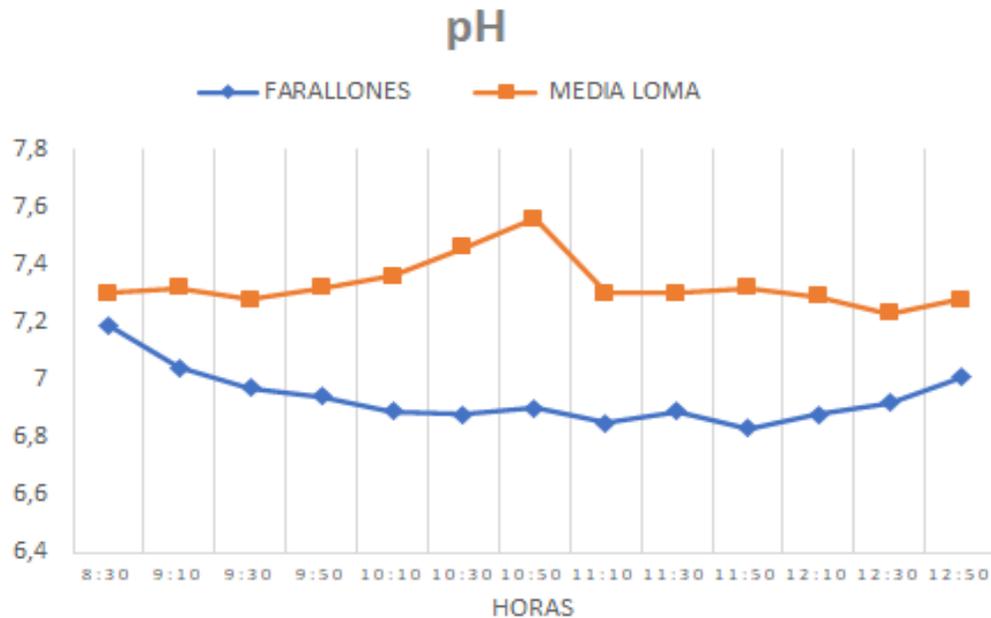


Fuente: elaboración propia, 2023.

El pH tiene un rango muy amplio para cumplir con la legislación, esto para no alterar las características del cuerpo receptor, pero además es de importancia porque fuera de este rango se dificulta el tratamiento del agua por métodos biológicos debido a que la vida de los microorganismos que ayudan a la depuración del agua se ve afectada a niveles de pH muy altos o muy bajos. El pH del agua pura es 7, con la disociación de las moléculas del agua, reacciones químicas y la adición de sustancias se pueden dar cambios en el pH del agua [21,22]. A pesar de que el agua en cuestión es residual, el pH del efluente Media Loma y Farallones se

mantiene dentro de 6,8 y 7,2 lo que quiere decir que se encuentra dentro de los límites exigidos por la normatividad vigente, ver. (Figura 6).

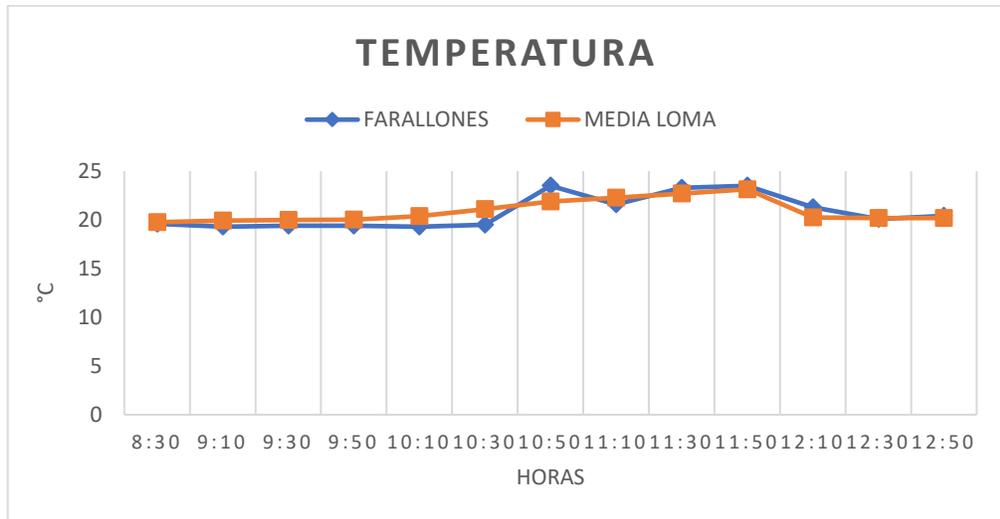
Figura 6. Niveles de pH de los vertimientos



Fuente: elaboración propia, 2023.

Al igual que el pH, la temperatura puede aumentar o disminuir la velocidad de las reacciones químicas, además, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se ve reducida al aumentar la temperatura, esto podría afectar la vida de los microorganismos necesarios para el saneamiento del agua residual y los seres vivos en general que se encuentre en el cuerpo receptor o dependa de este. Es por estos aspectos que se debe controlar la temperatura del agua durante su tratamiento y previo a su vertido para evitar efectos no deseados. La temperatura promedio del agua que manejan las plantas de tratamiento es de 28,5 °C y los dos efluentes mantienen una temperatura entre 20,7°C y 20,9°C, encontrándose dentro del rango permisible para dicho parámetro, cumpliéndose sin problema la legislación (Figura 7).

Figura 7. Temperatura en los vertimientos



Fuente: elaboración propia, 2023.

Una vez aplicado en cada uno de los causes el método de área- velocidad, se obtuvo para la fuente hídrica Litigios antes del vertimiento un ancho del río de 0.40 m y después del vertimiento un ancho de 0.70 m y para el cauce hídrico Media Loma antes del vertimiento un ancho del río de 1.60 m y después del vertimiento un ancho de 2.10 m. Con cada una de estas longitudes se definió para cada uno de los puntos antes y después las siguientes secciones transversales

Tabla 12. Datos de la fuente litigios y Media Loma

| Quebrada | punto | Sección | Velocidad (m/s) | Profundidad (m) | Ancho(m) | Caudal (m³/s) | Caudal (l/s) | |
|----------|-------------------------|---------|-----------------|-----------------|----------|---------------|----------------|-------------|
| Litigios | Antes del vertimiento | 1 | 0.1 | 0,075 | 0.20 | 0.0015 | 1.5 | |
| | | 2 | 0.1 | 0,060 | 0.25 | 0.0015 | 1.5 | |
| | | 3 | 0.1 | 0.030 | 0.25 | 0.00075 | 0.75 | |
| | | | | | | | 0.00375 | 3.75 |
| | Después del vertimiento | 1 | 0.3 | 0.060 | 0.20 | 0.0036 | 3.6 | |
| | | 2 | 0.2 | 0.040 | 0.20 | 0.0016 | 1.6 | |
| | | | | | | 0.0052 | 5.2 | |

| Quebrada | punto | Sección | Velocidad (m/s) | Profundidad (m) | Ancho(m) | Caudal (m³/s) | Caudal (l/s) |
|------------|-----------------------|---------|-----------------|-----------------|----------|---------------|--------------|
| Media Loma | Antes del vertimiento | 1 | 0.3 | 0.22 | 0.4 | 0.0264 | 26.4 |
| | | 2 | 0.2 | 0.25 | 0.4 | 0.02 | 20 |
| | | 3 | 0.1 | 0.23 | 0.4 | 0.0092 | 9.2 |
| | | 4 | 0.3 | 0.25 | 0.4 | 0.03 | 30 |
| | | | | | | | 0.0856 |

| | | | | | | | |
|--|-------------------------|---|-----|-------|-----|---------|---------|
| | Después del vertimiento | 1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.016 | 16 |
| | | 2 | 0.2 | 0.195 | 0.4 | 0.0156 | 15.6 |
| | | 3 | 0.2 | 0.174 | 0.4 | 0.01392 | 13.92 |
| | | 4 | 0.4 | 0.192 | 0.4 | 0.03072 | 30.72 |
| | | 5 | 0.3 | 0.22 | 0.4 | 0.0264 | 26.4 |
| | | | | | | | 0.10264 |

Fuente Elaboración Propia, 2023.

Con los datos obtenidos en la tabla 12, se puede establecer que el caudal ecológico para Media Loma de **188.2 l/s** y para Litigios de **8.95 l/s**. Dándonos a conocer que el caudal ecológico del cauce media loma es mayor (>) que el vertimiento (14.36 l/s), en Farallones sucede un escenario similar el caudal ecológico de la fuente es mayor (>) que el caudal de vertimiento (0,17 l/s), los datos obtenidos generan un aspecto importante en las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas debido a que si el caudal ecológico es > al caudal del vertimiento la fuente es capaz de autorregularse y generar procesos de autodepuración que ayuden a minimizar o a diluir la carga contaminante, evitando en ella procesos de eutrofización.

4.1.2. Análisis de la medición de los parámetros fisicoquímicos:

En la tabla 13, se muestran los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en el vertimiento, en los puntos de las fuentes hídricas Media Loma y Litigios antes y después del vertimiento

Tabla 13. Medición de parámetros fisicoquímicos PTAR Farallones y Media Loma

| Variable | PTAR FARALLONES | | | PTAR MEDIA LOMA | | | Norma Valores Límites Máximos Permisibles RES.631/2015 |
|--------------------|----------------------------------|--|--|----------------------------------|--|--|---|
| | Punto 1- Salida Vertimiento PTAR | Punto 2. Quebrada Los Litigios, antes de Vertimiento | Punto 3. Quebrada Los Litigios, después de Vertimiento | Punto 1- Salida Vertimiento PTAR | Punto 2. Quebrada Media Loma, antes de Vertimiento | Punto 3. Quebrada Media Loma, después de Vertimiento | |
| DBO ₅ | 70,9 | < 10 | < 10 | 135 | < 10 | 16,1 | 90 (mg/l) |
| DQO | 152 | 62,3 | 24 | 324 | < 15 | 54,4 | 180 (mg/l) |
| SST | 136 | < 10 | < 10 | 42 | 16 | 16,7 | 90 (mg/l) |
| Grasas y aceites | < 10 | NA | NA | < 10 | NA | NA | 20 (mg/l) |
| Turbiedad | NA | 2,5 | 2,3 | NA | 9,52 | 8,91 | <=5 UNT |
| Color | NA | 32 | 34 | NA | 158 | 147 | <15 UPC |
| Dureza | NA | 20,5 | 25,0 | NA | 26,9 | 32,2 | 160 mg NO ₃ -N/ |
| Alcalinidad | NA | 24,2 | 26,6 | NA | 42 | 32,6 | |
| Nitratos | NA | 0,11 | 0,16 | NA | 0,41 | 0,34 | 10 mgCaCO ₃ /l |
| Nitritos | NA | < 0,02 | 0,18 | NA | 0,17 | 0,11 | 0.1 mg NO ₂ -N/l |
| Ortofosfatos | NA | < 0,1 | 0,11 | NA | 0,23 | 0,20 | |
| Coliformes Totales | NA | 6900 | 74000 | NA | 1560000 | 1520000 | 0 Ufc/100ml |
| Coliformes Fecales | NA | 0 | 8200 | NA | 620000 | 600000 | 0 Ufc/100ml |
| Oxígeno Disuelto | | 4.91 | 4.21 | | 3.47 | 3.72 | (mg/l) |

Fuente Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2022.

Los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos permiten identificar que la calidad del agua de las dos quebradas Media Loma y Litigios se ha visto alterada principalmente por dos causas, la primera es la disposición directa de las aguas residuales provenientes de los asentamientos urbanos, y la segunda está relacionada con los vertimientos provenientes de las plantas de tratamiento que también están generando un cierto grado de afectación ambiental. La disposición directa de las aguas residuales ha causado en el cuerpo receptor la polución y contaminación bacteriana ocasionando que el agua de estas fuentes hídricas no sea apta para consumo humano sin un previo tratamiento, debido a que por sus altos niveles de coliformes fecales y totales podrían ocasionar serios problemas en la salud de sus habitantes [21]. En cuanto a los vertimientos provenientes de las plantas de tratamiento afectan directamente la calidad del recurso hídrico teniendo en cuenta que en cada planta de tratamiento alguno de sus unidades se encuentran deterioradas y en muchas ocasiones con falta de mantenimiento y limpieza.

Disposición directa de las aguas residuales Barrio Veraneras- fuente hídrica Media Loma



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

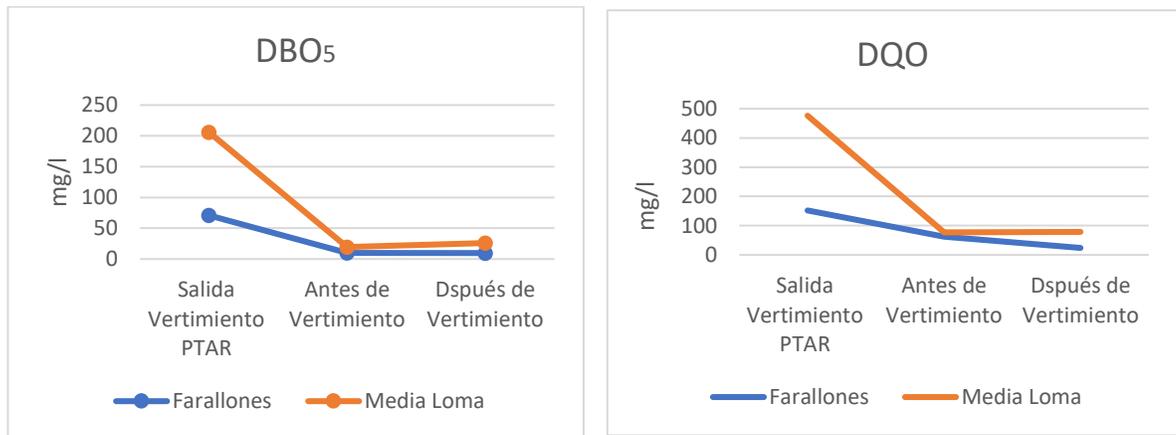
A continuación, se presentan la comparación de cada uno de los parámetros antes, durante y después del vertimiento:

❖ **DBO₅ y DQO**

Los resultados obtenidos en los niveles de Demanda biológica de Oxígeno en los 3 puntos monitoreados en el vertimiento (70,9 mg/l), antes (> 10mg/l), y después (> 10mg/l) del vertimiento en la planta Farallones se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma. A diferencia de la planta Media Loma los valores sobre

pasan la norma (res. 0631/15) en el punto del vertimiento en relación a los niveles de los parámetros de DBO₅ (135 mg/l) y la DQO (324 mg/l), este escenario puede ser asociado al funcionamiento de la planta debido a que en su tren de tratamiento algunas unidades correspondientes al tratamiento secundario (biológico) no están funcionando de manera adecuada. Sin embargo, a pesar de ello se puede mencionar que antes de estos puntos no se evidencia ningún tipo de descarga ilegal de aguas residuales que pueda generar algún tipo de intervención antrópica que pueda repercutir en el cauce. A diferencia del punto aguas abajo si bien es cierto que el vertimiento de la planta genera algún tipo de contaminación en una magnitud, esta afectación no se ve reflejada en esta parte debido a que los datos obtenidos evidencian que los valores en la DBO y DQO en vez de aumentar tienden a disminuir, posiblemente porque el cuerpo receptor tiene la capacidad de auto depurarse.

Figura 8. Niveles DBO₅ Y DQO



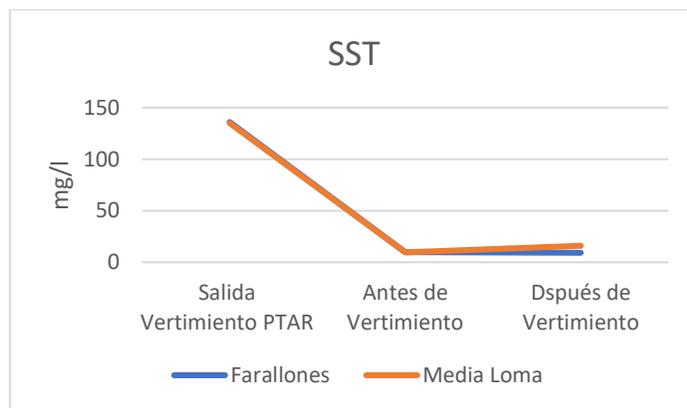
Fuente Elaboración Propia, 2023.

❖ SST

En cuanto a los valores obtenidos en el vertimiento de la planta Farallones los únicos que sobrepasan la norma son los sólidos suspendidos totales, este escenario se da teniendo en cuenta que en la actualidad el cribado presenta problemas en el mantenimiento periódico que se le debe realizar. Sin embargo, a pesar de ello se puede denotar que antes y después del vertimiento los valores se encuentran dentro de la norma (100mg /l) y van disminuyendo de un punto a otro. Caso contrario sucede en la PTAR Media Loma, los niveles de sólidos suspendidos totales en la parte aguas arriba y aguas abajo, se encuentran dentro de los valores límites establecidos por la resolución 0631/15 (100mg /l) ver. Figura 9.

Los sólidos totales encontrados pueden provenir de los minerales de las rocas o suelo que son arrastrados con la corriente. Las partículas suspendidas también son destructivas para muchos organismos acuáticos tales como los macro invertebrados que se encuentran en el agua. Pueden obstruir las branquias de los peces e interferir con su habilidad para encontrar alimento. También pueden enterrar las criaturas que viven en el fondo y los huevos, además de ello las partículas suspendidas pueden transportar contaminantes en el agua [35].

Figura 9. Niveles de SST



Fuente Elaboración Propia, 2023.

En cuanto a los resultados obtenidos en los demás parámetros como turbiedad nitritos, nitratos y coliformes fecales y totales en la quebrada antes y después del vertimiento no pueden relacionarse su aumento o disminución en base a la influencia directa de la descarga de cada una de las plantas debido a que estos parámetros no fueron medidos en este punto. Teniendo en cuenta que los parámetros de mayor importancia para determinar el funcionamiento de estos sistemas de tratamiento en la planta Media Loma y Litigios fueron únicamente los sólidos suspendidos y aquellos que miden la cantidad de materia orgánica presente en el agua, dentro de los cuales se encuentran la DBO y la DQO.

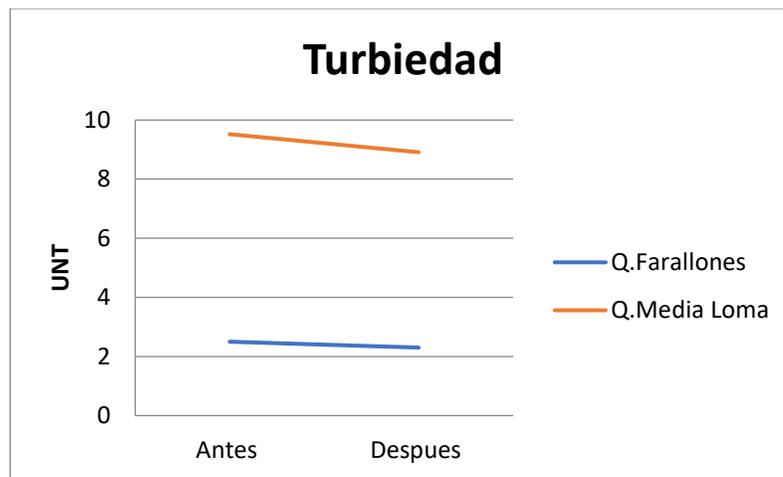
A continuación, se escribe en cada uno de los demás parámetros medidos en el punto antes y después de la fuente hídrica:

❖ **Turbiedad.**

Como se observa en la Figura 10, los valores de turbiedad encontrados en la fuente hídrica media loma son altos, presentan variaciones en la parte antes y después de la quebrada, en la parte antes se obtiene el mayor valor (9.52 UNT) a diferencia de los valores obtenidos en la parte después (8.91 UNT), los valores obtenidos en cada uno de los puntos son altos y no se encuentran dentro del límite establecido por la normatividad ambiental (5 UNT) [21]. Los valores altos de turbiedad pueden estar asociados por presencia de partículas en suspensión sean sedimentables o coloidales en aguas superficiales normalmente es producto de las precipitaciones pluviales por el lavado de suelo erosionable, Las partículas suspendidas absorben calor del sol reduciendo la concentración de oxígeno, dispersan la luz decreciendo la actividad fotosintética, afectando directamente la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema [22].

Sin embargo, en la fuente hídrica los Litigios los valores obtenidos de turbiedad son bajos y se encuentran dentro de la normatividad vigente y pueden estar asociados con la disminución de la velocidad de la corriente hídrica lo que ocasionaría que la mayor parte de las partículas tiendan a sedimentarse, sumado a ello en la parte antes y después de la cuenca hay presencia de vegetación lo que contribuye a que exista un proceso de disminución de las partículas en estos puntos [23].

Figura 10. Valores de turbiedad.

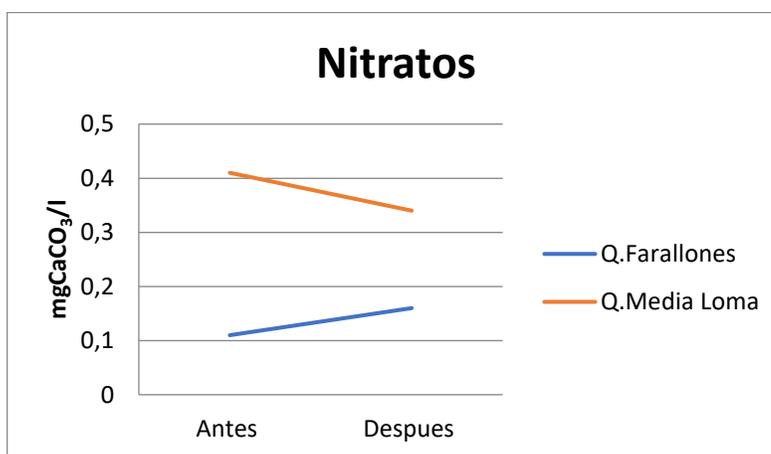


Fuente Elaboración Propia, 2023.

❖ Nitratos

Los valores de nitratos en las partes de las dos fuentes hídricas antes y después del vertimiento son bajos (Figura 11), se encuentran dentro del límite establecido por la legislación ambiental ($10 \text{ NO}_3\text{-N/l}$), la presencia de nitratos en la fuente hídrica está asociados a la disolución de las rocas y minerales. En las aguas superficiales se encuentra en bajas concentraciones [24].

Figura 11. valores de Nitratos.

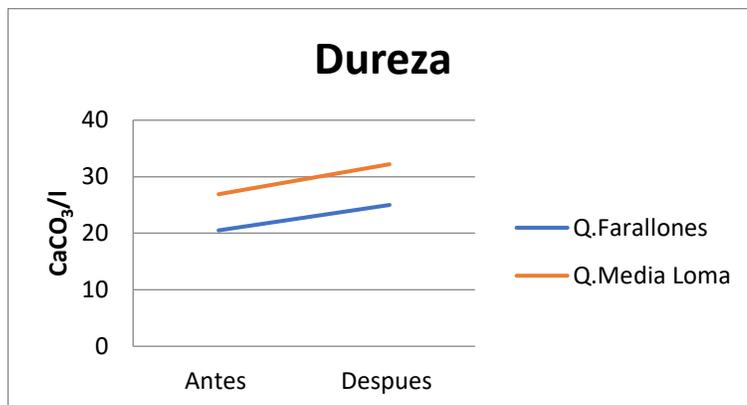


Fuente Elaboración Propia, 2023.

❖ Dureza

Los niveles de dureza en el agua como se observa en la Figura 12 en las dos fuentes hídricas van aumentando desde la parte alta en Media Loma ($26,9 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$) y en Farallones ($20,5 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$) de las quebradas hasta la parte baja de la mismas en farallones ($25,5 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$) y media Loma ($32,2 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$), Las variaciones que se realizan en cada uno de los puntos no son significativas sin embargo los valores obtenidos son valores bajos y se encuentran dentro del límite establecido por la legislación ambiental ($160 \text{ CaCO}_3/\text{l}$) [28]. Las aguas con bajas durezas se denominan blandas biológicamente son poco productivas, la productividad está generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones [29].

Figura 12. Valores de Dureza.

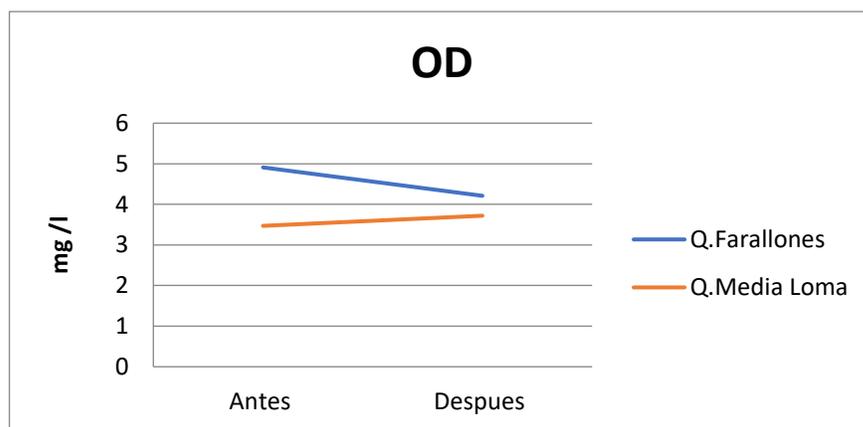


Fuente Elaboración Propia, 2023.

❖ Oxígeno Disuelto

En cuanto al oxígeno disuelto (Figura 13), en la quebrada Litigios y Media loma en la parte antes y después del vertimiento se obtienen valores bajos que varían de un punto a otro, el valor máximo de Oxígeno disuelto se denota en la fuente litigios (4.91 mg/l -4.21 mg/l), debido a que en el tramo se evidencia un terreno un poco inclinado permitiendo que el agua se oxigene.

Figura 13. Valores de Oxígeno Disuelto



Fuente Elaboración Propia, 2023.

Los valores más bajos se identifican en el cauce media loma (3.47 mg/l-3.72 mg/l) se observó que hay una disminución en comparación con el anterior vertimiento, esto se da debido a que aguas arriba los habitantes del barrio las veraneras no cuenta con red de alcantarillado y generan una descarga directa sin tratamiento al tramo de la fuente ocasionado que no se efectuó una rápida asimilación y/o recuperación del vertimiento y por lo tanto genera una disminución en el OD, además que esta zona en especial es un poco más plana y no se observa cambios de velocidad bruscos que ayuden a re airear con mayor facilidad en esta última parte del tramo, los valores bajos de oxígenos obtenidos reflejan que las dos fuentes hídricas son ecosistemas con tendencia a ser anaerobio ver. (Figura 14) [30]. La baja concentración de oxígeno disuelto en el agua es generalmente una indicación de contaminación, en estos puntos de las quebradas las condiciones difícilmente favorecen la diversidad de especies deseables como los peces, que en general pueden subsistir a concentraciones de OD superiores a 5 mg/L (SIAC, 2002) [31].

Figura 14. Descarga directa sin tratamiento de viviendas veraneras



Fuente: Propia, 2023.

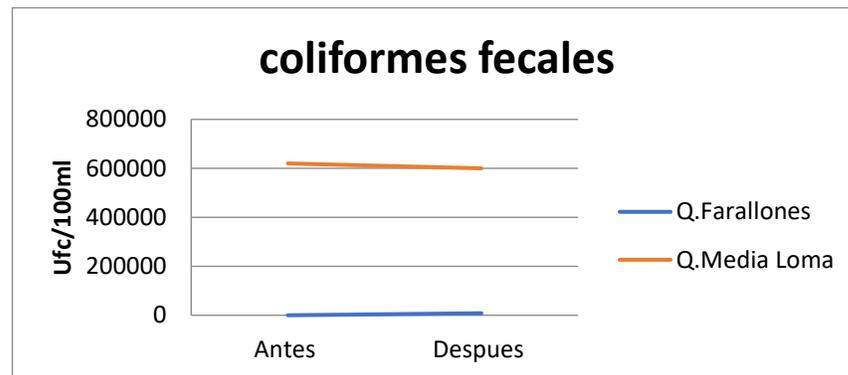
❖ **Coliformes fecales**

Como se muestra en la Figura 15, los valores de coliformes fecales en las dos fuentes fueron en la quebrada Media Loma en la parte antes (620.000 Ufc/100ml) y después del vertimiento (600.000 Ufc/100ml), los valores más bajos se presenta en el cauce los litigios en el punto después del vertimiento (8200 Ufc/100ml) teniendo en cuenta que antes de este los valores que se registran (0 Ufc/100ml)

sin embargo, los valores registrados en las dos fuentes hídricas son altos y no están dentro del límite establecido por la legislación ambiental (0 Ufc/100ml) a excepción del punto del punto antes del vertimiento de la quebrada litigios que es el único que se encuentra dentro de la norma [36]. Las coliformes fecales en la quebrada Media Loma provienen de las descargas directas de las aguas grises provenientes del barrio veraneras y las de la quebrada litigio después del vertimiento por actividades de ganadería que se efectúan en esa zona.

Las coliformes son indicadores de contaminación bacteriana debido a que son contaminantes comunes provenientes del tracto gastrointestinal, del hombre y de los animales de sangre caliente. La presencia de contaminantes fecales en el agua también contribuye a la eutrofización, así como también los volúmenes de agua con altos niveles de esta bacteria pueden contener una amplia gama de parásitos, bacterias y virus causantes de enfermedades.

Figura 15. Valores de coliformes Fecales



Fuente Elaboración Propia, 2023.

Para conocer la influencia que ejercen las cargas contaminantes de materia orgánica en la calidad del agua de la quebrada Litigios y media Loma, se procedió a calcular el ICA para cada uno de los tramos; lo cual determinó las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad cada uno de los cauces, permitiendo reconocer problemas de contaminación en los puntos de monitoreo seleccionados, para un intervalo de tiempo específico. [37]. El ICA se calculó, teniendo como soporte los resultados primarios puntuales obtenidos a partir del monitoreo realizado en una jornada de toma de muestra, a partir de 5 variables: oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, conductividad y potencial de Hidrogeno.

Conforme a lo establecido en la Clasificación del "ICA", el resultado arrojado para la quebrada Litigios en el tramo antes del vertimiento es catalogada como "**UN AGUA DE CALIDAD BUENA**" con los ICA dentro del rango de 0.91 - 1.00 y después

del vertimiento arrojo un resultado de “**UN AGUA DE CALIDAD ACEPTABLE**” con los ICA dentro del rango 0.71-0.90. Era de esperarse esta calificación teniendo en cuenta que la quebrada nace solo unos metros antes del vertimiento y luego de este es normal encontrar alguna afectación debido al vertimiento, encontrando niveles de oxígeno disuelto bajos. Por otro lado, se debe agregar que se evidencia una carga microbiana por presencia de coliformes totales y fecales debido al vertimiento (ver. Tabla 14). [38].

Tabla 14. ICA quebrada Litigios

| QUEBRADA LITIGIOS | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---|-------------------------|------------------|
| VARIABLES | Antes del vertimiento | | Después del vertimiento | |
| | VALOR DEL ICA | CALIFICACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL INDICADOR | VALOR DEL ICA | ° |
| Oxígeno disuelto | 0.91 | Buena | 0.85 | Aceptable |
| Sólidos suspendidos totales | | | | |
| Demanda Química de oxígeno | | | | |
| Conductividad | | | | |
| Potencial de hidrogeno | | | | |

Fuente Elaboración Propia, 2023.

Con respecto a los afluentes es importante resaltar que la fuente hídrica litigios cuenta con dos puntos de monitoreo, a través de los cuales se puede evidenciar un cambio de categoría de ICA; en tal sentido, es preciso que sobre este afluente se desarrollen actividades de seguimiento y control, con el fin de minimizar los factores de deterioro y mejorar o mantener la calidad que trae este afluente en el punto más aguas arriba de monitoreo, hasta antes de entregar sus aguas al Río Cauca.

En relación a los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo evaluados en la Quebrada Media Loma, los cuales ayudan a predecir el grado de contaminación de la fuente receptora, los resultados obtenidos indican que la calidad de agua antes y después del vertimiento son de “**CALIDAD ACEPTABLE**” con los ICA dentro del rango de 0.71 - 0.90 como se puede apreciar en la tabla 6. Calificación que está correlacionada con la baja concentración de materia orgánica e inorgánica, niveles bajos de oxígeno disuelto y, además en las actividades de campo efectuadas en el cuerpo receptor no se percibió una apariencia y olor desagradable. Por otro lado,

se debe agregar que, se evidencia una carga significativa microbiana por presencia de coliformes totales y fecales, en los dos puntos de monitoreo, lo cual podría indicar que aguas arriba de este vertimiento es posible que se estén presentando descargas de aguas residuales directas a la fuente [39,40].

Tabla 15. ICA quebrada Media Loma

| QUEBRADA MEDIA LOMA | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---|-------------------------|------------------|
| VARIABLES | Antes del vertimiento | | Después del vertimiento | |
| | VALOR DEL ICA | CALIFICACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL INDICADOR | VALOR DEL ICA | o |
| Oxígeno disuelto | 0.79 | Aceptable | 0.75 | Aceptable |
| Sólidos suspendidos totales | | | | |
| Demanda Química de oxígeno | | | | |
| Conductividad | | | | |
| Potencial de hidrogeno | | | | |

Fuente Elaboración Propia, 2023.

Analizados estos "Icas" se puede referir a que estas dos quebradas media loma y farallones no estarían aptas para actividades que estén relacionadas con el uso directo, como la ingesta o uso recreativo por su calidad. Sin embargo, se dice que la normatividad colombiana debe ajustarse con mayor claridad resaltando que, aunque la calidad del agua es aceptable, si se genera una degradación en las condiciones normales del recurso hídrico la cual se ve reflejada en los altos niveles de coliformes fecales, parámetro que si se hubiera tenido en cuenta para determinar la calidad del agua (ICA) hubiera variado y posiblemente hubiese arrojado una mala calidad del agua receptor. Cabe mencionar que este parámetro no fue tenido en cuenta para el cálculo del ICA, teniendo en cuenta que, para el caso colombiano, se ha medido desde 2005, en las corrientes superficiales, este conjunto de cinco variables, a saber: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH total.

4.2 Implementación de la matriz de impacto ambiental que permita analizar y cuantificar el nivel de afectación generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas.

En la evaluación de impacto ambiental se puede apreciar que los impactos que son generados en las fuentes hídricas media loma y litigios debido al proceso de operación de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas son clasificados según su nivel de afectación como irrelevantes, moderados y leves positivos.

Tabla 16. Evaluación de impacto ambiental PTAR Media Loma

| CALIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN IMPORTANCIA AMBIENTAL | | | | | CRITERIOS DE EVALUACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---|--|---|--|------------|-----------|---------|--------------|----------------|-----------------|----------|-------------|---------|--------------|--------------|------------------------|----------|
| ETAPA | ACTIVIDADES | MEDIO | RECURSO SOCIAL/AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | NATURALEZA (1 positivo) (-1 Negativo) | INTENSIDAD | EXTENSIÓN | MOMENTO | PERSISTENCIA | REVERSIBILIDAD | RECUPERABILIDAD | SINERGIA | ACUMULACIÓN | EFFECTO | PERIODICIDAD | CALIFICACIÓN | IMPORTEANCIA AMBIENTAL | |
| OPERACIÓN | OPERACIÓN COMPONENTES PTAR | ABIÓTICO | ATMOSFÉRICO | Alteración calidad de aire | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | -46 | Moderado | |
| | | | | Aumento niveles presión sonora | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | -46 | Moderado | |
| | | | | Perturbación por generación de olores | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | Moderado | |
| | | | PAISAJE | Alteración de localidad visual paisajística | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 38 | Positivo |
| | | | | HIDROLÓGICO | Alteración características calidad de agua | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 35 | Positivo |
| | | | Alteración de la dinámica del agua superficial | | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 35 | Positivo | |
| | | BIÓTICO | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Afectación de la fauna silvestre | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | -42 | Moderado | |
| | | | ECOSISTEMAS ACUÁTICOS | Alteración de las comunidades hidrobiológicas | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 35 | Positivo | |
| | | MANEJO DE LOS OLORES EN LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LA PTAR | ABIÓTICO | ATMOSFÉRICO | Alteración calidad de aire | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | -46 | Moderado |
| | Perturbación por olores | | | | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 50 | Moderado | | |
| | BIÓTICO | | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Afectación de la fauna silvestre | -1 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | -39 | Moderado | |
| | SOCIO ECONÓMICO | | POLÍTICO - ADMINISTRATIVO | Generación de conflictos | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | -42 | Moderado | |

Tabla 17. Continuación Evaluación de impacto ambiental PTAR Media Loma

| CALIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN IMPORTANCIA AMBIENTAL | | | | | CRITERIOS DE EVALUACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------|---------------------------|---|--|------------|-----------|---------|--------------|----------------|-----------------|----------|-------------|---------|--------------|--------------|-----------------------|
| ETAPA | ACTIVIDADES | MEDIO | RECURSO SOCIAL/AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | NATURALEZA (1 positivo) (-1 Negativo) | INTENSIDAD | EXTENSIÓN | MOMENTO | PERSISTENCIA | REVERSIBILIDAD | RECUPERABILIDAD | SINERGIA | ACUMULACIÓN | EFEECTO | PERIODICIDAD | CALIFICACIÓN | IMPORTANCIA AMBIENTAL |
| OPERACIÓN | MANEJO DE BIOGÁS | ABIÓTICO | ATMOSFÉRICO | Alteración de calidad de aire | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | -39 | Moderado |
| | | | | Perturbación por olores | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | -50 |
| | | BIÓTICO | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Afectación de la fauna silvestre | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | -40 | Moderado |
| | | SOCIO ECONÓMICO | POLÍTICO - ADMINISTRATIVO | Generación de conflictos | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | -43 | Moderado |
| | VERTIMIENTO FINAL AGUA TRATADA | ABIÓTICO | HIDROLÓGICO | Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 48 | Positivo |
| | | | | Aumenta la calidad del agua | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 28 | Positivo |

Tabla 18. Evaluación de impacto ambiental PTAR Media Loma

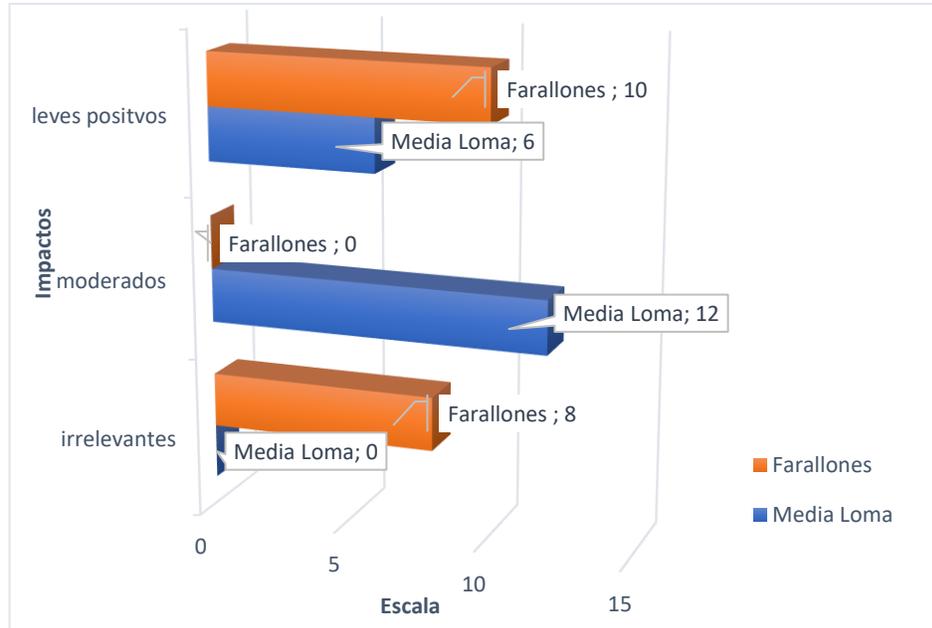
| ETAPA | ACTIVIDADES | MEDIO | RECURSO SOCIAL/AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | NATURALEZA (1 positivo) (-1 Negativo) | INTENSIDAD | EXTENSIÓN | MOMENTO | PERSISTENCIA | REVERSIBILIDAD | RECUPERABILIDAD | SINERGIA | ACUMULACIÓN | EFECTO | PERIODICIDAD | CALIFICACIÓN | IMPORTANCIA AMBIENTAL | |
|-----------|----------------------------|---|---------------------------|--|---------------------------------------|------------|-----------|---------|--------------|----------------|-----------------|----------|-------------|--------|--------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OPERACIÓN | OPERACIÓN COMPONENTES PTAR | ABIÓTICO | ATMOSFÉRICO | Alteración calidad de aire | -1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | -24 | Irrelevante | |
| | | | | Aumento niveles presión sonora | -1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | -22 | Irrelevante | |
| | | | | Perturbación por generación de olores | -1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -20 | Irrelevante | |
| | | | PAISAJE | Alteración de localidad visual paisajística | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 35 | Positivo | |
| | | | HIDROLÓGICO | Alteración características calidad de agua | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 33 | Positivo | |
| | | | | Alteración de la dinámica del agua superficial | 1 | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 28 | Positivo | |
| | | BIÓTICO | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Afectación de la fauna silvestre | -1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | -25 | Irrelevante |
| | | | ECOSISTEMAS ACUÁTICOS | Alteración de las comunidades hidrobiológicas | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 35 | Positivo | |
| | | MANEJO DE LOS OLORES EN LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LA PTAR | ABIÓTICO | ATMOSFÉRICO | Alteración calidad de aire | -1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | -25 | Irrelevante |
| | Perturbación por olores | | | | -1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | -25 | Irrelevante | |
| | BIÓTICO | | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Afectación de la fauna silvestre | -1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | -24 | Irrelevante | |
| | SOCIO ECONÓMICO | | POLÍTICO - ADMINISTRATIVO | Generación de conflictos | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | -21 | Irrelevante | |

Tabla 19. Continuación Evaluación de impacto ambiental PTAR Farallones

| CALIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN IMPORTANCIA AMBIENTAL | | | | | CRITERIOS DE EVALUACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------|---------------------------|---|--|------------|-----------|---------|--------------|----------------|-----------------|----------|-------------|---------|--------------|--------------|-----------------------|
| ETAPA | ACTIVIDADES | MEDIO | RECURSO SOCIAL/AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | NATURALEZA (1 positivo) (-1 Negativo) | INTENSIDAD | EXTENSIÓN | MOMENTO | PERSISTENCIA | REVERSIBILIDAD | RECUPERABILIDAD | SINERGIA | ACUMULACIÓN | EFFECTO | PERIODICIDAD | CALIFICACIÓN | IMPORTANCIA AMBIENTAL |
| OPERACIÓN | MANEJO DE BIOGÁS | ABIÓTICO | ATMOSFÉRICO | Alteración de calidad de aire | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | -39 | Positivo |
| | | | | Perturbación por olores | -1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | -41 |
| | | BIÓTICO | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Afectación de la fauna silvestre | -1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | -36 | Positivo |
| | | SOCIO ECONÓMICO | POLÍTICO - ADMINISTRATIVO | Generación de conflictos | -1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | -35 | Positivo |
| | VERTIMIENTO FINAL AGUA TRATADA | ABIÓTICO | HIDROLÓGICO | Disminuye el nivel de contaminación de los cuerpos hídricos | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 48 | Positivo |
| | | | | Aumenta la calidad del agua | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 35 | Positivo |

En la planta Media Loma se identifican 12 impactos negativos moderados y 6 leves positivos y en la planta Farallones 8 irrelevantes y 10 leves positivos:

Figura 16. Impactos plantas de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

En la planta Media Loma los impactos negativos moderados son más representativos y corresponde al 66.6% y los impactos positivos leves al 33.4%. Los impactos moderados son ocasionados en primera instancia por la operación inadecuada de algunas unidades de la PTAR, el manejo de los olores en los diferentes componentes de la planta y la falta de aprovechamiento del biogás generado por el sistema de tratamiento. Cabe mencionar que estas actividades con el transcurso del tiempo han ido impactando los factores atmosféricos, vegetación, socioeconómico, situación que refleja la realidad debido a que en la actualidad se evidencia contaminación del aire, durante el proceso de operación del sedimentador se emanan gases (CH_4 ; H_2S , NH_3), producidos en el proceso de descomposición de la materia orgánica, gases que no son aprovechados debido a que en el momento los 2 biodigestores de lodos se encuentra uno en mal estado y el otro en estado de deteriorado.

Figura 17. Biodigestores



Fuente Elaboración Propia, 2023.

Cabe destacar que si alguna de las unidades del sistema de tratamiento no funciona de manera correcta, se generan inconvenientes en el proceso de eliminación de los contaminantes generando que en el momento de efectuar la descargar al cauce se excedan los valores permisibles de algunos parámetros como sucede con los valores de DBO y DQO que son altos debido a que se presentan natas en el sistema del tanque sedimentador y el filtro percolador, debido a la falta de actividades de mantenimiento y limpieza en esta unidad, esta situación es ocasionada porque en el momento la PTAR no cuenta con un operario que se encargue de realizar este proceso, ni mucho menos un manual de funcionamiento.

A diferencia de los impactos negativos los impactos positivos leves son ocasionados por el funcionamiento de los componentes de la PTAR, los cuales han originado en la fuente receptora de manera positiva la alteración de la calidad visual paisajística, las características de la calidad del agua y la dinámica del agua superficial además de la alteración de las comunidades hidrobiológicas teniendo en cuenta que la planta de tratamiento trae grandes beneficios no solo a la comunidad sino al ecosistema debido a la función que realiza. Esta situación se ve reflejada en campo en base a las características organolépticas del cauce que no se ven afectadas y que pueden ser soportados teniendo en cuenta los análisis de los parámetros fisicoquímicos.

Fuente hídrica Media Loma



Fuente elaboracion propia, 2023.

Al igual que en la planta Media Loma en la planta tratamiento de aguas residuales domésticas Farallones el proceso de operación de la planta genera una serie de impactos irrelevantes y leves moderados, el 55.5% corresponde a los impactos leves positivos y 45.5% a impactos irrelevantes. Los impactos irrelevantes son ocasionados en su mayoría por la operación de los componentes de la PTAR debido a que en su tren de tratamientos el cribado se encuentra deteriorado y el lecho de secado fuera de funcionamiento, además de ello unidades como el Filtro de flujo ascendente anaerobio y el tanque séptico presentan natas en su interior debido a la falta de limpieza. El tratamiento actual de estabilización que se da a los lodos es por técnicas de digestión anaeróbica al interior de la fosa séptica y el tratamiento natural de deshidratación por efectos del sol y aire y escurrimiento por gravedad que se da en el lecho de secado, el tratamiento es deficiente ya que el lecho de secado no cuenta con material filtrante en su interior para el tratamiento del agua residual que es conducida hacia el río para su posterior descarga; los lodos tratados y manejables tiene su disposición final en el interior de la PTAR, sin ningún tipo de tratamiento adicional que permita tomar medidas de protección al suelo generando problemas de contaminación en la salud pública.

FAFA



TANQUE SEPTICO



LECHO DE SECADO



Fuente: Propia 2023

Cabe resaltar que el factor que más se ve favorecido por el vertimiento final del agua tratada es el hidrológico debido a que se genera la alteración de la dinámica del agua superficial, la alteración de las características de calidad de agua, y la depuración del agua residual. Esa situación se ve reflejada en la actualidad teniendo en cuenta que en el cauce hídrico no se evidencia alteración en los parámetros fisicoquímicos por parte del vertimiento. Es importante destacar que el cumplimiento de las actividades establecidas en las diferentes etapas de la planta contribuye normalmente ayuda a mejorar las condiciones sanitarias de la zona de estudio y a disminuir la carga contaminante antes de ser descargado en los recursos naturales de agua, recuperándose usos importantes como el estético, recreativo y la propagación de especies acuáticas, además de ello es importante resaltar que se estaría generando oportunidades de empleo.

Cauce Hídrico Farallones.



Fuente: Propia, 2023.

4.3 Formulación de las fichas de manejo ambiental con el fin minimizar los impactos generados por el desarrollo de la actividad en la fuente hídrica.

Una vez obtenido los resultados de cada una de las anteriores fases se procedió a formular 4 programas con el fin de minimizar cada uno de los impactos que con el transcurso del tiempo se han ido ocasionando en las diferentes fuentes hídricas Media Loma y Litigios [46]. Debido a que en la mayoría de las situaciones la falta de mantenimiento de las unidades de las plantas de tratamiento de aguas residuales, estaría ocasionado en la actualidad que la descarga se encuentre con algunos parámetros por encima de la norma ver. (tabla 20) [47].

Tabla 20. Fichas de manejo ambiental.

| | PROGRAMA |
|---|--|
| 1 | Dinámica y comportamiento del sistema hidrológico |
| 2 | recuperación de los atributos estructurales y funcionales de los cauces hídricos |
| 3 | mantenimiento, control y limpieza de las PTAR |

Fuente Elaboración Propia, 2023.

| MANTENIMIENTO, CONTROL Y LIMPIEZA DE LAS PTARS | | | | |
|--|--|--------------------------------|------------------------|---|
| JUSTIFICACIÓN Y/O ALCANCE | | | | |
| Durante la operación de las plantas de tratamiento Media Loma y Farallones producen diversos efectos sobre el medio ambiente como la generación de residuos sólidos, vertimientos con gran carga orgánica, olores ofensivos y depuración del agua que es vertida al río, por ello es necesario realizar el mantenimiento adecuado para que su eficiencia de remoción se mantenga, se disminuya la acumulación de contaminantes en el agua, para con ello se garantice el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos del agua exigidos por la normatividad vigente | | | | |
| TIPO DE MEDIDA A DESARROLLAR | | | | |
| CONTROL | PREVENCION | MITIGACION | CORRECCION | COMPENSACION |
| X | X | | | |
| OBJETIVO | ACTIVIDAD | PRIORIDAD | RESPONSABLES | INDICADORES |
| Realizar las podas a las zonas aledañas para evitar el deterioramiento de la infraestructura. | Mantener las zonas aledañas limpias y así prevenir la presencia de serpientes u otros animales que puedan causar afectaciones al proceso o al personal de operación. | Corto Plazo (1 a 3 meses) | *CRC *UMATA | $\frac{\text{\#diseños entregados}}{\text{\# de diseños establecidos}} * 100\%$ |
| Inspeccionar el cribado con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y remover los sólidos | Las rejillas deben estar limpias y deben estar vigiladas, si este tipo de mantenimiento no se realiza, se puede disminuir la capacidad de retención produciendo obstrucciones y pérdida en la capacidad de carga | Corto Plazo (1 a 3 meses) | Operarios de la PTAR | $\frac{\text{Actividades Realizadas}}{\text{Actividades programadas}} * 100\%$ |
| Realizar mantenimiento a las tapas de los compartimientos dado que presentan un alto grado de corrosión. | Es necesario que se realice limpieza y pintado para combatir la oxidación | Mediano plazo (1 a 6 meses) | * Operarios de la PTAR | $\frac{\text{\#jornadas efectuadas}}{\text{\# jornadas acordadas}} * 100\%$ |
| Caracterizar los lodos, y determinar los valores permisibles de acuerdo al Decreto 1287 de 2014, con el fin de clasificarlos y determinar sus posibilidades de uso | Se debe realizar un óptimo y control sobre los lodos, dado que no hay un protocolo para este tipo de residuo, es importante indicar que es necesario realizar una disposición adecuada de este subproducto | Corto plazo (1 a 3 meses) | * Operarios de la PTAR | $\frac{\text{\#caracterizaciones realizadas}}{\text{\# caracterizaciones programadas}} * 100\%$ |
| Se debe realizar en el Fafa la extracción de la | Se debe lavar el lecho filtrante mediante la inyección de agua | Corto Plazo (1 a 3 meses) | *Operarios de la PTAR | $\frac{\text{Actividades Realizadas}}{\text{Actividades programadas}} * 100\%$ |

| | | | | |
|--|--|--------------------------------------|------------------------------|--|
| <p>biopelículas formada por el crecimiento de los microorganismos la cual puede ocasionar obstrucción en el filtro</p> | <p>a presión a la vez que es extraída por una manguera de succión ubicada en el fondo del tanque, dicho proceso es conocido como retro lavado. No se debe lavar todo el medio filtrante ya que se debe dejar una pequeña porción de biopelículas a modo de inóculo</p> | | | |
| <p>Extraer del tanque séptico las natas, espumas y grasas</p> | <p>Se deben extraer los sólidos flotantes tales como ramas, palos, telas, grasas, aceites, natas, espumas y material flotante de manera manual con el uso de herramientas tales como palas y redes, una vez extraídos dichos sólidos</p> | <p>Corto Plazo (1 a 3 meses)</p> | <p>*Operarios de la PTAR</p> | <p>$\frac{\text{Actividades efectadas}}{\#\text{Actividades de limpiezas}} * 100\%$</p> |

| RECUPERACIÓN DE LOS ATRIBUTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DE LOS CAUCES HIDRICOS | | | | |
|--|--|-----------------------------|---|---|
| JUSTIFICACIÓN Y/O ALCANCE | | | | |
| Realizar en los sistemas ecológicos actividades que le permitan recuperar sus funciones ecológicas, paisajísticas y estructurales con el fin de minimizar los impactos generados en cada uno de los componentes ambientales afectados, promoviendo en ellas el uso y la calidad del recurso para futuras generaciones. | | | | |
| TIPO DE MEDIDA A DESARROLLAR | | | | |
| CONTROL | PREVENCION | MITIGACION | CORRECCION | COMPENSACION |
| X | X | X | | |
| Disminuir la carga contaminante del recurso hídrico | Diseño de sistemas de depuración de aguas residuales en los sectores donde se vierten las aguas (2 diseños) | Mediano plazo (1 a 6 meses) | *Ingeniero Ambiental *Directivos de la PTAR | $\frac{\text{\#diseños entregados}}{\text{\# de diseños establecidos}} * 100\%$ |
| Recuperar atributos estructurales y funcionales del ecosistema | Actividades de control de plantas invasoras en la quebrada | Corto Plazo (1 a 3 meses) | *CRC *comunidad *PTAR | $\frac{\text{Actividades Realizadas}}{\text{Actividades programadas}} * 100\%$ |
| Recuperar y aumentar la oferta y calidad de los hábitats terrestres, con especies propias del ecosistema. | Control de plantas invasoras y revegetalización terrestre que contenga detalles de preparación, adecuación y limpieza del terreno, además del suministro de material vegetal | Mediano plazo (1 a 6 meses) | *CRC *comunidad * Personal de la PTAR | $\frac{\text{\#jornadas efectuadas}}{\text{\# jornadas acordadas}} * 100\%$ |
| Controlar por parte de la comunidad los procesos de alteración de la calidad del recurso hídrico y garantizar la sostenibilidad del mismo | Realizar charlas de educación ambiental dirigida a la comunidad con el fin de ratificar y dar a conocer la existencia e importancia de los bienes, beneficios y servicios que nos ofrece el ecosistema y las fuentes receptoras de estos | Mediano plazo (1 a 6 meses) | CRC *comunidad *acueducto alcantarillado y | $\frac{\text{\#Charlas realizadas}}{\text{\# Charlas programadas}} * 100\%$ |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | vertimientos y alcanzar una conservación y desarrollo sostenible | | | |
|--|--|--|--|--|

| CARACTERIZACION DE LA DINÁMICA Y COMPORTAMIENTO DEL SITEMA HIDROLOGICO | | | | |
|---|---|--------------------------------|---|--|
| JUSTIFICACIÓN Y/O ALCANCE | | | | |
| Identificar los cambios de las características hidrológicas de los cauces hídricos, con el fin de verificar con el pasar del tiempo el aumento o la disminución de la contaminación ocasionada por el vertimiento de las descargas de las plantas de tratamiento o por la comunidad, una vez se desarrollen las actividades planteadas en los anteriores programas. | | | | |
| TIPO DE MEDIDA A DESARROLLAR | | | | |
| CONTROL | PREVENCION | MITIGACION | CORRECCION | COMPENSACION |
| X | X | | | |
| OBJETIVO | ACTIVIDAD | PRIORIDAD | RESPONSABLES | INDICADORES |
| Realizar actividades para contrarrestar la generación de olores en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. | Reemplazar los biodigestors Actividades de limpieza en cada una de las unidades | Mediano Plazo (1 a 6 meses) | *Empresa de Acueducto y Alcantarillado | $\frac{\#Actividades\ realizadas}{\#Actividades\ programadas} * 100\%$ |
| Realizar un monitoreo de la calidad del agua antes y después de las unidades unitarias que conforman el sistema de tratamiento | Toma de muestras donde se determine como mínimo las siguientes variables: sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO). La toma de muestras y el análisis de estas debe ser llevado a cabo por un laboratorio acreditado por el IDEAM. | Mediano plazo (1 a 6 meses) | *Operarios de la PTAR *Ingeniero Ambiental | $\frac{\#Monitoreo\ ejecutados}{\# Monitoreos\ Programados} * 100\%$ |

| | | | | |
|---|--|--|---|---|
| <p>Vigilar la respuesta de los indicadores ante cualquier cambio que se produzca ya sea por la acción de recuperación o intervención que se realice a las fuentes receptoras.</p> | <p>Evaluación Limnología de las fuentes receptoras a través de indicadores fisicoquímicos y biológicos claves en el ecosistema</p> | <p>Mediano plazo (1 a 6 meses)</p> | <p>*Operarios de la PTAR *Ingeniero Ambiental *comunidad</p> | <p>$\frac{\#Evaluaciones\ Ejecutadas}{\#evalaciones\ Porgramadas} * 100\%$</p> |
| <p>Recuperar y proteger ecosistemas naturales.</p> | <p>Monitoreo del estiaje y capacidad depuradora de las fuentes receptoras. (1 vez cada semestre)</p> | <p>Mediano plazo (1 a 6 meses)</p> | <p>*Operarios de la PTAR *Ingeniero Ambiental *comunidad *CRC</p> | <p>$\frac{\#Evaluaciones\ Efectuados}{\#Monitoreos\ establecidos} * 100\%$</p> |

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Las plantas de tratamiento de aguas residuales de Media Loma y Farallones se encuentran en la actualidad en funcionamiento y sus unidades en buen estado a excepción del biodigestor y el lecho de secado, sin embargo, a pesar de ello se identifica en estas la falta de mantenimiento y limpieza ocasionando que en el momento del vertimiento algunos de los parámetros se encuentren por encima de la legislación ambiental como es el caso de la DBO, DQO y sólidos suspendidos totales.

Los impactos generados por el proceso de operación de las plantas son moderados, irrelevantes y leves positivos. Los impactos positivos están correlacionados con la descarga tratada del vertimiento donde se evidencia se ha beneficiado el factor hidrológico en base a la alteración de las características fisicoquímicas, la dinámica superficial, y la depuración del agua residual disminuyendo la carga contaminante antes de ser descargado a las fuentes hídricas.

Los programas formulados van dirigidos al control y seguimiento de aquellos impactos que con la operación de la planta de tratamiento podría afectar a los componentes socio-ambientales, con la finalidad prevenir, controlar, reducir y mitigar los impactos ambientales negativos y potenciar los impactos positivos.

5.2 RECOMENDACIONES

El ente operador de la PTAR de Farallones, debe efectuar y garantizar el correspondiente proceso de limpieza, operación y mantenimiento de las diferentes unidades de la PTAR. Esto con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la planta. Dado que esta PTAR es manejada por la junta de acción comunal, se les recomienda aliarse con la alcaldía de Piendamó para que los apoyen en ese proceso.

El ente operador debe coordinar y orientar al personal operativo en las actividades a realizar para garantizar la correcta operación y mantenimiento de los sistemas y proveer al personal con los implementos de protección y seguridad industrial

necesarios (Guantes extra largos, careta con filtro y carbón activado, overol, botas, libro de registro).

En una planta en funcionamiento se debe realizar labor continua de operación, mantenimiento, limpieza del sistema y corte de césped en sus instalaciones. El mantenimiento y limpieza de la zona de desbaste (cámara de cribado) deberá realizarse diariamente, al menos en dos oportunidades; en el tratamiento primario y secundario el mantenimiento y limpieza deberá realizarse al menos una vez cada ocho (8) meses o según los resultados de inspección periódica a los mismos

Se recomienda a la PTAR de Media Loma construir un foso de disposición del cribado, y una vez deshidratados llevarlos y cubrirlos en cal.

En la planta de funcionamiento Media Loma se debe realizar labor continua de operación, mantenimiento, limpieza del sistema y corte de césped en sus instalaciones. Además, se recomienda realizar obras de mejora en la entrada a la PTAR ya que por las lluvias esta resbalosa y puede generar accidentes de trabajo.

Se observó que la bomba que lleva el agua desde el sedimentador hasta el tanque de almacenamiento está siendo manipulada manualmente por el personal de mantenimiento. Se debe garantizar el bombeo constante y continuo

6. BILIOGRAFIAS

- [1]. Romero Rojas, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales; teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito, 2001.
- [2]. Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica y nitrógeno en un filtro percolador con nuevo empaque, Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2010.
- [3]. Lizarazo, J, & Orjuela, M. Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia (tesis de especialización) Universidad Nacional, Bogotá, Colombia, 2013.
- [4]. Martin M. & Urrea. M. Estudio para la optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales de Cartagena para su descarga mediante emisario submarino en el mar Caribe. (Tesis de Pregrado) Bogotá, Unisalle, 2016.
- [5]. Universidad de Cartagena. (Tesis Pregrado) Variación de la calidad del agua de la ciénaga del virgen producto de la implementación del emisario submarino. Cartagena, 2014.
- [6]. Lampoglia Teresa. Tratamiento de desagües por lagunas de estabilización, manual de operación y mantenimiento, 2001.
- [7]. Satterthwaite, D. Problemas sociales y medioambientales asociados a la urbanización acelerada. Revista de estudios urbanos regionales, 7-19, 2019.
- [8]. Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 84-86, 2017.
- [9]. Caraballo, A. Impactos sociales y ambientales generados por la operación del relleno sanitario de Tunja sobre el municipio de Oicata-Boyacá. Universidad de Manizales, 2014.
- [10]. Zapata, A., Zapata, C. (2013). Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios. Gestión y Ambiente, 16(2), 105-120R
- [11]. Morales, R. E. Evaluacion de la Planta de Tratamiento de aguas residuales en la Primera Brigada de Infanteria "General Luis Garcia León", Santa Elena Peten. Guatemala: FAUSAC, 2007..

- [12]. Rojas, C., & Ardila, P. Evaluación del Estado del Agua Residual Doméstica, Mediante el Monitoreo y Análisis de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Como Insumo para el Diseño, 2018.
- [13]. Brazil, I., & Matsumoto, T. ~ de la Planta de Tratamiento de Aguas Desempe no Residuales de S ~ ao Jo ~ ao de Iracema (Brasil) Performance of the Sewage Treatment Plant of S ~, (176), 176–186, 2016.
- [14]. Bol Mendoza, H. Impacto por Nutrientes de las Aguas Residuales Vertidas en la Cuenca del Rio Dulce y Lago de Izabal. Guatemala, 2004.
- [15]. CONESA FERNANDEZ, Vicente. Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental de 1995
- [16]. Bol Mendoza, H. Impacto por Nutrientes de las Aguas Residuales Vertidas en la Cuenca del Rio Dulce y Lago de Izabal. Guatemala, 2004.
- [17]. Samboni, N., & Reyes, A. Aplicaciones de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta, 2011.
- [18]. Véliz Lorenzo, E., Llanes Ocaña, J. G., Fernández García, L. A., & Bataller Venta, M. Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. Revista CENIC. Ciencias Químicas, 41(1), 49–56, 2010.
- [19]. Zapata, N., Hernandez, L., & Oliveros, E. Tratamiento de aguas residuales, 1–23. 102 Revista Desarrollo Sostenible en Colombia, 2014.
- [20]. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Revista Sunass, I, 150, 2015.
- [21]. Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Revista Tecnura, 19(46), 149, 2015.
- [22]. Nuñez, J. Agua y saneamiento a nivel nacional, alternativas de innovación. Revista de la Cámara Argentina de la construcción, 1–136, 2013.
- [23]. Matsumoto, T., & Sánchez Ortiz, I. A. Eficiencia del tratamiento de aguas residuales por lagunas facultativas e implicaciones en la salud pública. Revista Universidad y Salud, 12(1), 65–78, 2010.

- [24]. Matsumoto, T., & Sanchez, I. A. Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema (Brasil). *Revista Ingeniería*, 21(2), 176–186, 2016.
- [25]. Martínez, S. A. C., & Escobar, C. A. A. Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”, Ayacucho, Perú. *Revista Ecología Aplicada*, 7(1–2), 165–171, 2008.
- [26]. Álvarez, A., & Rubiños, J. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: diagnóstico y predicción. *Revista internacional de Botánica experimental*, 71-83, 2006.
- [27]. Gonzales Evaluación de los indicadores de calidad ICA e ICOMO del río Botello ubicado en el municipio de Facatativá. Tesis de pregrado. Bogotá D.C: UNAD. 2017.
- [28]. Rojas, C., & Ardila, P. Evaluación del Estado del Agua Residual Doméstica, Mediante el Monitoreo y Análisis de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Como Insumo para el Diseño, 2018.
- [29]. Salazar, D. Estudio del Impacto Ambiental Generado por Vertimientos Proveniente de un Establecimiento Penitenciario de Orden Nacional al Recurso Hídrico. Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [30]. Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 84-86, 2009.
- [31]. DEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2011.
- [32]. Gaitán. Elaboración del Manual de Apoyo Técnico para la formulación del plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV - Dirigido a los Municipios, a las Personas Prestadoras del Servicio Público de Alcantarillado (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2005.
- [33]. Henao, A. J. & Gómez-Rey, A. De la complejidad jurídica de los vertimientos. *Revista Prolegómenos Derechos y Valores*, 21, 41, 25-41, 2018.
- [34]. Hernández, M. y otros. Informe monitoreo calidad del agua superficial. Departamento de Calidad, Autoridad Nacional del Agua - ANA. Lima, Perú: s.n., 2018. pág. 100, Informe Técnico N° 021-2019-ANA-AAA-U-AT/WJGR.

- [35]. Sánchez, D. Métodos de evaluación de impacto ambiental. Técnicas de evaluación de impacto ambiental, Universidad de Castilla La Mancha - UCLM. Canales y puertos de ciudad Real: s.n., 2014.
- [36]. Larrea, J y otros. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. Departamento de Microbiología y Virología, Universidad de la Habana. La Habana, Cuba: CENIC. pág. 12, 2012.
- [37]. Mostajo, G. Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos. Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, Autoridad Nacional del Agua-ANA. Lima, Peru: s.n., pág. 42. 2016.
- [38]. Hernández-Gómez, A., Rojas-Robles, R. y Sánchez-Calderón., F. Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia). *Cuadernos de Geografía -Revista Colombiana de Geografía.*, 22, 257-271.2013.
- [39]. Oñate-Barraza., H. C. y Cortez-Henao, G. Y. Estado del agua del río Cesar por vertimientos residuales de la ciudad de Valledupar. Bioindicación por índice BMWP/Col. *Tecnura*, 24(65), 39-48, 2020.
- [40]. Oliveira, P. C. P., Gloaguen, T. V., Gonçalves, R. A. B., Santos, D. L. y Couto, C. F. Soil chemistry after irrigation with treated wastewater in semiarid climate. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 40, 1-13, 2016.
- [41]. Cunha Costa, C., Sobral Oliveira, I. S., & Gomes, L. J. (2010). Percepción ambiental como estrategia para el ecoturismo en unidades de conservación. *Estudios y perspectivas en turismo*, 19, 1121–1135.

7. Anexos

Anexo 1. Monitoreo Media Loma

| Caracterización del Vertimiento | Medición de Fuente hídrica |
|---|---|
|  A photograph showing two workers in safety gear (hard hats, vests, and boots) inspecting a pipe outlet next to a concrete wall. One worker is kneeling and holding a blue bucket, while the other stands nearby. The scene is outdoors with greenery in the background. |  A photograph showing a worker in safety gear (hard hat, vest, and boots) measuring a stream in a forest. The worker is kneeling in the water, and the stream flows through a rocky bed. The background is filled with lush green vegetation. |
| Medición ancha del cauce | |
|  A photograph showing a worker in safety gear (hard hat, vest, and boots) measuring a stream in a forest. The worker is standing in the water, and the stream flows through a rocky bed. The background is filled with lush green vegetation. Another worker in yellow gear is partially visible on the right side of the frame. | |

Anexo 2. Formatos de Medición de caudales

| Litigios | | Media Loma | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|---|-----|-------|------|-------|--------|---|-----|-------|------|-------|--------|---|-----|-------|------|-------|--------|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|---------|-----------------|-----------------|-----------|------------------------|----------------------------|---|-----|------|------|-------|-------|---|-----|------|------|-------|-------|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|
| <p>CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA - CRC LABORATORIO AMBIENTAL FORMATO DE CAPTURA DE DATOS EN CAMPO PARA TOMA Y REMISION DE MUESTRAS DE AGUA</p> <p>Código: FTA03PALADE Fecha: 09/03/2018 Versión: 12 Página 2 de 2</p> | | <p>CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA - CRC LABORATORIO AMBIENTAL FORMATO DE CAPTURA DE DATOS EN CAMPO PARA TOMA Y REMISION DE MUESTRAS DE AGUA</p> <p>Código: FTA03PALADE Fecha: 09/03/2018 Versión: 12 Página 2 de 2</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>4. CONDICIONES AMBIENTALES</p> <p>Soleado <input type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Parcialmente Nublado <input type="checkbox"/> Precipitación <input type="checkbox"/></p> <p>T°(C) ambiente: _____ % Humedad: _____</p> | | <p>4. CONDICIONES AMBIENTALES</p> <p>Soleado <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Parcialmente Nublado <input checked="" type="checkbox"/> Precipitación <input type="checkbox"/></p> <p>T°(C) ambiente: 22°C % Humedad: 61%</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>5. MEDICIÓN DE CAUDALES</p> <p>CÁLCULO DEL CAUDAL EN RÍOS</p> <p>Ancho del río (m): 0,70</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sección</th> <th>Velocidad (m/s)</th> <th>Profundidad (m)</th> <th>Ancho (m)</th> <th>Área (m²)</th> <th>Caudal (m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>0,035</td><td>0,20</td><td>0,007</td><td>0,0011</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,1</td><td>0,060</td><td>0,24</td><td>0,014</td><td>0,0015</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,1</td><td>0,050</td><td>0,24</td><td>0,012</td><td>0,0013</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Caudal Total: 0,0033</p> | | Sección | Velocidad (m/s) | Profundidad (m) | Ancho (m) | Área (m ²) | Caudal (m ³ /s) | 1 | 0,1 | 0,035 | 0,20 | 0,007 | 0,0011 | 2 | 0,1 | 0,060 | 0,24 | 0,014 | 0,0015 | 3 | 0,1 | 0,050 | 0,24 | 0,012 | 0,0013 | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | 7 | | | | | | 8 | | | | | | 9 | | | | | | 10 | | | | | | 11 | | | | | | 12 | | | | | | 13 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | 17 | | | | | | 18 | | | | | | 19 | | | | | | 20 | | | | | | <p>5. MEDICIÓN DE CAUDALES</p> <p>CÁLCULO DEL CAUDAL EN RÍOS</p> <p>Ancho del río (m): 0,40</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sección</th> <th>Velocidad (m/s)</th> <th>Profundidad (m)</th> <th>Ancho (m)</th> <th>Área (m²)</th> <th>Caudal (m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>0,01</td><td>0,10</td><td>0,004</td><td>0,001</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,1</td><td>0,01</td><td>0,10</td><td>0,004</td><td>0,001</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Caudal Total: 0,002</p> | | Sección | Velocidad (m/s) | Profundidad (m) | Ancho (m) | Área (m ²) | Caudal (m ³ /s) | 1 | 0,1 | 0,01 | 0,10 | 0,004 | 0,001 | 2 | 0,1 | 0,01 | 0,10 | 0,004 | 0,001 | 3 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | 7 | | | | | | 8 | | | | | | 9 | | | | | | 10 | | | | | | 11 | | | | | | 12 | | | | | | 13 | | | | | | 14 | | | | | | 15 | | | | | | 16 | | | | | | 17 | | | | | | 18 | | | | | | 19 | | | | | | 20 | | | | | |
| Sección | Velocidad (m/s) | Profundidad (m) | Ancho (m) | Área (m ²) | Caudal (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,1 | 0,035 | 0,20 | 0,007 | 0,0011 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0,1 | 0,060 | 0,24 | 0,014 | 0,0015 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0,1 | 0,050 | 0,24 | 0,012 | 0,0013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sección | Velocidad (m/s) | Profundidad (m) | Ancho (m) | Área (m ²) | Caudal (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,1 | 0,01 | 0,10 | 0,004 | 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0,1 | 0,01 | 0,10 | 0,004 | 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>OBSERVACIONES:</p> | | <p>OBSERVACIONES:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 3. Muestreo PTAR Farallones



