


| | | | | |
|---|---|---------------------|-------------------|----------|
|  | UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | |
| | Documento | Código | Fecha | Revisión |
| | FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO | F-AC-DBL-007 | 10-04-2012 | A |
| Dependencia | Aprobado | | Pág. | |
| DIVISIÓN DE BIBLIOTECA | SUBDIRECTOR ACADEMICO | | i(162) | |

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

| | | | |
|--|--|----------------|-----------|
| AUTORES | ANGIE XIOMARA MONTEJO REYES ÁLVARO ANDRÉS CONTRERAS CUBIDES | | |
| FACULTAD | CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE | | |
| PLAN DE ESTUDIOS | INGENIERIA AMBIENTAL | | |
| DIRECTOR | Msc LUISA FERNANDA ARÉVALO NAVARRO | | |
| TÍTULO DE LA TESIS | EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA EN EL SECTOR DE FILIPOTE DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER | | |
| RESUMEN (70 palabras aproximadamente) | | | |
| <p>EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE EMPLEARON DISTINTOS MÉTODOS PARA CONOCER EL ESTADO ACTUAL Y EL NIVEL DE EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR DE FILIPOTE EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER. CON EL DIAGNÓSTICO REALIZADO, SE EVIDENCIO QUE LA PLANTA CUENTA CON TRES TRATAMIENTOS, COMO LO SON EL TRATAMIENTO PRELIMINAR, TRATAMIENTO PRIMARIO Y TRATAMIENTO SECUNDARIO, ADEMÁS CUENTA CON UNA INFRAESTRUCTURA EN ÓPTIMAS CONDICIONES.</p> | | | |
| CARACTERÍSTICAS | | | |
| PÁGINAS: 162 | PLANOS: | ILUSTRACIONES: | CD-ROM: 1 |



SC-CER102673

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES UBICADA EN EL SECTOR DE FILIPOTE DEL MUNICIPIO DE
OCAÑA NORTE DE SANTANDER

Autores:

ANGIE XIOMARA MONTEJO REYES

CÓD.: 161627

ÁLVARO ANDRÉS CONTRERAS CUBIDES

CÓD.: 161621

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director:

Msc LUISA FERNANDA ARÉVALO NAVARRO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Febrero, 2020

Dedicatoria

A Dios, por ser nuestro mayor guía y permitirnos seguir el camino.

*A nuestros padres, hermanos y demás familiares por el esfuerzo, el apoyo incondicional y los
buenos consejos.*

A nuestros docentes, por formarnos y compartir sus conocimientos.

Agradecimientos

Estamos todo el tiempo aprendiendo, nutriéndonos. Mucha gente pasa por nuestras vidas sin darse cuenta de que siempre nos deja algo positivo. Este proyecto de investigación no hubiera sido posible sin el interés y ánimo que nos han dado una serie de personas y amigos.

Agradezco a Dios por su acompañamiento espiritual.

A mis padres por demostrarme su afecto, su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos, quienes con sus consejos han sabido guiar mi educación profesional.

Así mismo quiero expresar mis agradecimientos a la Universidad Francisco de Paula Santander- Ocaña por brindarme la oportunidad de seguir mis estudios profesionales y enriquecerme de nuevos saberes.

A nuestra directora M. Sc Luisa Fernanda Arévalo Navarro quien con su esfuerzo y dedicación a infundido el amor por la carrera, quien amablemente compartía sus puntos de vista sobre el tema y motivó a producir un trabajo que ofreciera claridad en la doctrina.

A ellos, a todos, las gracias.

Índice

| | |
|--|------|
| Resumen..... | xv |
| Introducción | xvii |
| Capítulo 1. Evaluación del nivel de eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Nivel de Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubicada en el Sector de Filipote del Municipio de Ocaña Norte de Santander..... | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2 Formulación del problema | 4 |
| 1.3 Objetivos | 4 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 4 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 5 |
| 1.4 Justificación | 5 |
| 1.5 Delimitaciones | 6 |
| 1.5.1 Delimitación Geográfica..... | 6 |
| 1.5.2 Delimitación Temporal..... | 6 |
| 1.5.3 Delimitación Conceptual. | 6 |
| 1.5.4 Delimitación Operativa..... | 7 |
| Capítulo 2. Marco referencial | 8 |
| 2.1 Marco histórico | 8 |
| 2.2 Marco Contextual..... | 12 |
| 2.3 Marco Conceptual..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 2.3.1 Conceptos relacionados con las aguas residuales.. | 14 |
| 2.3.2 Características Físicas-Químicas de las aguas residuales.. | 16 |
| 2.4 Marco Teórico..... | 19 |
| 2.4.1 Estudios sobre la problemática.. | 19 |
| 2.4.2 Estudios sobre plantas de tratamiento de aguas residuales..... | 23 |
| 2.4.3 Estudio sobre los sistemas utilizados..... | 24 |
| 2.5 Marco Legal | 28 |
| | |
| Capítulo 3. Diseño Metodológico | 31 |
| 3.1 Tipo de Investigación..... | 31 |
| 3.2 Población..... | 33 |
| 3.3 Muestra | 33 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información | 34 |
| 3.5 Análisis de Información..... | 42 |
| | |
| Capítulo 4. Presentación de Resultados | 43 |
| 4.1 Diagnóstico del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector de Filipote del municipio de Ocaña, Norte de Santander | 43 |
| 4.1.1. Revisión bibliográfica como guía para la recolección de información..... | 43 |
| 4.1.2 Observación Directa..... | 46 |
| 4.1.3 Entrevista para dar a conocer de manera más detallada los procesos de la planta.. | 60 |
| 4.1.4 Análisis del funcionamiento de la PTAR por medio de lista de chequeo para verificar el cumplimiento de la normatividad. | 64 |

| | |
|--|-----|
| 4.2 Evaluación del nivel de eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales | 67 |
| 4.3. Evaluación del Impacto de la Quebrada con el Vertimiento que genera la PTAR..... | 95 |
| 4.3.1. Matriz DOFA..... | 101 |
| 4.3.2. Formulación de Estrategias..... | 103 |
| 4.4 Deficiencias encontradas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el Sector Filipote del municipio de Ocaña-Norte de Santander..... | 104 |
| 4.4.1 Plan de mejoramiento de la PTAR - Filipote a través de la implementación de un interceptor de grasas. | 106 |
| 4.4.2 Plan para de dosificación de la solución de cloro en la Planta de Tratamiento ubicada en el sector Filipote del Municipio de Ocaña- Norte de Santander. | 111 |
| Conclusiones | 115 |
| Recomendaciones | 117 |
| Referencias..... | 119 |
| Apéndice | 129 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características de los principales compuestos del agua residual (Noyola, 2010). | 22 |
| Tabla 2. Principales enfermedades causadas por el agua (Sánchez & Vélez, 2012). | 23 |
| Tabla 3. Procedimiento para el tratamiento de aguas residuales (Zapata, Hernández , & Oliveros , 2004). | 25 |
| Tabla 4. Mediciones generadas durante el día | 36 |
| Tabla 5. Modelo de etiqueta para muestras de agua | 38 |
| Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos que se analizan a las muestras de agua residuales..... | 40 |
| Tabla 7. Parámetros microbiológicos que se analizan a las muestras de agua residual MADS (2015)..... | 41 |
| Tabla 8. Entrevista | 61 |
| Tabla 9. Lista de Chequeo | 65 |
| Tabla 10. Resultados para demanda química de oxígeno (DQO)..... | 68 |
| Tabla 11. Resultados para Demanda Bioquímica de Oxígeno | 70 |
| Tabla 12. Resultados para sólidos totales (SST)..... | 71 |
| Tabla 13. Resultados para grasas y aceites | 73 |
| Tabla 14. Resultados para Fosfatos | 74 |
| Tabla 15. Resultados para Nitratos | 75 |
| Tabla 16. Resultados para Nitritos | 77 |
| Tabla 17. Resultados para Nitrógeno Amoniacal | 78 |
| Tabla 18. Resultados para Fluoruros | 79 |
| Tabla 19. Resultados para Sulfatos | 80 |
| Tabla 20. Resultados para Aluminio..... | 82 |
| Tabla 21. Resultados para Cobre | 84 |
| Tabla 22. Resultados para Hierro..... | 85 |
| Tabla 23. Resultados para Color Real..... | 87 |
| Tabla 24. Resultados para Conductividad | 88 |
| Tabla 25. Alcalinidad..... | 89 |
| Tabla 26. Resultados para Dureza total | 91 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 27. Resultados para coliformes totales | 93 |
| Tabla 28. Comparación del Vertimiento con La Resolución en la Jornada de la Mañana | 94 |
| Tabla 29. Comparación del Vertimiento con La Resolución en la Jornada de la Tarde..... | 95 |
| Tabla 30. Resultados comparados con la Resolución. Quebrada Antes de pasar por la Planta (Jornada de la mañana). | 96 |
| Tabla 31. Resultados comparados con la Resolución. Quebrada Antes de pasar por la Planta (Jornada de la Tarde). | 97 |
| Tabla 32. Resultados comparados con la Resolución. Quebrada después de pasar por la Planta (Jornada de la Mañana). | 98 |
| Tabla 33. Resultados comparados con la Resolución. Quebrada después de pasar por la Planta (Jornada de la Tarde). | 98 |
| Tabla 34. Aspectos Internos de la PTAR- Filipote | 101 |
| Tabla 35. Aspectos Externos de la PTAR- Filipote | 102 |
| Tabla 36. Formulación de Estrategias en la PTAR- Filipote | 103 |
| Tabla 37. Criterio de Diseño para trampa de grasas | 109 |
| Tabla 38. Dimensiones de Trampa de grasas..... | 109 |
| Tabla 39. Ficha técnica para el seguimiento y monitoreo del cloro | 114 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación de la PTAR en el municipio de Ocaña | 13 |
| Figura 2 Etapas de la Digestión Anaerobia..... | 27 |
| Figura 3 Se describe el procedimiento para la ejecución..... | 32 |
| Figura 4. Proceso de tratamiento de un sistema centralizado. | 46 |
| Figura 5. Procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 47 |
| Figura 6. Diagrama de Flujo Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sector Hatillo. | 48 |
| Figura 7. Caja de Entrada..... | 49 |
| Figura 8. Sistema de Cribado..... | 50 |
| Figura 9. Desarenadores..... | 51 |
| Figura 10. Reactor UASB..... | 53 |
| Figura 11. Biofiltro. | 53 |
| Figura 12. Tanque de Lodos Activados. | 55 |
| Figura 13. Sedimentador..... | 56 |
| Figura 14. Tanque de Desinfección. | 57 |
| Figura 15. Caja de Salida. | 58 |
| Figura 16. Lechos de Secado. | 59 |
| Figura 17. Espesador de Lodos..... | 59 |
| Figura 18. Filtro prensa..... | 60 |
| Figura 19. Resultados obtenidos para DQO bajo condiciones evaluadas..... | 69 |
| Figura 20. Resultados obtenidos para DBO5 bajo las condiciones evaluadas. o. | 71 |
| Figura 21. Resultados obtenidos para SST bajo condiciones evaluadas. | 72 |
| Figura 22. Resultados obtenidos para grasas y aceites bajo los tiempos evaluados. | 74 |
| Figura 23. Resultados obtenidos para fosfatos bajo las condiciones evaluados. | 75 |
| Figura 24. Resultados obtenidos para nitratos bajo las condiciones evaluadas. | 76 |
| Figura 25. Resultados obtenidos para nitritos en las condiciones evaluadas..... | 77 |
| Figura 26. Resultados obtenidos para nitrógeno amoniacal bajo las condiciones evaluadas. | 78 |
| Figura 27. Resultados obtenidos para fluoruros en las jornadas (mañana-tarde). | 80 |
| Figura 28. Resultados obtenidos para sulfatos en las jornadas (mañana-tarde).. | 81 |
| Figura 29. Resultados obtenidos para aluminio bajo tiempos evaluados. | 83 |

| | |
|--|-----|
| Figura 30. Resultados obtenidos para cobre bajo los tiempos evaluados. | 85 |
| Figura 31. Resultados obtenidos para hierro bajo tiempos establecidos.. | 86 |
| Figura 32. Resultados obtenidos para color real bajo los tiempos evaluados..... | 87 |
| Figura 33. Resultados obtenidos para conductividad, bajo las jornadas evaluadas..... | 89 |
| Figura 34. Resultados obtenidos para alcalinidad bajo los tiempos evaluados (mañana-tarde) evaluadas..... | 90 |
| Figura 35. Resultados obtenidos para dureza total, bajo las jornadas evaluadas..... | 92 |
| Figura 37. Resultados obtenidos para Coliformes Totales, bajo las jornadas evaluadas..... | 93 |
| Figura 38. Vista en planta. Trampa de grasas..... | 110 |
| Figura 39. Cortes 1-1´ Trampa de grasas..... | 110 |
| Figura 40. Corte A-A´ Trampa de grasas..... | 110 |

Lista de Apéndices

| | |
|--|-----|
| Apéndice A. Lista de chequeo | 130 |
| Apéndice B. Encuesta para evaluar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales sector hatillo | 133 |
| Apéndice C. Registros Fotográficos, recorrido por las Instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el sector Filipote Ocaña Norte de Santander | 134 |
| Apéndice D. Registros Fotográficos, Toma de Muestra y Análisis de los Parámetros | 138 |

Resumen

Las aguas residuales que son vertidas a fuentes de aguas superficiales sin ningún tipo de tratamiento, generan una afectación grave sobre el ecosistema acuático y limita en gran medida su uso y aprovechamiento para las diferentes actividades. La construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales se presenta como una alternativa para solucionar esta problemática, pero más allá de su construcción es muy importante realizar diagnósticos y chequeos que permitan conocer la efectividad de su funcionalidad en cada uno de los procesos. En la presente investigación se emplearon distintos métodos para conocer el estado actual y el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector de Filipote en el municipio de Ocaña Norte de Santander. Con el diagnóstico realizado, se evidenció que la planta cuenta con tres tratamientos, como lo son el tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento secundario, además cuenta con una infraestructura en óptimas condiciones. Para evaluar el nivel de eficiencia del sistema, se realizaron muestras antes y después del tratamiento, con el fin de conocer las características físicas, químicas y microbiológicas y de esta manera determinar su eficiencia, dejando como resultado una remoción mayor al 90%. Durante el trabajo en la planta, se observaron falencias que pueden afectar el normal desarrollo del sistema, por esta razón se plantearon alternativas que puedan ayudar a obtener un tratamiento más eficiente, como lo son el diseño de una trampa de grasas y un plan de dosificación de cloro. Por tal razón, este sistema se podría sugerir para la implementación de nuevos sistemas de tratamiento de aguas residuales en el municipio.

Palabras Claves: Sistemas, Tratamiento, Aguas, Residuales, Análisis, Físico, Químicos

Abstract

Wastewater that is discharged to surface water sources without any treatment, generates a serious impact on the aquatic ecosystem and greatly limits its use and use for different activities. The construction and operation of wastewater treatment systems is presented as an alternative to solve this problem, but beyond its construction it is very important to carry out diagnoses and checks that allow to know the effectiveness of its functionality in each of the processes. In the present investigation different methods were used to know the current state and the level of efficiency of the wastewater treatment plant of the Filipote sector in the municipality of Ocaña Norte de Santander. With the diagnosis made, it was evidenced that the plant has three treatments, such as preliminary treatment, primary treatment and secondary treatment, and it also has an infrastructure in optimal conditions. To evaluate the level of efficiency of the system, samples were made before and after the treatment, in order to know the physical, chemical and microbiological characteristics and in this way determine its efficiency, leaving as a result a removal greater than 90%. During the work in the plant, flaws were observed that can affect the normal development of the system, for this reason they proposed alternatives that could help to obtain a more efficient treatment, such as the design of a grease trap and a dosage plan of chlorine. For this reason, this system could be suggested for the implementation of new wastewater treatment systems in the municipality.

Keywords: *Systems, Treatment, Water, Waste, Analysis, Physical, Chemical*

Introducción

La contaminación de las fuentes hídricas por aguas residuales debido a la falta de implementación de sistemas de tratamiento es un tema el cual la población se ha tenido que enfrentar durante mucho tiempo y que actualmente son muy relevantes, pues este tema, tiene mucho que ver con el bienestar y la calidad de vida de la población, pero pocas son las acciones que se toman frente a esta problemática.

El aumento poblacional es uno de los factores que está directamente relacionado con la contaminación del recurso hídrico, ya que ha mayor población, mayor será la demanda de del recurso para actividades domésticas, procesos industriales, comerciales e institucionales, dejando como resultado grandes volúmenes de residuos líquidos con altos niveles de contaminación.

Debido a esto, se ha despertado un interés para velar por el recurso hídrico y la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como el monitoreo de las mismas, para garantizar la descontaminación de las aguas.

La presente investigación pretende conocer el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Filipote ubicada en Ocaña Norte de Santander y de la misma manera, conocer el nivel de eficiencia del sistema.

Capítulo 1. Evaluación del nivel de eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Nivel de Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubicada en el Sector de Filipote del Municipio de Ocaña Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema

La contaminación del agua se define como la alteración de la calidad y composición fisicoquímica de la misma, a través de sustancias o elementos que ocasionan estos cambios. Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural” Dando como resultado aguas residuales, estas aguas por su composición requieren de un tratamiento antes de ser reutilizadas o vertidas a una fuente hídrica (Castillo, 2011).

Es evidente en la actualidad reconocer que los problemas asociados con la contaminación son una de las principales preocupaciones de la sociedad. Las leyes ambientales tienen una aplicación general y su aplicación ha sido cada vez más estricta. Por lo tanto, en términos de salud, medio ambiente y economía, la lucha contra la contaminación se ha convertido en un tema importante. Una crisis que inicia con las malas gestiones y métodos inadecuados en la utilización del recurso para suplir nuestras necesidades. Dejando como resultado la proliferación de enfermedades relacionadas con la escasez o contaminación del agua en la sociedad, problemas

ambientales debido a las descargas que se realizan en los cuerpos hídricos sin antes realizar un tratamiento previo (González, 2004).

La agenda 2030 establece en unos de sus objetivos mejorar la gestión de los recursos hídricos, enfatizándose en la calidad, cantidad y uso eficiente del recurso para alcanzar el desarrollo sostenible. Ya que el 80% de las aguas residuales a nivel mundial son vertidas a los ecosistemas acuáticos sin antes haber sido tratadas o reutilizadas, cifra preocupante para la organización de las naciones unidas (Unidas, 2017).

La contaminación de un cuerpo de agua depende de la cantidad y calidad del vertimiento, así como del tamaño de la fuente y su capacidad de asimilación. Los cuerpos hídricos de Colombia son receptores de vertimientos de aguas residuales y su calidad se ve afectada principalmente por los vertimientos no controlados provenientes del sector agropecuario, doméstico e industrial. En Colombia, los instrumentos regulatorios han estado en vigencia desde 1984 cuando fue expedido el Decreto 1594 y han sido, hasta ahora, el principal medio para controlar la contaminación de aguas en el país, adicionalmente se han implementado otros instrumentos regulatorios (Tasas retributivas), que contribuyen a minimizar los impactos de los vertimientos. (CONPES, 2002).

En Colombia, se estima que diariamente se vierten 67 m³/s de aguas residuales, En lo referente a sistemas de tratamiento, Colombia está tratando aproximadamente el 10% de las aguas residuales a pesar de contar con una capacidad instalada para tratar cerca del 20% (Esparragoza & Carvajal, 2008).

Estas cifras no son las más alentadoras ya que se está solucionando la problemática, pero ¿a qué escala? A escala muy baja por que se siguen vertiendo las aguas al rio sin un previo tratamiento, trayendo consigo graves problemas a corto, mediano y largo plazo, en donde se hace evidente una problemática nacional, en la cual las actividades se siguen desarrollando y es que no podemos parar esto, porque en él no radica la solución del problema, si no radica en el tratamiento que se le brinda al recurso después de haber pasado por esta actividad, el país se sigue contaminando, las aguas disminuyendo, la proliferación de microorganismos y con ella el aumento de enfermedades. Norte de Santander no es ajeno a esta situación. Pero es hora de cambiar, logrando implementar actividades con el fin de mitigar la carga contaminante del agua a la hora de verterse a los ríos.

Lo anterior se logra evidenciar en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, siendo uno de los principales municipios del departamento que actualmente cuenta con alrededor de 98.229 habitantes cifras arrojadas por el DANE 2015, que está en constante crecimiento y comienza a contribuir al cuidado y mejoramiento del ambiente, ya que su constante crecimiento deja como resultado el aumento en la demanda de los recursos naturales (agua potable), la generación de residuos sólidos y aguas residuales.

Actualmente, el municipio de Ocaña Norte de Santander cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en el sector de Filipote, en la cual se tratan las aguas residuales generadas de 11.000 habitantes asentados en el oriente del municipio y la meta es continuar con el sistema de saneamiento básico ambiental en todos los sectores de Ocaña (Vanegas Salcedo, 2012).

El agua residual que es tratada en la PTAR es vertida a la quebrada El Hatillo, lo cual ocasiona un impacto adverso en los ecosistemas presentes en el área de influencia del vertimiento de la planta. Al sistema de tratamiento, no se le ha hecho un seguimiento a su operación debido a que la planta cuenta con tan solo año y medio de estar en funcionamiento, lo que no se conoce el nivel de eficiencia de esta y es esencial realizar un monitoreo continuo que ayude a mantener y mejorar el sistema.

Debido a lo anterior, es muy importante establecer el seguimiento requerido a la operación de la PTAR, para poder conocer la eficiencia del sistema, la calidad, las características de las aguas residuales y de esta manera poder generar alternativas que nos ayuden a optimizar la operación del sistema de tratamiento.

1.2 Formulación del problema

¿Evaluar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector de Filipote en el municipio de Ocaña norte de Santander?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Evaluar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector de Filipote en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

1.3.2. Objetivos Específicos. Realizar el diagnóstico del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector de Filipote del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Evaluar la calidad del tratamiento de aguas residuales implementado en la PTAR ubicada en el sector de Filipote del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Formular alternativas de mejora para el adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector de Filipote del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.4 Justificación

“El manejo de las aguas residuales se ha convertido en una de las problemáticas de mayor complejidad a alto costo que tienen que resolver las comunidades para alcanzar una mejor calidad de vida” (Blázquez & Montero, 2010).

Debido al crecimiento poblacional en las últimas décadas en Colombia se vio la necesidad de contar con un método adecuado para las aguas residuales, que me permitan un tratamiento eficiente en todo el proceso, es por esta razón que el municipio de Ocaña norte de Santander implemento la planta de tratamiento de aguas residuales sector Filipote con la cual se pretende disminuir la carga contaminante del agua residual que se está generando en una parte del municipio, actualmente la planta está funcionando pero no se tiene un estudio que me permita saber el estado actual del tratamiento, desde el diagnóstico y caracterización por medio de un

análisis físico-químico y microbiológico en la entrada y salida de la PTAR, que me proporcione las condiciones en la que está funcionando, siendo este el punto de partida de nuestra investigación para así saber el nivel de eficiencia de la planta y con ello analizar diferentes alternativas de mejora para tener un adecuado tratamiento del agua residual generando planes y programas de manejo ambiental para la prevención, corrección y mitigación de los aspectos e impactos ambientales que son generados por este sistema de tratamiento.

La presente investigación pretende ayudar a contribuir y comprender mejor los procesos e interacciones que suceden en la PTAR con miras a alcanzar un manejo sostenible,

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Geográfica. La investigación se desarrollará en la planta de tratamiento del sector de Filipote en el municipio de Ocaña norte de Santander.

1.5.2 Delimitación Temporal. El proyecto se pretende desarrollar en su totalidad, en el Primer y Segundo semestre del 2019

1.5.3 Delimitación Conceptual. En este proyecto se desarrollará teniendo en cuenta los siguientes términos: aguas residuales, plantas de tratamiento, tratamientos alternativos, planes, programas.

1.5.4 Delimitación Operativa. Para la realización de esta investigación, en la evaluación del nivel de eficiencia de la planta de tratamiento del sector de Filipote en el municipio de Ocaña Norte de Santander esta cuenta con un personal capacitado y laboratorio proporcionados por parte de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. El desarrollo del proyecto será ejecutado por parte de los estudiantes antes mencionados y de la asesoría y supervisión de su directora, junto con los profesionales que se requieran en el proceso.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

La contaminación del agua es causada por las diferentes actividades antrópicas, que comienza a verse reflejada a partir de la revolución industrial, desafortunadamente esto ha ido aumentando, hasta transformarse en un problema habitual y generalizado. Durante la revolución industrial (entre la segunda mitad del siglo XVIII y los primeros años del siglo XIX), el aumento de los bienes de consumo y sus procesos de producción requerían una gran cantidad de agua para la transformación de las materias primas. A su vez, los residuos de dichos procesos de producción eran vertidos en los cauces naturales de agua sin ningún tipo de control. (Bigorda, 2017).

La situación actual del agua a nivel mundial presenta una crisis a causa del aumento de la población mundial, la mala gestión del recurso, el calentamiento global y la reducción en el suministro de agua. Debido a esto, se estima que en los próximos quince años el mundo sufrirá una reducción del 35% en el abastecimiento de agua de consumo. A partir de esto, se comienza a despertar interés por el recurso hídrico y buscar alternativas que mejoren su posición actualmente (MICT, 2006).

Israel, es el país número uno en la implementación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, con una tasa de reciclaje del 75% de agua residual de su territorio, en segundo lugar, encontramos a España con una tasa de reciclaje de agua residual del 12%. Para lograr esta eficiencia, se han propuesto unas metas que van en pro de la conservación del agua, como

mejorar la calidad de la misma y cumplir con los estándares para consumo humano, uso industrial y riego agrícola, a través de una inversión económica en tecnologías, recurso humano que garantice una buena gestión del recurso y la implementación de actividades encaminadas a inculcar en la cultura de la población, el ahorro y uso eficiente del agua. De esta manera, los países anteriormente mencionados son referente internacional para el tratamiento y la sostenibilidad del recurso hídrico (MICT, 2006).

Colombia es considerada uno de los países más ricos en Sur-América en cuanto a recursos hídricos debido a sus grandes precipitaciones y resultado de distintos factores geográficos, meteorológicos y biológicos. Al colindar con los océanos Pacífico y Atlántico, Colombia recibe una gran cantidad de humedad la cual penetra hacia el interior país. (Ojeda, 2010).

A pesar de tanta riqueza, también posee una gran problemática en cuanto a la contaminación de los cuerpos hídricos por aguas residuales, ya que solo el 48.2% de sus municipios cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales, es decir que solo 541 municipios de 1.122 le realizan algún tratamiento al agua residual antes de ser vertida a una fuente hídrica. (SSPD, 2017)

EL tratamiento de aguas residuales en Colombia es una práctica relativamente reciente, según un estudio realizado por la UNICEF, Colombia trata el 10% de las aguas residuales que genera. Sin embargo, el aumento de la contaminación del recurso hídrico por diferentes actividades antrópicas sigue aumentando considerablemente y la poca infraestructura para el

tratamiento del agua residual, ha convertido esta situación en uno de los problemas ambientales más críticos para el país (Galeano Nieto & Rojas Ibarra, 2016).

Los vertimientos generados por el sector agrícola en Colombia son los más contaminantes, a este le siguen los vertimientos industriales y sumadas las descargas que realizan las grandes ciudades como Bogotá, Cali, Cartagena, etc. Por esta razón es un problema prioritario para resolver (Martín, 2014).

Un ejemplo muy claro de esta problemática es el río Bogotá, uno de los ríos más contaminados de Colombia, a pesar de que el departamento de Cundinamarca es el departamento con mayores plantas de tratamiento de aguas residuales en todo el territorio nacional, no han logrado enfrentar la problemática actual del río.

Para esto se han propuesto proyectos de ampliación en la planta de tratamiento el salitre ubicada en la ciudad de Bogotá y la construcción de la planta de tratamiento de agua residual canoas, que son los proyectos más ambiciosos. Según la corporación autónoma regional de Cundinamarca, se estima que con estos proyectos se podría disminuir la contaminación del río Bogotá en un 80 % (Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca, 1997).

El departamento Norte de Santander también es ausente en planes para tratamiento de aguas residuales, el departamento cuenta con 40 municipios y la gran mayoría descarga sus vertimientos directamente a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento, así lo afirmó secretario de aguas y saneamiento básico Francisco Bermon. También aseguro que esta deficiencia es

debido a que la mayoría de los municipios no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales y que la superintendencia de servicios públicos domiciliarios no hace un control efectivo para obligar a cumplir la ley, esto ocasiona una problemática mayor aun, ya que la mayoría de las cuencas del departamento son trasnacionales, es decir, que van hasta Venezuela por el rio Catatumbo y se está trasladando la problemática a otro país (Bermon, 2017).

Un estudio realizado en el departamento sobre la Gestión Integral del Manejo de Aguas Residuales arrojó como resultado que solo 7 municipios del departamento contaban con planta de tratamiento de aguas residuales y de los 33 municipios restantes, solo 1 contaba con por lo menos un sistema de tratamiento llamado laguna de oxidación, es decir que el 80% de las aguas residuales del departamento están siendo vertidas directamente a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento (CGDNS, 2013).

El municipio de Ocaña norte de Santander para el año 2013 no contaba con una planta de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, se adelantaban una serie de proyectos gestionados ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio encaminados al mejoramiento del sistema de alcantarillado, denominado plan maestro de alcantarillado y dentro de este proyecto estaba incluido el sistema de tratamiento de aguas residuales para el sector Hatillo-Filipote (CGDNS, 2013).

A partir del año 2017 el municipio de Ocaña inicia con la construcción de la planta de tratamiento de agua residual ubicada en el Sector de Hatillo-Filipote, el cual realiza el

tratamiento del agua residual generada por 11.000 habitantes asentados en el oriente del municipio (Quintero, 2017).

2.2 Marco Contextual

Este proyecto se llevará a cabo en el sector de Filipote, ubicado en el municipio de Ocaña Norte de Santander, con coordenadas $8^{\circ}16'5.80''$ N y $73^{\circ}21'1.80''$ O a una altura de 1118 msnm. En la figura 1 se observa la zonificación de la planta de tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales tratadas por la planta son generadas por la comuna 5 del municipio y son el objeto de análisis del proyecto antes y después de ser vertidas a la quebrada EL HATILLO para conocer sus características físico - Químicas y Microbiológicas, para posteriormente compararlas con los valores límites máximos permisibles por la normatividad vigente. De esta manera se brindará información sobre la calidad del agua que está siendo vertida y del nivel de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Ocaña actualmente enfrenta un problema ambiental y sanitario debido a la contaminación de las fuentes hídricas, principalmente en el RIO TEJO Y EL RIO CHIQUITO que pasan por el casco urbano del municipio, por las descargas directas de las aguas residuales y la razón de esta contaminación es la deficiencia de sistemas de tratamientos de aguas residuales, que han llevado a la población a verter de forma directa sus residuos líquidos a las fuentes hídricas, generando un impacto socio – ambiental y económico.

Por esta razón, esta iniciativa de proyecto se convierte en una alternativa para el análisis de la contaminación físico – química y microbiológica de las fuentes hídricas a nivel municipal. A partir de esta información se podrá realizar diseños para la construcción sistemas de tratamiento de aguas residuales que ayudaran a disminuir la problemática social del municipio y la contaminación ambiental generada

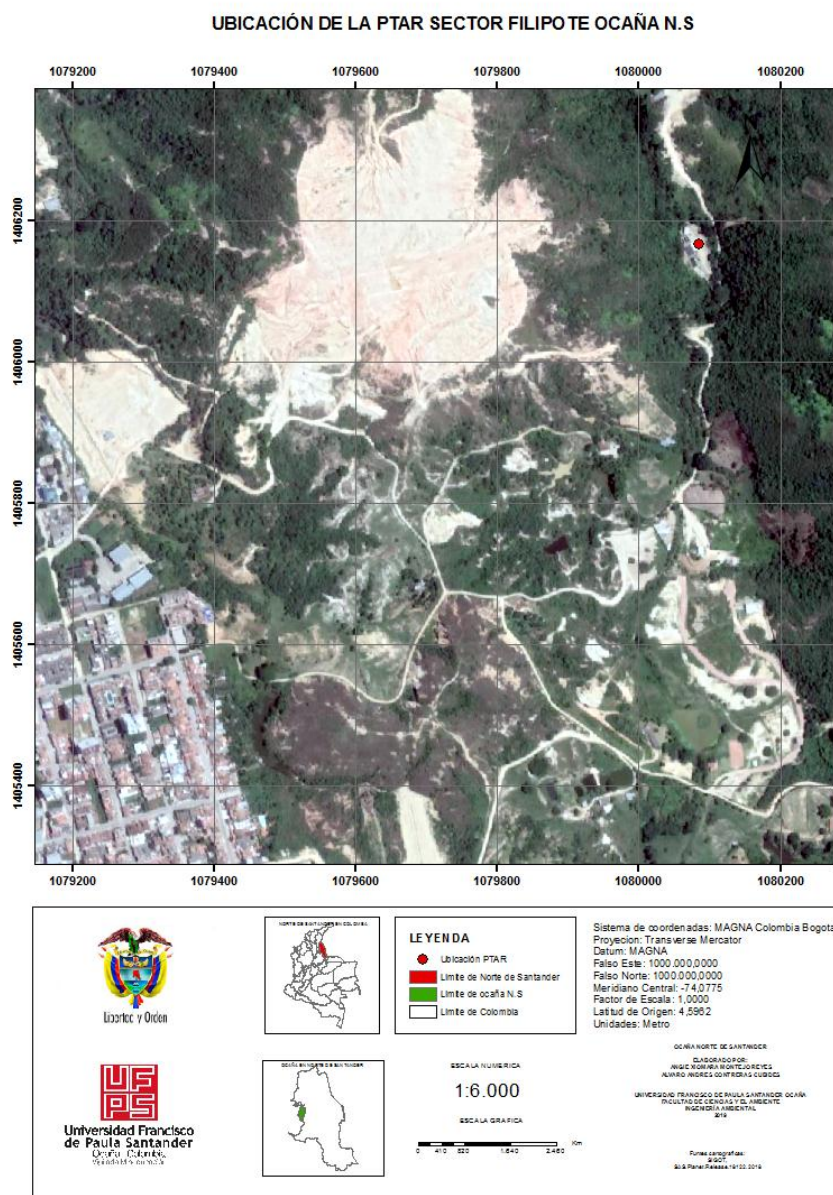


Figura 1. Ubicación de la PTAR en el municipio de Ocaña
 Fuente: Autores del proyecto.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Conceptos relacionados con las aguas residuales. Ya que el objetivo principal a desarrollar en este proyecto es la evaluación del nivel de eficiencia de una PTAR se debe tener claro las distintas clases que existen alrededor de estas (Martinez & Rivera, 2013).

Aguas grises. Son aguas procedentes de viviendas o servicios domésticas residuales constituidas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.

Aguas negras. Son los líquidos que genera una comunidad una vez que ha sido contaminada durante las diferentes actividades que esta realiza. Entonces se puede decir que es la combinación de los fluidos provenientes de las actividades domiciliarias, instituciones públicas, industriales y comerciales.

Aguas Servidas. Son un tipo de aguas residuales tratadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad señalados por la autoridad sanitaria competente, en relación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargados o a sus posibilidades de uso (OEFA, 2004).

Aguas Residuales. Son aquellas aguas cuyas características fisicoquímicas y microbiológicas originales han sido modificadas por diversas actividades humanas y que por su estado requieren de un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo hídrico o descargada al sistema de alcantarillado (RAS, 2000).

Aguas Residuales Municipales. Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos (RAS, 2000).

Aguas Residuales Domesticas. Son aquellas aguas provenientes de viviendas y de las edificaciones (comerciales e institucionales), en donde se determina que las aguas negras son aquellas que proceden de los inodoros y orinales y las aguas grises son las generadas por las duchas, lavamanos, lavadoras y la cocina; Las aguas residuales industriales son originarias de cualquier tipo de industria y las aguas residuales municipales son de origen doméstico, comercial e institucional que contienen desechos humanos (Ascanio & Rodriguez, 2017).

Aguas residuales industriales. Son el resultado de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal (Espigares, 2014).

Las aguas anteriormente mencionadas son aguas contaminadas por sus diversos usos, de una u otra manera son vertidas y esto se define como la descarga final a un cuerpo de agua un alcantarillado o al suelo, de sustancias contenidas en un medio líquido con o sin un tratamiento previo, es también necesario precisar los vertimientos no puntuales son aquellos que a pesar de ser un vertimiento no se puede precisar el punto exacto en el que se descarga al cuerpo de agua o al suelo como los de escorrentía (MAVDT, 2010).

La problemática de la carga contaminante que llevan estos vertimientos debido a los altos niveles de contaminantes que se identifican fácilmente por sus características físicas, químicas y microbiológicas.

2.3.2 Características Físicas-Químicas de las aguas residuales. Son parámetros y valores, que me permiten determinar el estado hablando fisicoquímicamente del agua residual a tratar en el proyecto. Según (Romero & Hammeken, 2005).

Color. El color en agua puede tener origen orgánico o inorgánico. Las aguas residuales se caracterizan por tener un color grisáceo, pero debido a la conducción de esas aguas en sistemas de alcantarillado, tiempo de transporte y condiciones anaerobias se tornan a un color gris oscuro a negro.

Olores. Estos se dan por los gases liberados en el proceso de descomposición de la materia orgánica presente en el agua, es un olor desagradable por lo cual causa un rechazo a la implantación de plantas de tratamientos de aguas residuales.

Sólidos totales. Son materiales suspendidos y disueltos en el agua, estos sólidos se obtiene después de someter al agua a un proceso evaporación a temperaturas entre 103°C y 105°C, los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras, el análisis de este parámetro me permite el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento.

Temperatura. Es un parámetro importante debido al grado de influencia sobre la vida acuática, a las reacciones químicas y velocidades de reacción, las aguas residuales poseen una temperatura más elevada que las de un cuerpo hídrico común y esto se da debido a los vertimientos de aguas calientes procedentes de los sectores domiciliarios e industriales.

Turbiedad. La turbiedad en el agua es originada por materia suspendida y coloidal tal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica dividida finamente, plancton y otros microorganismos microscópicos. Es la propiedad de transmisión de la luz a través del agua, mediante la comparación entre la intensidad de luz dispersada en una muestra del agua residual con la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

Materia Orgánica. Se caracteriza por unos conjuntos de propiedades físicos o químicos, compuestas por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en algunos casos de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o Demanda de oxígeno que me cuantifica la Cantidad de oxígeno presente en las Aguas Residuales. La oxidación microbiana o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos (IDEAM, 2007).

Demanda Química de Oxígeno (DQO). Mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (IDEAM, 2007).

Alcalinidad. La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, La alcalinidad es una medida de una propiedad agregada del agua y se puede interpretar en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra (IDEAM, 2005).

pH. El término pH es una forma de expresar la concentración de ión hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrógeno. Como es logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno e el agua $\text{pH} = \log (\text{H}^+)$. En el punto de equilibrio, el agua se ioniza ligeramente:

$$(\text{H}^+) (\text{OH}) = K_w = 10^{-14}$$

$$(\text{H}^+) = (\text{OH}) = 10^{-7}$$

Por lo tanto, $\text{pH} = 7$

En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez o la alcalinidad totales (IDEAM, 2007).

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Estudios sobre la problemática. El ser humano desde siempre ha tenido la necesidad de vivir en comunidad, a lo largo de la historia ha evolucionado extrayendo consigo lo que el medio le pueda brindar y a su vez un generador potente de residuos líquidos en donde dichos residuos son vertimientos que se hacen a los cuerpos de agua cercanos. El tratamiento de las aguas residuales es nuevo, se comienza a hablar sobre este tema a fines de 1800 y principios del siglo actual y coincide con la época de la higiene. En un inicio el tratamiento se hacía mediante el vertido de las aguas residuales al suelo, pero prontamente la superficie de los terrenos no fue suficiente para absorber el cada vez mayor volumen de aguas residuales, debido a esta problemática se vio la necesidad de determinar primeramente las características de los desechos líquidos crudos y, en segundo lugar, preestablecer las características que debe tener el efluente tratado para no afectar el medio ambiente (Rojas, 2002).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2009), en el 2025 la población mundial será del orden de 7.200 millones de personas y unas dos terceras partes se concentrarán en ciudades. Aunque la urbanización por sí misma no es un problema, los crecimientos mal planeados, por lo general, causan problemas ambientales, como agotamiento y contaminación de los recursos agua, aire y suelo por el vertimiento y manejo inadecuado de los residuos líquidos y sólidos generados (Torres, 2012).

En Colombia, se presentan altos índices de atrasos significativos, pues solo son tratadas el 12% de las aguas residuales generadas en el país. El desarrollo normativo del tema se presenta

desde el enfoque de los servicios público a través de la ley 142 de 1994, que define el tratamiento de aguas residuales como una actividad complementaria del servicio público domiciliario de alcantarillado y desde el punto de vista ambiental en la ley 99 de 1993. Este atraso significativo en materia de tratamiento de aguas residuales evidencia que la solución a esta problemática no solo se resuelve desde la legislación (Triana, 2007).

La cobertura en Colombia de los servicios de acueducto y alcantarillado es de 75% en acueducto y del 60% en alcantarillado; y a nivel urbano del 89% y 79% respectivamente. Se aclara que las cifras de alcantarillado se refieren sólo al servicio de recolección de las aguas residuales. Se hace evidente la gran diferencia entre la cobertura de tratamiento de las aguas residuales (12%) con respecto a la recolección (60%) (Triana, 2007).

En Colombia solo el 48.2% de los municipios cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales y más del 50% presentan mala operación por causas de origen técnico, financiero, ambiental y político (Bernard, 2018). En el municipio de Ocaña se cuenta con una PTAR ubicada en el Sector De Filipote, por lo tanto, se propone evaluar el nivel de eficiencia del sistema, la calidad, las características de las aguas residuales y de esta manera generar alternativa que nos ayuden a optimizar la operación del sistema de tratamiento.

Efectos del problema. El tratamiento de las aguas residuales es una necesidad que tiene la sociedad para proteger el medio ambiente y garantizar el bienestar humano, Una mala operación y tratamiento de las aguas inciden negativamente en muchos componentes medio ambientales especialmente en aspectos de agua, suelo, flora, fauna y componente social. A continuación, se

nombran las principales afectaciones que trae consigo el vertimiento de aguas contaminadas al ambiente.

Un contaminante potencial son los vertimientos, siendo estos un generador de olores ofensivos es una situación que impacta el componente aire, disminuye la calidad de vida de la población, este tipo de contaminación da en función de la relación entre la carga del efluente y la de la fuente receptora, teniendo en cuenta tanto los efectos acumulativos de las descargas recibidas como la capacidad de regenerarse de la corriente receptora.

El deterioro de la calidad del recurso hídrico que es donde se evidencia el mayor o menor grado de impacto sobre el agua y de allí podemos evaluar el grado de afectación en los demás ecosistemas, se puede identificar en las diferentes clases de aguas dependiendo de su nivel de profundidad, de nivel freático, meteorización y profundas, debido a los diferentes usos que se realizan en las diferentes actividades del sector agropecuario generando descargas puntuales, este tipo de vertimientos están contaminados no por la cantidad de agua sino por la cantidad de carga orgánica que posee dicha descarga, o por los insumos que deterioran los diferentes ecosistemas deteriorando el medio ambiente (Sanchez & Zuluaga, 2016).

Tabla 1.

Características de los principales compuestos del agua residual (Noyola, 2010).

| CONTAMINANTES | CARACTERÍSTICAS / EFECTOS |
|---------------------------------------|---|
| Sólidos suspendidos | Pueden dar lugar a condiciones anaerobias cuando el agua residual sin tratar es vertida a una fuente hídrica. |
| Materia orgánica biodegradable | Su estabilización biológica da lugar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas. |
| Patógenos | Transmisión de enfermedades. |
| Nutrientes | El nitrógeno y fósforo son nutrientes esenciales para el crecimiento. |
| Material orgánico refractario | Compuestos orgánicos que tienden a resistir métodos convencionales de tratamiento de agua, por ejemplo, surfactantes, fenoles y pesticidas agrícolas. |
| Contaminantes peligrosos | Compuestos orgánicos e inorgánicos conocidos por sus características de carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o alta toxicidad. |
| Metales pesados | Provenientes de actividades industriales y comerciales. As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn. |
| Sólidos inorgánicos disueltos | Son constituyentes inorgánicos como calcio, sodio y sulfatos. |

Nota: En la tabla se describen las características y/o efectos generados por los contaminantes presentes en el agua (Noyola, 2010).

La calidad de vida de las personas está estrechamente relacionada con la calidad del recurso hídrico ya que los seres humanos dependemos de este recurso para poder vivir y en ese afán de vivir poder desarrollar actividades socioeconómicas; además se presentan problemas sanitarios, higiénicos y de salud, al consumir y tener contacto con aguas contaminadas poniendo en riesgo sus vidas. La contaminación de este recurso, en su mayoría proveniente de las actividades humanas, propicia enfermedades de origen hídrico.

Entre las enfermedades más comunes están: la diarrea, la hepatitis A y E, la poliomielitis, la fiebre tifoidea y la meningitis, de estas afecciones las más común es la de tipo diarreica, ya sea bacteriana, viral o por protozoos. Otro tipo de enfermedades se produce por origen vectorial como la malaria, fiebre amarilla, dengue, la leishmaniasis, filariosis de Bancroft, entre otras; por último, se tienen las enfermedades causadas por la falta de higiene que prosperan en condiciones

insalubres o donde el agua no recibe el tratamiento apropiado y se ven impedidas las actividades de limpieza corporal y general, causando dermatitis, tracoma, lepra, tuberculosis entre otras (Tolcachier, 2004).

Tabla 2.

Principales enfermedades causadas por el agua (Sánchez & Vélez, 2012).

| ENFERMEDAD | AGENTE CAUSAL | OBSERVACIÓN |
|------------------------|---|---|
| <i>Dengue</i> | <i>Aedes aegypti</i> | Enfermedad causada por un virus producido en aguas contaminadas y transmitida por el mosquito de <i>Aedes</i> |
| <i>Diarrea</i> | Ingestión de agua Contaminada | Diarrea es un síntoma de infección debido a huéspedes bacteriales, virales y organismos parásitos la mayoría de los cuales se pueden extender por medio de aguas contaminada. |
| <i>Hepatitis</i> | Ingestión de agua o comida contaminada y contacto a personas. | En medicina, la hepatitis es una enfermedad que produce una inflamación del hígado. Existen 2 virus que causan hepatitis (hepatitis A y E). |
| <i>Cólera</i> | Vibrión colérico | La principal vía de transmisión del <i>Vibrio Cholerae</i> es la ingestión de agua o alimentos contaminados con dicho virus. Con menor frecuencia se han detectado también traspaso de virus por contacto de persona a persona. |
| <i>Gastroenteritis</i> | Norovirus | Se disemina a través de alimentos o agua que estén contaminados y el contacto con una persona infectada. La mejor prevención es lavarse las manos frecuentemente. |

Nota. La tabla muestra las principales enfermedades causadas por el agua en Ocaña norte de Santander.

2.4.2 Estudios sobre plantas de tratamiento de aguas residuales. El crecimiento poblacional junto con el mal uso de los recursos naturales ha traído consigo graves consecuencias al medio ambiente.

El tratamiento de las aguas residuales se realiza con el fin de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos de aguas receptoras. De un modo general, el tratamiento persigue evitar los daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua, a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento, junto con los daños impactos generados por las actividades de agricultura y depreciación del valor de la tierra (Rojas, 2002).

2.4.3 Estudio sobre los sistemas utilizados. Consisten en una serie de pasos consecutivos que dependen de las características fisicoquímica y microbiológica del agua residual que se pretende tratar y del grado de purificación requerido según los niveles de contaminación permitidos por la legislación, lo que depende fuertemente del lugar de descarga y cuerpo de receptor. La secuencia de procesos radica en una serie de tratamientos denominados tratamiento previo, primario, secundario y, eventualmente, terciario y cuaternario (Alasino, 2009).

Los tratamientos previos y primarios normalmente son físicos e implican eliminar por medio de métodos físicos elementos que puedan dañar a los equipos o procesos continuos en la planta, así como estabilizar el caudal o ajustar el Ph. Entre los que se puede enumerar decantadores, sedimentadores primarios, tamices, desgrasadores y tanques de estabilización, eliminan sólidos inorgánicos de las aguas residuales y gran parte de la materia orgánica presente. También se pueden incluir dentro de esta clasificación procesos químicos de coagulación y floculación (Alasino, 2009).

Los tratamientos secundarios están diseñados para procesos biológicos y químicos, el cual se deriva de los desechos orgánicos proveniente de los residuos humanos, residuo de alimentos, jabones y detergentes. Los procesos biológicos comprenden tratamiento por barros activados, sistemas de lecho fluidizado, lagunas aireadas, tratamientos anaerobios, tratamientos de percolación como los filtros biológicos, humedales, entre otros (Alasino, 2009).

Los tratamientos terciarios y cuaternarios proporcionan una etapa final, consiste en aumentar la calidad del recurso antes de que sea descargado al (mar, río, lago, campo, etc.) son procesos de refinamiento y se utilizan en caso de necesidad e incluyen tratamientos como filtración, lagunaje, desinfección con cloro u ozono, precipitación química de fósforo con sales de hierro, etc. (Alasino, 2009).

Tabla 3.

Procedimiento para el tratamiento de aguas residuales (Zapata, Hernández , & Oliveros , 2004).

| | |
|--|--|
| Tratamiento Primario | <ul style="list-style-type: none"> • Asentamiento de sólidos • Remoción de sólidos • Remoción de arena • Maceración • Sedimentación |
| Tratamiento Secundario | <ul style="list-style-type: none"> • Filtros de desbaste • Fangos activos • Camas filtrantes (camas de oxidación) • Placas rotativas y espirales • Reactor biológico de cama móvil • Filtros aireados biológicos • Reactores biológicos de membrana • Sedimentación secundaria |
| Tratamiento terciario o cuaternario | <ul style="list-style-type: none"> • Filtración • Lagunaje • Tierras húmedas construidas • Remoción de nutrientes • Desinfección |

Nota. La tabla muestra las actividades principales de cada etapa. Fuente: (Zapata, Hernández , & Oliveros , 2004).

Clasificación de los sistemas de tratamiento. El tratamiento de las aguas residuales ya sea urbanas o industriales proponen una serie de aplicaciones de procesos y operaciones, cuya secuencia y utilización bien definidas generara una planta eficiente.

Plantas de tratamiento de agua residual aeróbicas. Las plantas aeróbicas es un tratamiento que se constituye en un tanque de aireación llamado reactor en el cual todos los lodos y microorganismos son mezclados para que luego las partículas se homogenicen y se formen partículas más grandes llamadas floc biológicos, estos floc formados en este proceso se sedimentan en un tanque sedimentación o clarificador, el lodo sedimentado retorna al tanque de aireación y repite el proceso (Quimerk LTDA, 2010).

Plantas de tratamiento de agua residual anaeróbica. Las plantas de tratamiento anaerobias cumplen la función de la transformación y no destrucción de la materia orgánica presente en el agua residual que se está tratando en ausencia de oxígeno, como no existe un factor oxidante la transferencia de electrones se mantiene intacta en los gases generados por este proceso, entre los cuales el dióxido de carbono y el metano son los más abundantes.

El proceso inicia con la hidrólisis de todo el conjunto de polisacáridos, proteínas y lípidos, la cual es protagonizada por las bacterias hidrolíticas que producen enzimas extracelulares y generan moléculas de bajo peso molecular como lo son los azúcares, los aminoácidos, los ácidos grasos y los alcoholes y son transportador a través de una membrana celular; posteriormente son fermentados a ácidos grasos con bajo número de carbonos como los ácidos acético, fórmico, propiónico y butírico, así compuestos reducidos como el etanol, además de H₂ y CO₂. Los

productos de fermentación son convertidos a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono por la acción de las bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno (Rodríguez, 2002).

Y finalmente como se muestra en la figura. Culminando el proceso las bacterias metanogénicas convierten el acetato en metano o reducen el CO₂ a metano, siendo el método un elemento producido por el tratamiento anaerobio en donde se puede manejar en procesos de combustión todo esto con el fin de reducir los costos en procesos industrializados (Rodríguez, 2002).

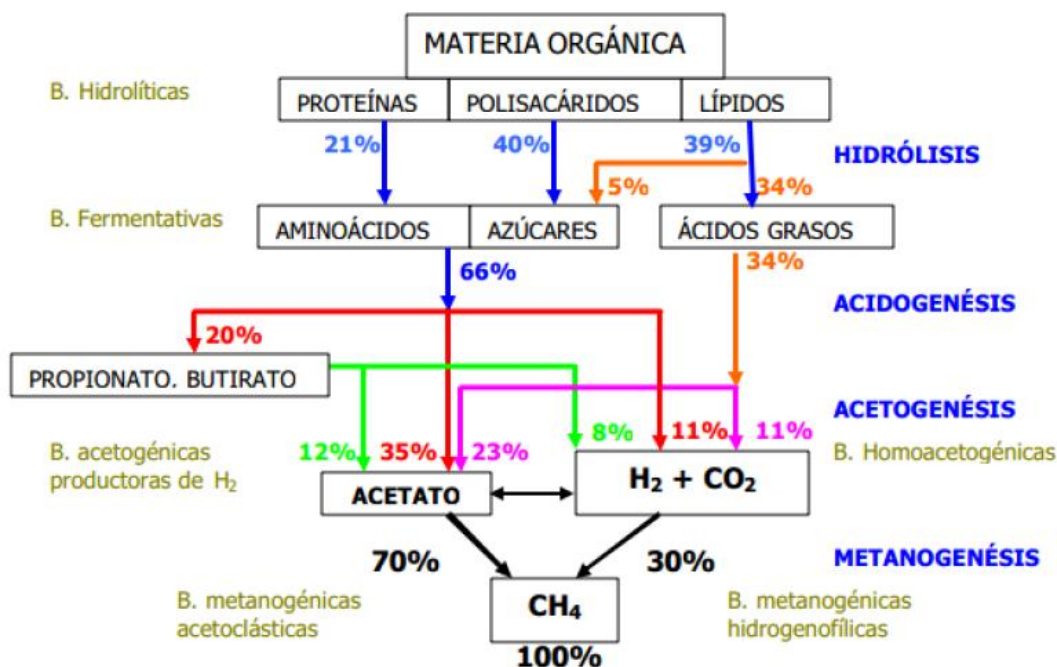


Figura 2 Etapas de la Digestión Anaerobia

Fuente: (Arroba & Ávila, 2016)

2.5 Marco Legal

Se comienza a hablar de aguas residuales y de los aspectos institucionales para su manejo, fundamentados en las políticas nacionales y normas específicas referidas desde los años 70.

Dentro de la normatividad que busca la conservación, manejo y protección del recurso hídrico también encontramos la siguiente:

Decreto 2811 DE 1974: Denominado Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Contiene las acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico, para garantizar la calidad del agua para su uso posterior.

(MADS, 1974)

Ley 9 de 1979: Esta norma reglamentaria del Código Nacional de Recursos Naturales desarrolla ampliamente lo referente a los vertimientos de agua residual. Determinando los límites de vertimientos, estudios de impacto ambiental y procesos sancionatorios. Los municipios deben atender las normas de vertimientos establecidos de interés sanitario establecido en el artículo 74.

(LEY 9, 1979)

A partir de la promulgación de la nueva Constitución Política (1991), el manejo de los recursos naturales y del medio ambiente ha sido dotado de diferentes herramientas a nivel gubernamental, que permite tomar decisiones y trazar políticas ambientales, amparadas en la legislación ambiental.

Dicha constitución incluye los siguientes artículos:

Artículo 8: Es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas naturales y culturales de la nación.

Artículo 79: Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica.

Artículo 313: Todo municipio debe expedir los acuerdos necesarios para el control, preservación y defensa del patrimonio ecológico.

Ley 99 de 1993: Ley General Ambiental de Colombia, crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. (MADS, 1993).

Resolución 1096 de 2000: La presente resolución tiene por objeto establecer las disposiciones relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico RAS, título E, tratamiento de aguas residuales siendo el documento técnico que fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico. En el caso de sistemas de tratamiento de aguas residuales, el RAS tiene en cuenta los procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento. (MAVDT, 2004)

Decreto 155 de 2004: Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones (MAVDT, 2004).

Resolución 2202 de 2006: Por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales de Solicitud de Trámites Ambientales (MAVDT, 2006).

Decreto 1299 de 2008: El presente Decreto tiene por objeto reglamentar el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones (MAVDT, 2008).

Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos (MAVDT, 2010).

Decreto 2667 del 2012: Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones (MADS, 2012).

Resolución 1207 de 2014: Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas (MADS, 2014).

Resolución 0631 del 2015: Por la cual se adoptan medidas relacionadas con los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (MADS, 2015).

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

La siguiente investigación se enfoca en Evaluar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el Sector Filipote para conocer el nivel de eficiencia de este sistema. Para Sampieri la investigación se puede realizar de la siguiente manera: cuantitativa, cualitativa y mixta. El enfoque cuantitativo se caracteriza por medir fenómenos siendo un conjunto de procesos, es secuencial, probatorio y analiza la realidad objetiva (Sampieri, 2014),

El siguiente proyecto es cuantitativo debido a que las mediciones de los parámetros a analizar en las aguas residuales, antes y después del tratamiento, son resultados de carácter numérico, y con ellos se calculan los contaminantes removidos y finalmente el porcentaje de remoción de la planta de tratamiento.

El enfoque de este proyecto es una investigación cuantitativa, con un alcance descriptivo que consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Sampieri, 2014a). La siguiente investigación es descriptiva, debido a que especifica las propiedades, características y procesos de la planta de tratamiento aguas residuales que es sometida a análisis.

Sampieri caracteriza la investigación experimental como un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), En el diseño metodológico se adopta la investigación experimental, la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. ya que, para la evaluación del nivel de eficiencia de la PTAR se manejan diferentes elementos independientes, que permite conocer las condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Se describe el procedimiento para la ejecución

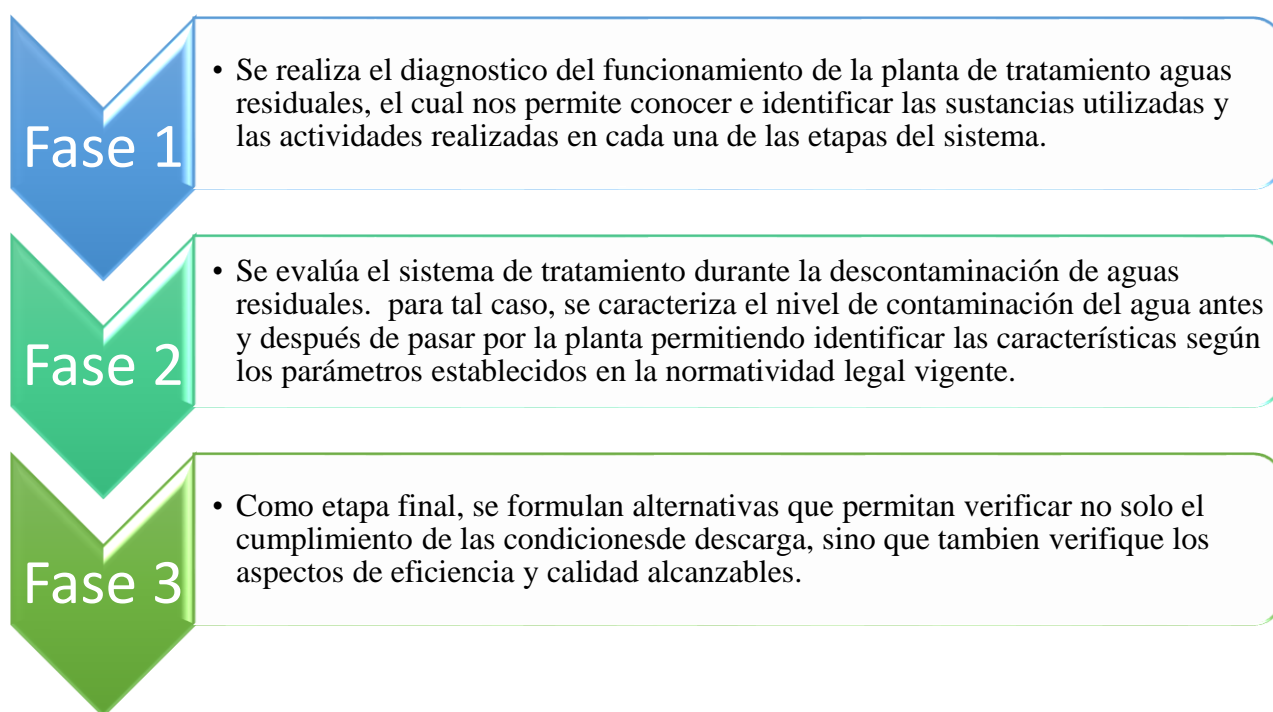


Figura 3 Se describe el procedimiento para la ejecución.
Fuente: (Autores, 2019)

3.2 Población

En este proyecto las aguas residuales se definen como unidad de análisis. Se delimita la población que realiza vertimientos sin tratamiento a la Quebrada el Hatillo de Ocaña Norte de Santander.

De esta manera surge la necesidad de caracterizar los vertimientos que son transportadas hasta la planta de tratamiento, aunque es de gran complejidad la cuantificación total de ellas, debido a que no posee ningún tipo de medidor ni estudio acerca de ello.

Los vertimientos son generados aproximadamente por 11.000 habitantes que residen al Oriente del municipio de Ocaña, pertenecientes a los Barrios Ciudadela Deportiva, El Carmen, Simón Bolívar, Hatillo y finalmente Filipote.

3.3 Muestra

Es importante determinar el origen del agua residual que se usan para el sistema, ya que los contaminantes presentes en ella están estrechamente relacionados con la actividad que se genera.

La planta de tratamiento está diseñada para una capacidad de 18 L/S caudal promedio, las aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento, provienen de residuos líquidos procedentes de las actividades domésticas de la vida diaria, descargas de sanitarios, lavado de

ropas, baños, preparación de alimentos etc. De estos puntos de generación, las aguas residuales se conducen por el alcantarillado hasta llegar a la planta de tratamiento (Consortio Ocaña 026).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para la elaboración del diagnóstico físico y operativo de la planta de tratamiento de Aguas Residuales Sector Filipote a cargo de la Alcaldía Municipal, se utiliza la técnica de observación directa, entrevista y lista de chequeo, todo esto con la finalidad de reconocer sobre el terreno, los síntomas o signos reales del área de estudio, de manera planificada, organizada y detallada que permita conocer el funcionamiento y/ operación normal del sistema de tratamiento, además de identificar sustancias químicas requeridas y los equipos usados para tal fin.

Como punto de partida esta la Inspección, A través de la observación directa, se identifica la manera como se están llevando los procesos de cada una de las actividades a desarrollar en el proyecto. Así mismo el personal que interviene en la ejecución, la supervisión y se validan los documentos revisados en la observación documental.

La entrevista con el instrumento de cuestionario con esquema de preguntas abiertas, debido a que proporciona una información más amplia, más detallada, que permite profundizar en cada uno de los procesos desarrollado de la planta, en donde se pretende tener conocimiento de los siguientes factores: usuarios, componentes (descripción), tiempo de operación, mantenimiento, continuidad, cobertura (población servida), Procesos, frecuencia monitoreo, micromedidores y estado de la Quebrada Hatillo. (Ver Apéndice B.)

Para realizar el análisis del funcionamiento y operación del Sistema de Tratamiento Aguas Residuales se implementarán listas de chequeo con las cuales se identificará las sustancias químicas requeridas y los equipos manejados. Con esta técnica se pretende verificar la documentación requerida para el desarrollo del proyecto, con el fin de consolidar el objetivo de la misma identificando los elementos requeridos para comprobar y analizar las operaciones.

Además de conocer y verificar el funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Sector Filipote, nos permite evaluar el cumplimiento de la normatividad legal vigente aplicable a los vertimientos.

La segunda fase consiste en evaluar el sistema de tratamiento durante su operación en la descontaminación de aguas residuales. Para tal efecto, se debe conocer el estado del agua antes y después de la planta de tratamiento, también conocer el estado de la Quebrada el Hatillo antes y después de generarse el vertimiento del agua residual tratada por la planta.

Para conocer las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales tratadas en la Planta de Tratamiento del Sector Filipote, se realiza análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña en el segundo semestre del 2019.

Tabla 4.*Mediciones generadas durante el día*

| Medición | Tiempo |
|---|---------------|
| Medición 1. Antes de la PTAR | Mañana, Tarde |
| Medición 2. Después de la PTAR | Mañana, Tarde |
| Medición 3. Quebrada Antes del Vertimiento | Mañana, Tarde |
| Medición 4. Quebrada Después del Vertimiento | Mañana, Tarde |

Nota. Estas mediciones se tienen en cuenta para la evaluación del agua residual. Fuente: (Autores, 2019)

Estas mediciones deberían arrojar diferentes resultados de remoción de contaminantes; como etapa final, se evalúa el nivel de eficiencia de la planta teniendo en cuenta los datos obtenidos en el laboratorio. De esta manera se verifica la efectividad del sistema fundamentándose en el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015 la cual establece los parámetros y valores límites máximos permisibles para vertimientos puntuales de acuerdo a la actividad realizada y la normatividad vigente asociada.

Para Analizar y evaluar la eficiencia de remoción de cargas contaminantes del sistema de tratamiento de aguas residuales, se toma como punto de referencia la resolución 0631 del 2015 la cual establece los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales a los cuerpos de agua superficial

Para este proyecto se realiza el tipo de muestreo simple, en donde se toma una muestra antes de ingresar a la planta y después de realizar el tratamiento, también una muestra de la quebrada antes y después de ser vertida el agua tratada por la planta, dicha muestras serán tomadas en la jornada de la mañana, medio día y tarde, también se determina las características de las descargas y con ello evaluar los efectos potenciales en el proceso de tratamiento.

Luego de coleccionar el agua, se toman muestras por duplicado para ser llevado al laboratorio de aguas UFPSO y analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con que entra el agua. Posteriormente, se tomarán las muestras duplicadas a la misma agua residual después de haber pasado por el sistema de tratamiento para realizar los mismos análisis. Luego comparar cada análisis y conocer la remoción de cada parámetro, para finalmente evaluar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento.

Las muestras son tomadas por los autores del proyecto y se caracterizan de acuerdo al procedimiento estipulado por el RAS 2000 en su sección II título E capítulo E2 (RAS-2000, 2000). Donde se establece la recolección y preservación de la muestra, metodología de aforos, rótulos, transporte al laboratorio, análisis, recipientes para la muestra, cantidad, preservación y los parámetros mínimos de la calidad del agua que deben medirse.

También se tiene como referente el documento para la toma de muestras de aguas residuales establecidas por el IDEAM (2007); en donde se establece los requerimientos en cuanto a personal, equipos y materiales para el muestreo, así como el procedimiento adecuado que se debe seguir.

Etiquetado de las muestras. Todas las muestras deben ser etiquetadas para evitar confusiones o errores de identificación. Se emplea la etiqueta diseñada por los autores que se observa en la Tabla 5, en donde se especifican los siguientes datos:


- Nombre de la muestra
- Tipo de muestra

- N° de la muestra
- Fecha y hora
- Persona que toma la muestra
- Lugar de muestreo
- Temperatura
- Tipo de análisis a realizar
- Observaciones

Cada muestra con su respectiva etiqueta y se adhieren a la botella en el momento de la toma, luego el rotulo se cubre con una cinta adhesiva transparente para evitar su deterioro.

Tabla 5.

Modelo de etiqueta para muestras de agua

| | |
|---|--------------------------------------|
|  | MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS |
|---|--------------------------------------|

| | |
|-----------------------|------------------|
| Nombre de la muestra: | N° de la muestra |
| Tipo de muestra | Hora |
| Fecha: | T°: |
| Tomada por: Contreras | |
| Lugar de muestreo | |
| Tipo de análisis | |
| Observaciones: | |

Nota. Modelo de etiqueta para muestras de agua. Fuente: Autores, 2019

Cuaderno de campo. Para ser mayor eficiente el muestreo llevará consigo el de cumplimiento de una ficha en la que contiene datos y circunstancias necesarias para una mejor interpretación de los resultados obtenidos. La ficha se llena en el momento en el que se está realizando el muestreo y se registra en un cuaderno de campo que contendrá los siguientes datos:

- Nombre de la muestra
- Tipo de muestra

- No de la muestra
- Fecha y Hora
- Tomada por
- Temperatura (T°)
- Lugar de muestreo
- Tipo de análisis
- Observaciones
- Volumen de muestra recogida
- Parámetros determinados *in situ* (T°, pH, conductividad, turbidez, etc.)

Para el muestreo se organizan las botellas rotuladas, los reactivos y materiales necesarios. Se miden los parámetros de campo (*in situ*) con la sonda multiparamétrica introduciendo los electrodos para determinar Conductividad, temperatura, pH y turbidez; la sonda se usa de acuerdo a lo establecido en su manual operativo.

Para el resto de parámetros (Demanda Química de Oxígeno, Demanda Biológica de Oxígeno cinco, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables grasas y aceites, fosfatos, fósforo, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, fluoruros, sulfatos, aluminio, cobre, hierro, alcalinidad, dureza total y color real) se toma el volumen necesario (3 litros) y se lleva de forma inmediata al laboratorio de aguas de la UFPSO para su análisis.

Los parámetros fisicoquímicos en la calidad del agua que se analizan en esta investigación son los relacionados en la tabla 6 del artículo 15 de la resolución 0631 de 2015.

Tabla 6.
Parámetros fisicoquímicos que se analizan a las muestras de agua residuales

| RESOLUCIÓN 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015 | | “Actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos V y VI con vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficial.” Artículo 15 |
|---|------------------------|--|
| PARAMETRO | UNIDADES | VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |
| Generales | | |
| pH | Unidades de pH | 6,0 a 9,0 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L O ₂ | 150 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L O ₂ | 50 |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/L | 50 |
| Sólidos Sedimentables (SSED) | mL/L | 1 |
| Grasas y Aceites | mg/L | 10 |
| Compuestos de Fósforo | | |
| Fosfatos | mg/L | Análisis y Reporte |
| Fósforo Total | mg/L | Análisis y Reporte |
| Compuestos de Nitrógeno | | |
| Nitratos | mg/L | Análisis y Reporte |
| Nitritos | mg/L | Análisis y Reporte |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L | Análisis y Reporte |
| Nitrógeno Total | mg/L | Análisis y Reporte |
| Iones | | |
| Fluoruros | mg/L | 5 |
| Sulfatos | mg/L | 250 |
| Metales y Metaloides | | |
| Aluminio (Al) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Cobre (Cu) | mg/L | 1 |
| Hierro (Fe) | mg/L | 1 |
| Otros parámetros para Análisis y Reporte | | |
| Color Real | UPtCo | Análisis y Reporte |
| Conductividad | μS/cm | Análisis y Reporte |
| Alcalinidad | mg/L CaCO ₃ | Análisis y Reporte |
| Dureza total | mg/L CaCO ₃ | Análisis y Reporte |

Nota: Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas- ARnD para las actividades las actividades de servicios con vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible MADS (2015).

La resolución 0631 de 2015 en su artículo 6, se analizan los coliformes termo tolerantes del agua residual, se realizan los análisis microbiológicos relacionados en la tabla 7.

Teniendo en cuenta las fuentes de vertimiento de aguas residuales domésticas, se consideró necesario evaluar la calidad sanitaria de este cuerpo de agua, para lo cual se usaron los parámetros fisicoquímicos y el grupo indicador de contaminación fecal denominada Coliformes termotolerantes (CTE).

Tabla 7.

Parámetros microbiológicos que se analizan a las muestras de agua residual MADS (2015).

| RESOLUCION 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015 | | “Cuando la carga másica antes del tratamiento es mayor a 125 kg/ día de DBO ₅ .” Artículo 6 |
|--|-----------|---|
| PARÁMETRO | UNIDADES | VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |
| Coliformes Termotolerantes | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | Análisis y Reporte |
| E. Coli | NMP/100mL | Análisis y Reporte |

Nota. Parámetros microbiológicos de análisis y reporte en los vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) a cuerpos de agua superficiales. Fuente MADS (2015).

Para la ejecución de la fase 3 Alternativas, se requiere identificar previamente los resultados de las fases anteriores, desde el diagnóstico físico y operativo de la planta hasta los resultados de la calidad fisicoquímica y microbiológica tanto en la fuente hídrica como del sistema de tratamiento de aguas residuales, que nos permita conocer las deficiencias del proceso y con ello la mejora del sistema de tratamiento.

Y con esta información la generación de una matriz DOFA que nos permita relacionar las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas, conduciéndonos a la elaboración de estrategias que mitiguen el impacto de las amenazas y reduzcan las debilidades, haciendo uso de nuestras fortalezas y aprovechando oportunidades que se presentan tanto dentro del sistema como fuera de él.

3.5 Análisis de Información

Se tiene en cuenta los datos obtenidos en los análisis de laboratorio para poder conocer el comportamiento del Sistema de Tratamiento, junto con el diagnóstico físico y operativo para finalmente analizarlos y con ello generar alternativas de mejora para la Planta.

Por otra parte, se hace una comparación entre los resultados obtenidos en cuanto a remoción de contaminantes por parte del sistema de tratamiento y el valor máximo permisible para los vertimientos estipulados por la normatividad ambiental y se verifica el cumplimiento.

Capítulo 4. Presentación de Resultados

4.1 Diagnóstico del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector de Filipote del municipio de Ocaña, Norte de Santander

4.1.1. Revisión bibliográfica como guía para la recolección de información. En esta primera fase se realiza una revisión bibliográfica sobre los tipos de plantas de tratamiento agua residuales domésticas, los procesos y procedimientos que estas requieren y en general todas las características empleadas en trabajos anteriores junto con los resultados obtenidos.

Actualmente existen comunidades que aún no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas. Esto se debe en gran medida a la escasez de recursos económicos para la construcción, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento, y como consecuencia afectación a la salud y la afectación al medio ambiente por los vertimientos que se realizan. En vista de los inconvenientes que se generan al no contar con un sistema de tratamiento, se ve la necesidad de implementar tecnologías que ayuden a disminuir la problemática socio-ambiental en las grandes y pequeñas comunidades.

Con el incremento de los problemas ambientales y la aprobación de leyes y normas internacionales, surge la necesidad de incluir el tema ambiental en el proceso de elección de tecnologías. Por tal motivo, la elección de la mejor tecnología para el tratamiento de aguas residuales depende de tres factores esenciales: técnico, económico y ambiental.

Tratamiento Descentralizado.

Según el geólogo Liber Galván, el manejo descentralizado de aguas residuales, puede definirse como la colección, tratamiento y reúso o disposición de las aguas residuales de las casas individuales, grupos de casas, o comunidades aisladas donde el acceso o la construcción de infraestructura puede ser complicada, industrias, o los organismos institucionales cerca del punto de la generación del residual.

Los sistemas de tratamiento descentralizado requieren: poco espacio para su montaje, bajo requerimiento de energía, fácil operación, no degradación del ambiente local, producir un efluente de calidad y reducción de costos globales eliminando la necesidad de grandes sistemas de colección y transporte del residual, que representaría un elevado costo.

El objetivo de estos sistemas es tratar el agua residual en el sitio donde se generan, en zonas periurbanas haciendo uso directo de los subproductos del tratamiento como (el agua, lodos y biogás) permitiendo un manejo de aguas residuales más sostenibles para los países en vías de desarrollo, donde el agua residual se ha convertido en un problema importante.

Este tratamiento se aplica generalmente en comunidades con una Población Equivalente (PE) menor de 2000 habitantes y sus procesos asociados son complejos, existiendo en un mismo sistema varias operaciones unitarias como sedimentación, filtración, flotación y oxidación biológica. Algunos de estos sistemas son: tanques sépticos, tanques aireados, filtros percoladores, lagunas de estabilización y otros procesos combinados.

- **Tratamiento primario:** lagunas de sedimentación, tanques sépticos, tanques Imhoff o lagunas anaeróbicas profundas
- **Tratamiento secundario:** filtros de cama fija o tanques sépticos con baffles deflectores;
- **Tratamiento secundario y terciario:** aerobio/anaerobio en humedales construidos o en lagunas. (Rodríguez, 2009)

Tratamiento Centralizado.

Los sistemas de tratamiento centralizado, son utilizados en áreas donde existe gran densidad poblacional, debido a la gran cantidad de agua residual a tratar. Lo que indica que el aumento poblacional va directamente relacionado con la generación de aguas residuales y la tecnología de tratamiento a utilizar.

Para tratar el agua residual producida por una ciudad, se pueden tratar diferentes alternativas, entre ellas las siguientes: la primera es implementar un sistema de recolección del agua residual en toda la ciudad para luego ser transportada a una gran planta de tratamiento (sistemas centralizados), la segunda sería utilizar varias plantas ubicadas estratégicamente para tratar el agua residual producida en cierto sector de la ciudad (sistemas descentralizados) sin embargo, se necesita analizar una serie de aspectos para definir la tecnología a utilizar. (Sánchez Castañeda , Mantilla Morales , & Montesillo Cedillo, s.f.)

Los sistemas de tratamiento centralizado requieren de:

- Uso permitido de suelo en el plan de ordenamiento territorial
- Puntos de emisión de olores
- Requerimientos de área futura
- Lejos de humedales, y ecosistemas sensibles o críticos. (Sarabia, 2016)

Procesos de tratamiento de un sistema centralizado.



Figura 4. Proceso de tratamiento de un sistema centralizado.
Fuente: (Sarabia, 2016)

4.1.2 Observación Directa. Revisión de los procesos de los diferentes procesos que lleva acabo la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

En la realización de la observación directa se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica, el Manual de la Operación Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas del Municipio de Ocaña Sector Hatillo-Norte de Santander.

El sistema diseñado está conformado por ocho procesos para el tratamiento de sus aguas, como lo muestra la Figura.



Figura 5. Procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
Fuente: (Consortio Ocaña 026, 2017).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales posee tres tipos de tratamiento: tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento secundario en el siguiente diagrama se muestra los tratamientos que se realizan:

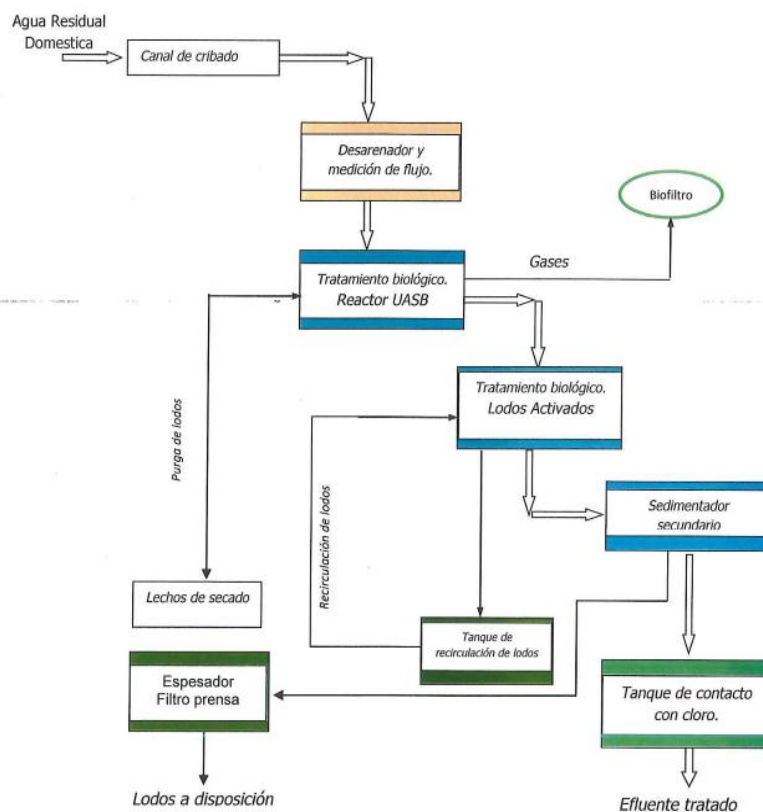


Figura 6. Diagrama de Flujo Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sector Hatillo.
Fuente: (Consortio Ocaña 026, 2017).

Según el Manual de operación el sistema trata solo aguas residuales domésticas, pero los residuos líquidos que ingresan a la planta de tratamiento son procedentes de actividades residenciales, instituciones públicas, Locales comerciales, Talleres y aguas pluviales. Lo que indica que en la planta se maneja aguas mixtas provenientes del sector.

A continuación, se describen cada una de las etapas de la planta de tratamiento de aguas residuales que opera en el sector Hatillo.

Tratamiento preliminar: El agua que ingresa a la planta de tratamiento es proveniente del sistema de alcantarillado, la cual llega a una caja de recepción de agua.

Esta caja de recepción se encuentra dividida en dos secciones, la primera sección que recibe el agua que ingresa a la PTAR y por medio de una compuerta esta pasa al sistema de cribado.

En la segunda sección se recibe el agua en caso de existir un rebose de la primera sección por alto caudal, el agua recibida en esta sección es enviada a un pozo el cual sirve de paso para finalizar en el vertimiento.

El Caudal diseñado para tratar de la planta es de 18 L/S, se puede tratar el doble (36 L/S) si esta no tiene tantos sólidos, al no ser así se vierte sin ningún tratamiento.



Figura 7. Caja de Entrada
Fuente: Autores del proyecto, 2019

Canal de cribado: Canal rectangular con una rejilla de 20 milímetros de separación, estática y de limpieza manual con un rastrillo. Que retiene los sólidos que pueden intervenir el proceso.



Figura 8. Sistema de Cribado.
Fuente: Autores del proyecto.

Desarenador: Está dividida en dos canales, cada uno con 2 compuertas en acero inoxidable. Cada uno de los canales, está diseñado para un caudal máximo de 98 L/S , caudal máximo horario del horizonte de diseño (Año 2038).

Una vez el agua residual pasa por los desarenadores, ingresa al sistema de medición de flujo por una canaleta Parshall de 6", esta cuenta con una regleta de medición que nos indica el caudal de operación de la planta.

Se le realiza limpieza cada 10 días.



Figura9.Desarenadores.

Fuente: Autores del proyecto.

Tratamiento primario.

Reactor UASB (reactor anaeróbico de flujo ascendente): Permite la remoción de la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

En esta unidad el agua residual se introduce el fondo del reactor por medio de unas mangueras flexibles uniformemente distribuidas, a partir de un canal ubicado en la zona superior lo cual garantiza la uniformidad del flujo a través del reactor.

La capa de lodo microbiano suspendida que realiza una adsorción y transformación de la materia orgánica, está formada por flóculos de microorganismos que por su propio peso no son arrastrados por el flujo ascendente, permaneciendo en el reactor.

Los microorganismos en la capa de lodos degradan los compuestos orgánicos y como resultado se liberan gases (Metano y Dióxido de Carbono). Luego estos gases son enviados a un sistema llamado biofiltro para su manejo a través de unas campanas de recolección. Estas campanas están proyectadas para que el operador pueda circular sobre ellas únicamente para hacer labores de mantenimiento y limpieza.

Las burbujas ascendentes de gas contribuyen a mezclar los lodos sin necesidad de piezas mecánicas, las paredes inclinadas permiten el retorno del material que alcanza la superficie del tanque.

El tanque UASB está diseñado para un caudal de $67,7\text{m}^3/\text{H}$, ($18,8\text{L}/\text{s}$) con un volumen total de $473,76\text{m}^3$ teniendo un tiempo de retención de 7 horas.

Este sistema cuenta con un Bypass a la entrada del reactor UASB cuyo propósito principal es controlar el caudal en la entrada al UASB en la etapa de arranque del mismo este Bypass permite enviar el agua al sistema de lodos activados en caso de suspender la operación del UASB o realizar algún tipo de mantenimiento, este proceso se realiza a través de una serie de válvulas.



Figura 10. Reactor UASB.
Fuente: Autores del proyecto.



Figura 11. Biofiltro.
Fuente: Autores del proyecto

Tratamiento secundario.

Lodos activados: Una vez el agua residual pase por el reactor UASB, pasa por rebose al sistema de tratamiento secundario llamado lodos activados de mezcla completa, en el cual se realiza un tratamiento biológico en el que una población de microorganismos aeróbicos se mantiene en condiciones homogéneas, mediante el suministro de oxígeno a través de múltiples difusores de burbuja fina ubicados en el fondo.

La aireación se consigue mediante la distribución de aire a través de 176 difusores de burbuja fina de 12” colocados en el fondo del tanque.

El aire es suministrado por dos sopladores lobulares (marca ROOTS, a una presión de 6 PSI, los cuales pueden funcionar de manera manual y temporizados desde el tablero eléctrico).

Cada soplador cuenta con una válvula antirretorno, válvula de alivio, válvula de paso y manómetro de descarga.

El agua residual que sale del sistema de lodos activados pasa a una canaleta de recolección de aguas, donde existe una pantalla de aquietamiento, la cual tiene como función disminuir la agitación del agua para la entrega de los sedimentadores y dos compuertas en acero inoxidable para controlar el paso del agua a cada sedimentador.



Figura 12. Tanque de Lodos Activados.
Fuente: Autores del proyecto.

Sedimentador: Actividad complementaria al tanque de lodos activados, permite el asentamiento de los sólidos (lodos), formado por la acción biológica para su posterior retiro al espesador de lodos y al filtro prensa.

El sistema de sedimentación está dividido por dos secciones iguales, las cuales tienen las siguientes dimensiones: largo 8,46 m x ancho de 3m y un borde libre de 0,30m, dos compuertas de entrada en acero inoxidable, las cuales serán manipuladas para permitir o bloquear el paso del agua al sedimentador en caso que se requiera realizar algún tipo de mantenimiento o limpieza

En la parte inferior cuenta con paredes con una inclinación de 60° , para la acumulación de lodos en el fondo, el cual será recirculado continuamente a través de una tubería PVC de 3" hacia el tanque de almacenamiento de lodos para la recirculación al sistema de lodos, con el fin de

garantizar la concentración de lodo activado en el y diariamente o cuando se requiera retirar un volumen de lodo del sistema hacia el tanque espesador, mediante la apertura de una serie de válvulas. Este sistema de recirculación trabaja por medio de la inyección de aire.



Figura 13. Sedimentador.
Fuente: Autores del proyecto

Tanque de cloración: El agua de salida del sedimentador secundario es enviada al tanque de cloración o tanque de contacto con cloro con el fin de proporcionar un tiempo de contacto entre el agua tratada y una solución de Hipoclorito de Sodio al 91% con el objetivo de lograr la desinfección del efluente antes de la descarga a la fuente receptora (Quebrada Hatillo).

Esta unidad tiene las siguientes dimensiones: profundidad 1,3m, de ancho 2m y de largo 13,02.

La dosificación de la solución desinfectante se realiza por medio de dos bombas dosificadoras (MARCA SEKO-SERIE: TEKNA EVO) con capacidad máxima de 20.30 L/h las cuales serán nombradas en el tablero de control Bomba dosificadora 1 y Bomba dosificadora 2. Estas trabajaran alternadas en modo automático una siendo el respaldo de la otra.

Se cuentan con dos tanques de preparación del desinfectante de 500 Litros cada una con su respectivo motorreductor.



Figura 14. Tanque de Desinfección.
Fuente: Autores del proyecto

Caja de salida: El agua residual con su respectiva desinfección, pasa por rebose a la caja de salida para su vertimiento final.



Figura 15. Caja de Salida.
Fuente: Autores del proyecto

Manejo de lodos: Los lodos acumulados en la parte inferior del reactor UASB son purgados del sistema y enviado a los lechos de secado a través de una serie de válvulas para su posterior tratamiento.

El manejo de lodos en el sedimentador se realiza en dos unidades; la primera es el espesador de lodos donde se acumulan, estabilizan y acondicionan químicamente los lodos permitiendo la filtrabilidad de los mismos. Como segunda unidad se tiene un filtro prensa para el desaguado de lodos y posteriormente dar la disposición final.



Figura 16. Lechos de Secado.
Fuente: Autores del proyecto



Figura 17. Espesador de Lodos.
Fuente: Autores del proyecto



Figura 18. Filtro prensa.
Fuente: Autores del proyecto

4.1.3 Entrevista para dar a conocer de manera más detallada los procesos de la planta. A través de la entrevista realizada a funcionarios y administrativos de la PTAR se conoció la apreciación de estos actores involucrados acerca del funcionamiento de la planta y su eficiencia, usuarios, componentes (descripción), tiempo de operación, mantenimiento, continuidad, cobertura (población servida), Procesos, frecuencia monitoreo, micromedidores y estado de la Quebrada Hatillo.

La entrevista se realizó al operario de la planta, el jefe de planta y el interventor de la misma, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 8.

Entrevista

| PREGUNTAS | ENTREVISTADOS | | |
|--|--|--|---|
| | EUDER BARBOSA (OPERADOR) | JHON JAIRO CONTRERAS (JEFE INMEDIATO) | ÁLVARO CASTRO (INTERVENTOR) |
| ¿Con que cobertura cuenta actualmente el servicio dentro del casco urbano? | Aproximadamente cubre 10% de Barrios y Aproximadamente una población de 11.000 a 15.000 habitantes | Con una cobertura del 10% que corresponde a un rango de 11000 a 15000 habitantes | Tiene una cobertura de 15.000 a 20.000 habitantes |
| ¿En qué estado se encuentra actualmente los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (que tiene y que hace falta)? | <p>Ella cuenta con los tres tratamientos que son preliminar que es la parte de la entrada de los vertederos pasamos al UASB que es el segundo paso, luego pasamos al tercero que son lodos activado, hasta el momento está trabajando en una excelente calidad.</p> <p>Pues como para mejorar lo que le haría falta una trampa de grasa ya que no solo se están tratando aguas domésticas sino es un agua mixta, en donde se están tratando aguas de lavaderos de carros, empresas, cocinas entonces nos está generando grasa y esa grasa va a parar el procedimiento de la aprobación de las bacterias, porque ellas no trabajan con otro componente que no sea materia orgánica.</p> <p>Otro componente a mejorar es que cuando el sistema eléctrico por X o Y motivo por truenos, lloviznas o daños eléctricos para la energía entonces la planta quedaría a un nivel bajo de tratamiento por qué no se va a seguir con el tratamiento por falta de energía, para mejorar necesitaríamos como una planta eléctrica a base de gasolina o acépeme las hay grande con la capacidad de hacer mover la planta.</p> <p>La energía que se maneja allá son los motores que son los sopladores trabajamos a 220 y las bombas como la recirculación o dosificadoras trabajan a 110.</p> | <p>Actualmente estamos en buenas condiciones, nos hace falta mejorar la parte eléctrica, para tener un respaldo cuando se vaya la luz. Por ejemplo, una planta generadora de electricidad. También no hace falta una trampa de grasas y un sistema de drenajes</p> | <p>Están en buen estado, se requiere la construcción de lechos de secado para el tratamiento de lodos</p> |

Continuación Tabla 8. Entrevista

| | | | |
|---|---|--|---|
| ¿Cuánto tiempo (años) lleva operando la planta desde su construcción? | Aproximadamente 2 años y medio desde su construcción. | Aproximadamente 2 años y medio desde su construcción. | Algo más de 2 años |
| ¿Cada cuánto se efectúa mantenimiento a los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales (cuales procesos) | Se realiza constantemente todos los días ya a nivel de los tanques que sería para vaciarlos o limpiarlos al fondo sería cada seis meses, se lavarían el tanque de sedimentador, el tanque de desinfección porque ya los otros tanques no se podrían hacerle mantenimiento porque son los que tienen la población de bacterias que ellas tocaría un tiempo determinado 6 meses para poderlas reproducir. | Al filtro prensado se le hace mantenimiento cada 4 días, a los desarenadores cada 8 días, en el cribado se hace diariamente, a los tanques de sedimentación se hace cada 6 meses y a las plantas sumergibles se hace cada 8 o 15 días; dependiendo de su estado | A diario, se realiza el retiro de materiales flotantes, limpieza de sedimentador y tratamiento de lodos |
| ¿Se realiza un tratamiento a los lodos generados en el proceso? | Se le da un secado en los lechos de secado, se les da un soleado de ocho días en las piletas de ahí, pasaría a echarles la CAL, luego nuevamente al sol y se taparían para que maduren y se eliminen las bacterias malas | Si claro, se le hace la purga al reactor UASB y son llevados a los lechos de secado para que maduren, se les agrega cal viva y pasan a realizarse un compost. Los provenientes del sedimentador son pasados al filtro prensa para realizar el respectivo tratamiento. | Si claro, se estabilizan con cal y se pueden llegar a utilizar como abono |
| ¿Cómo ha sido a la continuidad del servicio de tratamiento de aguas residuales? (intermitente y/o permanente) | Permanente | Servicio Permanente | Permanente |

Continuación Tabla 8. Entrevista

| | | | |
|---|---|--|---|
| ¿Con cuanto personal se cuenta y que tan aptos son para desempeñar su respectiva labor? | Un ingeniero contratista, el interventor, el jefe de inmediato, 2 operarios y la seguridad. Los operarios los han capacitado 2 veces cada capacitación tiene un término de tres meses y los capacitan en tratamiento de aguas residuales y manejo de equipos. | Un ingeniero contratista, el interventor, el jefe de inmediato, el operario, el auxiliar del operador y el personal de vigilancia. | Dos operadores, dos auxiliares, electricista, ingeniero ambiental, ingenieros contratistas e interventor y el Coordinador |
| ¿Cuál es el caudal diseñado que puede tratar la planta? | Maneja un caudal de 18 L/S, pero si es agua lluvia sería el doble 36 L/S que llaga sin tanta tierra, lodo, gravilla o cosas así. | En climas normales el caudal es de 18 L/s, en épocas de lluvia sería de 36 L/s | De 15 a 20 L/s |
| ¿Con que frecuencia se efectúan el monitoreo al caudal de la fuente hídrica, la calidad del agua antes de ingresar al proceso y la calidad del agua tratada? | Cada 3 meses se están llevando las muestras o vienen el laboratorio y hace las pruebas. Los parámetros se tomaron salida, medio y entrada. Nosotros tomamos los parámetros de PH, Conductividad, Solidos Suspendidos y Temperatura, todos los días. | El análisis de eficiencia se hace una vez al año Se hace cada 3 meses y el pH, temperatura, conductividad y los sólidos se hace diariamente en la mañana y tarde. | Monitoreo diario, análisis de parámetros como PH, SOLIDOS, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD. |
| ¿Se han presentado inconvenientes en la planta? ¿Cómo se ha manejado? | Se han presentado inconvenientes con las Aguas Lluvias aquí por el lado encima tenemos una Quebrada que se está efectuando y está llegando una creciente bastante fuerte y está sobresaliendo del muro y se está entrando a los aparatos de tratamiento como la filtro prensa y nos está cayendo al tanque de desinfección. ¿Cómo se ha manejado? El muro tratamos de subirlo un poco más y anchamos la canal por la que estaba bajando el agua y hasta el momento se le ha dado manejo a la situación. Los problemas de electricidad hasta el momento como esto la energía es privada, tiene el beneficio de que tan presto llamemos nos soluciona, puede ser en términos de 1 a 2 horas a no ser que sea un daño o un mantenimiento de 1 o 2 días y ahí es donde está la parada porque si no hay energía no hay tratamiento. | Si claro, aumento excesivo en el caudal, también inconvenientes con lodos (saturación), fallas eléctricas, inundación, ingreso de material inorgánico a la planta. Cuando es aumento de caudal se usa el vertedero de exceso para evitar la saturación de la planta, con el material inorgánico que ingresa a la planta si es complicado de tratar en la planta, ya que ella no está diseñada para eso, ya que las bacterias no están diseñadas para esto pierden eficiencia en el tratamiento. | En épocas de invierno aumenta el caudal, el exceso es drenado por un aliviadero antes de entrar a la planta. |

Nota. La tabla muestra la entrevista realizada a los actores involucrados en la planta. Fuente: Autores del proyecto

Con la realización de la entrevista se pudo generar información primaria sobre el sistema de tratamiento, que fue de gran valor para el desarrollo de este trabajo. La entrevista se le realizó al operador principal de la planta, al jefe inmediato y al interventor de la misma.

Con los resultados de la entrevista se pudo conocer un valor bastante aproximado de la población que actualmente vierte sus residuos líquidos a la planta de tratamiento de aguas residuales, su tiempo de operación y el caudal diseñado para un óptimo funcionamiento del sistema. Además, se conoció el estado actual de la planta, los procesos que requieren un mantenimiento diario y la operación de estos. Así mismo, los inconvenientes que se han presentado desde su llegada a la planta y como estos pueden afectar el normal funcionamiento del sistema.

También se pudo conocer las actividades de monitoreo que se realizan diariamente para verificar que el vertimiento que genera la planta esté por debajo de los niveles máximos permisibles exigidos por la ley.

4.1.4 Análisis del funcionamiento de la PTAR por medio de lista de chequeo para verificar el cumplimiento de la normatividad. Para realizar el análisis del funcionamiento de los sistemas de tratamiento se implementaron listas de chequeo con la ayuda del manual operativo de la planta que permitió verificar el funcionamiento, operación, mantenimiento y las sustancias químicas requeridas para cada tratamiento.

Además de conocer y verificar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Filipote, permitió realizar un seguimiento constante y verificar el cumplimiento de la normatividad legal vigente aplicable a los vertimientos.

La lista de chequeo permitió verificar el cumplimiento de los procesos establecidos en el manual.

Tabla 9.

Lista de Chequeo

| Nombre de la PTAR | | Planta de Tratamiento de Aguas Residual del Municipio de Ocaña Sector - Filipote Norte de Santander | | |
|---|--|---|-----------|---|
| Objetivo de la Visita | | Verificar el Funcionamiento y Operación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. | | |
| Dirección | | Hatillo | | |
| Horario de la Planta | | 24 horas | | |
| Operación PTAR Filipote (marque con una x según corresponda) | | SI | NO | OBSERVACIONES |
| Mantenimiento General | Trimestral | | | Existen procesos que requieren mantenimiento diario como la rejilla de cribado, los residuos flotantes en los sedimentadores, purga de lodos, la filtro prensa. |
| | Semestral | X | | |
| | Anual | | | |
| | Nunca | | | |
| Permiso de Vertimientos | Concedido | X | | Sin Observaciones |
| | En Tramite | | | |
| | No se tiene | | | |
| Procesos | ¿Se cuenta con un tratamiento preliminar en la PTAR? | X | | Está conformado por el canal de cribado, los canales desarenadores. |
| | ¿Se cuenta con un tratamiento primario? | X | | Reactor UASB (Reactor anaeróbico de flujo ascendente) |
| | ¿Se cuenta con un tratamiento secundario? | X | | Lodos activados, sedimentador, Tanque de cloración, Caja de salida, |
| | ¿Cuenta con sustancias químicas necesarias para el adecuado tratamiento? | X | | Polímero Superfloc A-130 e Hipoclorito de Sodio al 91% |
| | ¿Realiza retro lavado al filtro periódicamente? | X | | Son limpiezas cada una de las placas del filtro después de cada tratamiento |
| | ¿La PTAR cuenta con un sistema de bombeo eficiente? | X | | La planta cuenta con equipos de bombeo eficiente en su sistema de tratamiento. |

Continuación Tabla 9. Lista de Chequeo

| | | | |
|----------------------|---|---|--|
| | ¿El sistema de tratamiento contiene fugas de Agua residual? | | No existen fugas |
| | ¿Se realiza algún tratamiento a los lodos? | X | Son llevados a los lechos de secado, se aplica la CAL se colocan al sol (ocho días), se maduran y se tapan. |
| | ¿Se realiza control diario a la calidad del vertimiento? | X | Miden Ph, Conductividad, Temperatura y Solidos Suspendidos. (7 am, 10 am, 3 pm) |
| | ¿Se realiza monitoreo al sistema de tratamiento por parte de un laboratorio externo acreditado? | X | Cada tres meses realizan las pruebas |
| | ¿Se realiza control sobre la vegetación en las instalaciones? | X | Lo realizan los Operarios |
| | Mantenimiento a los sopladores | X | Cambio de aceite (1.500 Horas) Cambio de filtros (Limpieza 8 días, Cambio 3 meses) Controla la Temperatura. |
| | Mantenimiento al compresor | X | Todos los días. |
| | Mantenimiento a la Bomba Dosificadoras | X | Todos los días. Verificar la medida del aceite si está en Rojo falla, ni más ni menos. |
| Mantenimiento | Mantenimiento a las Bombas Sumergibles | X | Ellos dan la señal de que están presentando falla (se están tapando frecuentemente). Cuando No se tapan se limpian cada 15 días |
| | Mantenimiento a las Bomba de diafragma | X | Cada vez que ella indique o cuando tenga desgaste de empaque. |
| | Mantenimiento a los equipos de lavado de instalaciones | X | Se realiza con una hidrólavadora. |
| | Mantenimiento a las instalaciones eléctricas | | Observaciones: No la manejan ellos |

Nota: Fuente: Autores del proyecto

Como se puede evidenciar en las listas de chequeo realizadas en la PTAR, este sistema de tratamiento cumple con los procesos establecidos por el manual de operación de la empresa, mantenimiento en cada uno de sus procesos y con los requisitos exigidos por la ley, en cuanto a su sistema eléctrico se deben realizar ajustes, ya que no se le ha realizado un seguimiento de forma continua.

4.2 Evaluación del nivel de eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Una vez realizado el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se inicia con la segunda fase del proyecto que consiste en la evaluación del mismo, mediante el análisis del agua residual antes y después del tratamiento, de igual manera se analizó antes de ser vertida al cuerpo de agua y después de que vertió. Para esta evaluación se realizó el muestreo tanto en la jornada de la mañana como en la tarde.

Como fase final, se calculan los niveles de remoción de los contaminantes teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de la segunda fase. De esta manera se verifica la efectividad del sistema teniendo en cuenta los porcentajes de remoción, la carga removida y el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015.

Se encontró que la temperatura del agua residual, antes como después del tratamiento no supera los 40°C, cumpliendo con lo establecido en el artículo 5 de la resolución 0631 de 2015.

El Ph es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. Se obtuvo un resultado de Ph con leves disminuciones en los efluentes, pero manteniéndolo en niveles óptimos para los procesos de remoción en los demás contaminantes.

Los SSED son una medida del volumen de sólidos asentados al fondo de un cono Imhoff, en un periodo de una hora, y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación

simple; se expresa comúnmente en mg/L. En las condiciones evaluadas en ninguna se observó presencia de sólidos sedimentables.

Para los demás parámetros analizados se presentan los resultados obtenidos mediante tablas con los datos de la entrada, como en la salida, el porcentaje de remoción y la carga removida.

Las aguas residuales que se tratan en la planta son provenientes de sectores domésticos e industriales que cuentan con altos contenidos de materia orgánica, la cual se puede medir en términos de DQO Y DBO5. En las tablas 10 se presentan los resultados de la remoción para estos dos parámetros.

Tabla 10.

Resultados para demanda química de oxígeno (DQO)

| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO | | | | | | | |
|----------------------------|---------|-----------|---------|--|---|-------------------------------|---|
| Standard Methods 8000 | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 | | | |
| Unidad mg/L O ₂ | | | | Procedimiento:430 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L O ₂) | Valor Salida PTAR (mg/L O ₂) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L O ₂) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 341 | 91 | 73,31 | 250 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 543 | 97 | 82,14 | 446 |

Nota. La tabla muestra la relación DQO antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada unidad experimental. Fuente: Autores del proyecto.

La DQO equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos. De la Tabla 10 se puede inferir que, a pesar de las altas concentraciones en la carga contaminante en la entrada de la planta, se presentan remociones considerables en todas las jornadas (mañana-tarde).

El artículo 15 de la resolución 0631, establece para la DQO un valor límite máximo permisible (VLMP) de 150 mg/L O₂ ya que todos los resultados (mañana-tarde) después del tratamiento son menores a la carga estipulada, se puede determinar que a pesar de las cargas contaminadas que se genera la planta de tratamiento logra removerlas, se cumple con lo establecido en la normatividad.

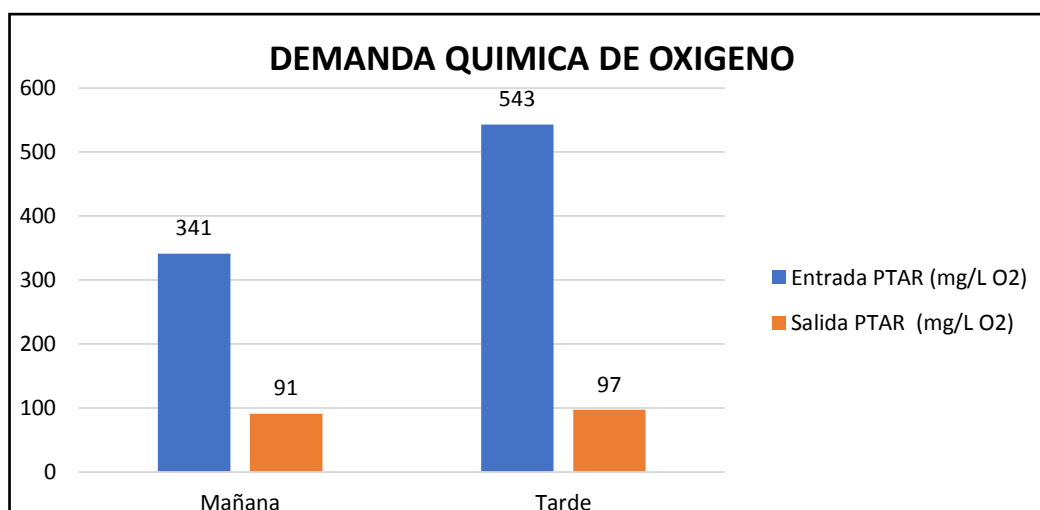


Figura 19. Resultados obtenidos para DQO bajo condiciones evaluadas. En la gráfica se observa la remoción del sistema de tratamiento.

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 11.*Resultados para Demanda Bioquímica de Oxígeno*

| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------|---------|---|--|----------------------------|---------------------------------------|
| Standard Methods | | | | | | | |
| Unidad mg/L O ₂ | | | | | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L O ₂) | Valor Salida PTAR (mg/L O ₂) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L O ₂) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 43 | 19 | 55,81 | 24 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 15 | 06 | 60% | 9 |

Nota. La tabla muestra la relación DBO₅ entrada y salida del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada unidad experimental. Fuente: Autores del proyecto.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación de la materia orgánica, durante 5 días a 20°C. Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en la jornada de la mañana y en la cual se generó una remoción (60%).

El valor límite máximo permisible (VLMP) para la DBO₅ es de 50 mg/L O₂; de esta manera se determina que en las dos unidades experimentales (mañana-tarde) cumplen con el valor establecido en la norma. Se resalta que se obtuvo remociones para las dos jornadas mayores al 50% lo que significa que cumplió con la normatividad.

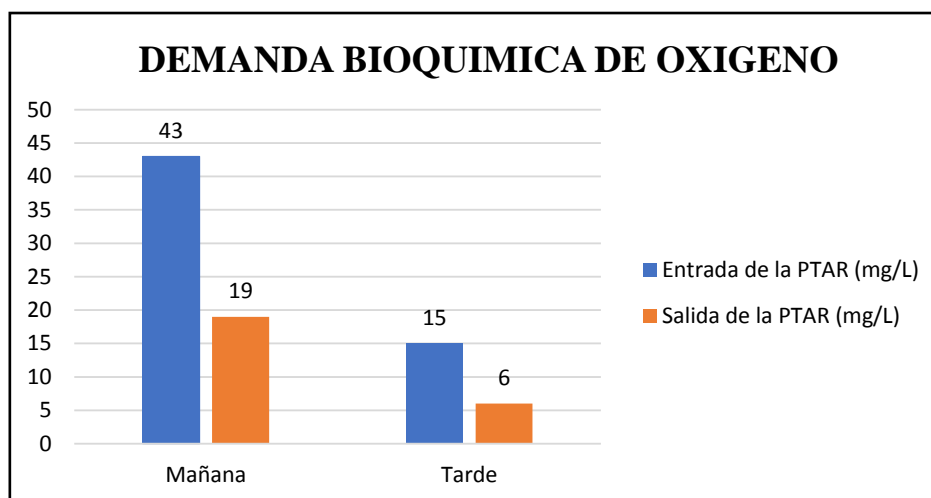


Figura 20. Resultados obtenidos para DBO5 bajo las condiciones evaluadas. En la gráfica se observan los porcentajes de remoción en las dos jornadas. Fuente: Autores del proyecto.

Los sólidos en el agua residual pueden ser de tipo orgánico y/o inorgánico y depende de las actividades que se realicen tanto industriales como domésticas, se pueden clasificar como: totales, suspendidos, disueltos y sedimentables. El contenido de sólidos en el agua afecta directamente la cantidad de lodos que se generan en sistema de tratamiento o disposición. En esta investigación se evalúa la remoción de los sólidos totales y sólidos sedimentables debido a su importancia y a la exigencia de un valor permisible para ellos en la normatividad. En la tabla 12 se observan los resultados para los ST.

Tabla 12.

Resultados para sólidos totales (SST)

| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 2540 D/ Gravimétrico | | | | | | | |
| Unidad mg/L ST | | | | | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 237 | 590 | 0 | 0 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 720 | 490 | 31,94 | 230 |

Nota. La tabla muestra la relación de ST entrada y salida del tratamiento, determinando al porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores del proyecto

Los SST son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración y secado en el análisis de laboratorio. En la jornada de la mañana se evidencia un aumento de los sólidos en la salida de la planta, en donde En todas las condiciones evaluadas que se muestran en la Tabla 12 se aprecian los bajos porcentajes de remoción no cumpliendo con la normatividad vigente.

El VLMP para SST es de 50mg/L, la tabla 12 se evidencia que el parámetro no cumple con la norma, se determina que no hubo remoción de los sólidos tanto en efectividad por la carga removida como por el cumplimiento de la normatividad.

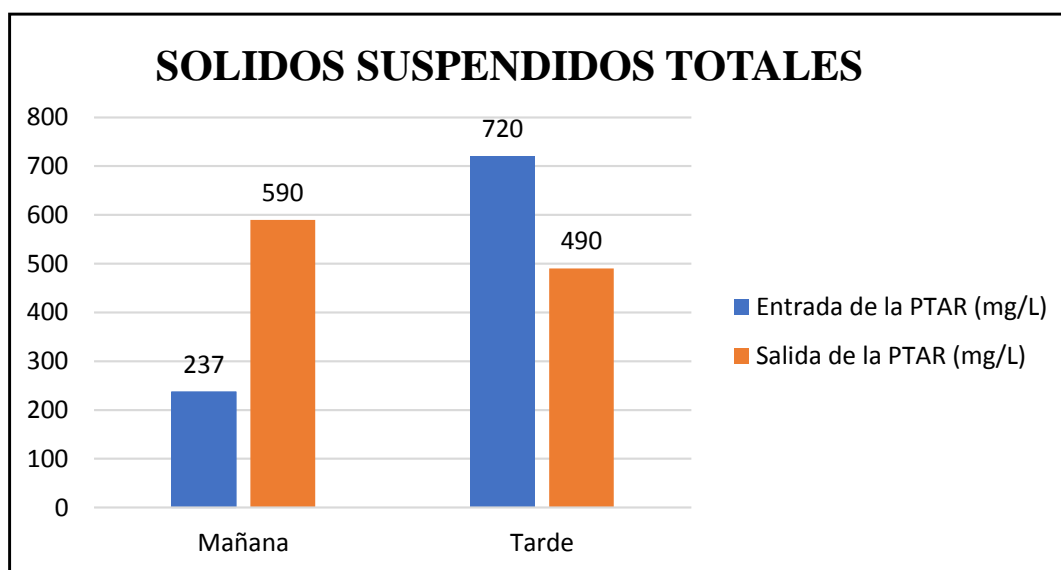


Figura 21. Resultados obtenidos para SST bajo condiciones evaluadas. En la gráfica se observan las cargas contaminantes en cada tiempo establecido. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 13.
Resultados para grasas y aceites

| GRASAS Y ACEITES | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 5520 B | | | | | | | |
| Unidad mg/L | | | | | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 1 L | 9:00 am | 120 | 100 | 16,66% | 20 |

Nota. La tabla muestra la relación de grasas y aceites antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores del proyecto.

A las grasas y aceites se les presta especial atención por su importancia, debido a que su escasa solubilidad en el agua, su bajo peso específico y su tendencia a separarse de la fase acuosa. Su presencia causa problemas de mantenimiento, complica el transporte por las tuberías y su disposición en aguas receptoras e interfieren en la actividad biológica pues son difíciles de degradar (Romero, 2002), Además altera su calidad estética (olor y apariencia).

El VLMP para grasas y aceites estipulado en el artículo 15 de la resolución 0631 es de 10 mg/L. Al compararlo con el agua a las salidas de la planta se determina que el sistema de tratamiento no está tratando las grasas y aceites que contiene el agua en la entrada, por tanto, se recomienda que, para cargas iguales o mayores, se haga uso de trampas de grasa o unidades de flotación antes de ingresar al sistema con el fin de disminuir la concentración de dichas sustancias.

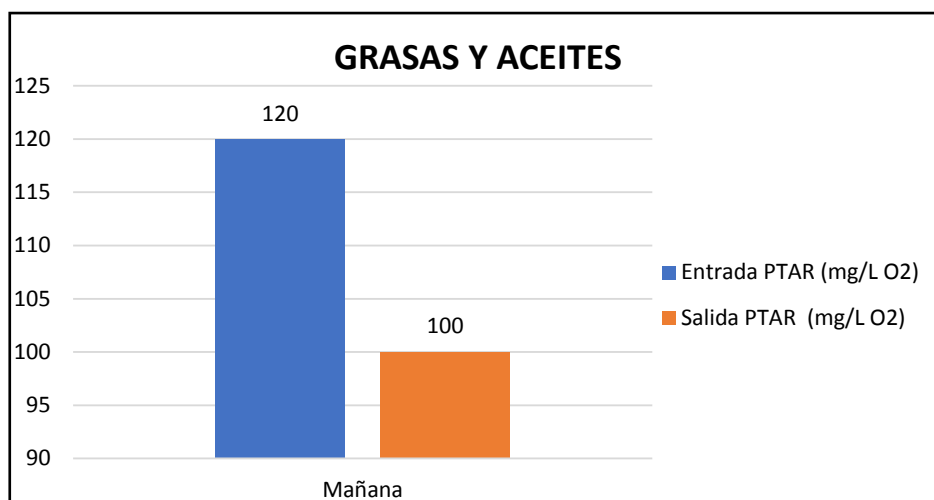


Figura 22. Resultados obtenidos para grasas y aceites bajo los tiempos evaluados. En la gráfica se observan las cargas de contaminación antes y después de pasar por la planta.

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 14.

Resultados para Fosfatos

| FOSFATOS | | | | | | | |
|---|---------|-----------|---------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8048 | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 | | | |
| Unidad mg/L PO ₄ ³⁻ | | | | Procedimiento:490 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 4,75 | 2,73 | 42,53% | 2,02 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 3,34 | 2,59 | 22,45% | 0,75 |

Nota. La tabla muestra la relación de fosfatos entrada y salida del tratamiento, determinando el porcentaje el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada jornada. Fuente: Autores del proyecto.

Las formas de fosfatos provienen de diversas fuentes como productos de limpieza (detergentes, jabones, etc.), fertilizantes, procesos biológicos, entre otros. La tabla 14 muestra los resultados obtenidos en la remoción de fosfatos.

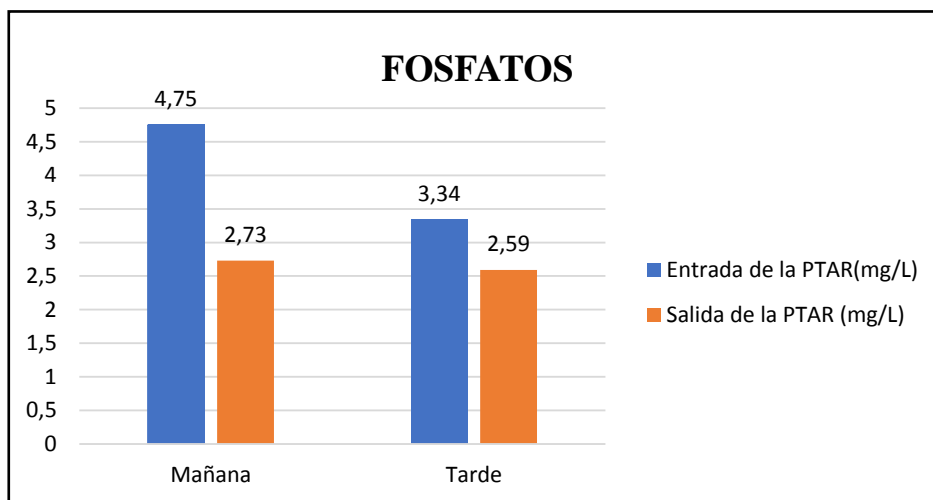


Figura 23. Resultados obtenidos para fosfatos bajo las condiciones evaluadas. En la gráfica se observa la remoción en cada uno de los tiempos.

Fuente: Autores del proyecto.

Para los fosfatos, el artículo 15 de la resolución 0631 es flexible en su VLMP, exigiendo solo análisis y reporte de los vertimientos. Esto muestra lo permisiva que es la normatividad para este tipo de sustancias, sin embargo, para la conservación de las fuentes hídricas se hace pertinente que la carga de contaminación sea la menor posible.

Tabla 15.
Resultados para Nitratos

| NITRATOS | | | | | | | |
|---|---------|-----------|---------|---|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 8039 Unidad mg/L NO ₃ ⁻ | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000e. Procedimiento:355 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 104 | 90 | 13,46 | 14 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 91,8 | 43 | 53,16 | 48,8 |

Nota. La tabla muestra la relación de nitratos entrada y salida del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada unidad experimental. Fuente: Autores del proyecto.

La presencia de cantidades excesivas de nitrato en el agua constituye un factor de riesgo para la salud, debido a que éstos se reducen con factibilidad a nitritos, agentes tóxicos descritos más adelante.

En la tabla 15 se evidencia gran diferencia en el porcentaje de remoción para cada jornada, en donde el mejor porcentaje de remoción se observa en la jornada de la tarde donde alcanzo más del 80%.

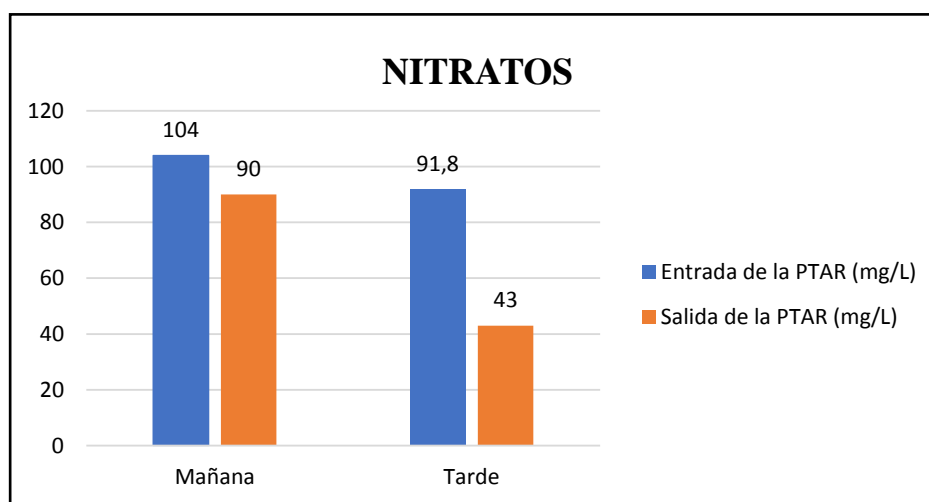


Figura 24. Resultados obtenidos para nitratos bajo las condiciones evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de contaminación y cargas removida por el proceso en cada una de las jornadas.
Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 16.
Resultados para Nitritos

| NITRITOS | | | | | | | |
|--|---------|-----------|---------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8507 | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 | | | |
| Unidad mg/L NO ₂ ⁻ | | | | Procedimiento:371 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 120,3 | 31,5 | 71,81 | 88,8 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 91,8 | 19,7 | 78,54 | 72,1 |

Nota. La tabla muestra la relación antes y después del tratamiento, determinando la remoción de la carga contaminada por cada jornada.

Fuente: Autores del proyecto.

Los nitritos son los principales indicadores de contaminación por descomposición orgánica en el agua. Su presencia constituye un factor de riesgo para la salud ya que inducen la enfermedad de hemoglobina, principalmente en la población infantil. En la tabla 16 se observa que, aunque en la entrada de la planta hubo carga contaminante considerable, a la salida de la planta logra remover más del 70%.

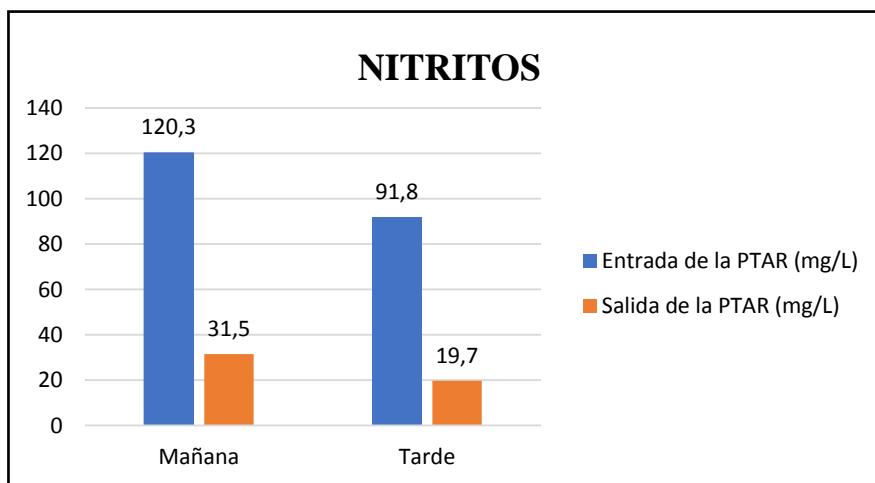


Figura 25. Resultados obtenidos para nitritos en las condiciones evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de contaminación en la entrada de la planta y como se logra remover una parte después de pasar por el sistema.

Tabla 17.
Resultados para Nitrógeno Amoniacal

| NITRÓGENO AMONICAL | | | | | | | |
|---|---------|-----------|---------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8038 | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 | | | |
| Unidad mg/L NH ₃ /NH ₄ ⁺ | | | | Procedimiento:380 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 1,75 | 0,24 | 86,28 | 1,51 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 1,54 | 0,14 | 90,90 | 1,4 |

Nota. La tabla muestra la relación de nitrógeno amoniacal entrada y salida del sistema de tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada jornada. Fuente. Autores del proyecto.

Las aguas residuales tienden a tener grandes cantidades de nitrógeno amoniacal debido a la urea recibida de las unidades sanitarias, este parámetro en altas concentraciones resulta nocivo para muchos microorganismos. Para el nitrógeno amoniacal se observa en la tabla 17 porcentajes de remoción entre el rango 86,28% al 90% dándose un porcentaje de remoción bastante favorable en el sistema.

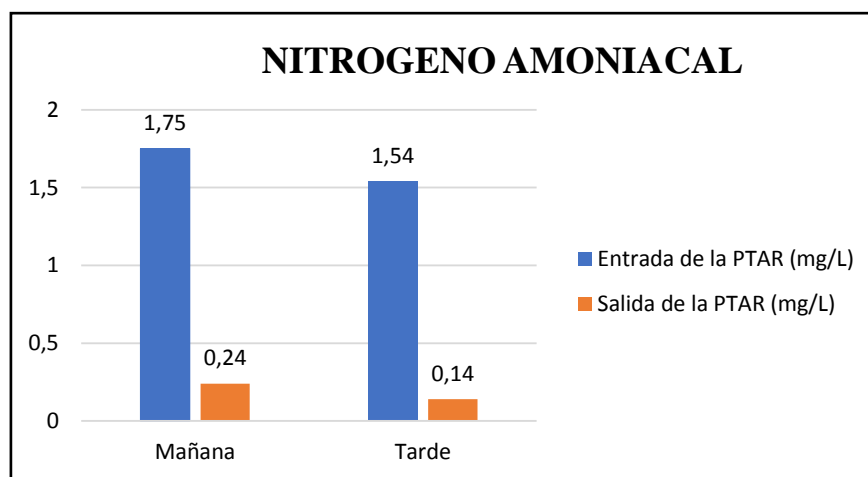


Figura 26. Resultados obtenidos para nitrógeno amoniacal bajo las condiciones evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de remoción en cada una de las jornadas.

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 18.
Resultados para Fluoruros

| FLUORUROS | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|------------------|---------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 10225 | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 | | | |
| Unidad mg/L F | | | | Procedimiento:190 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 0 | 0,64 | 0 | 0 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 0 | 2,02 | 0 | 0 |

Nota. La tabla muestra la relación de fluoruros en la entrada y salida de la planta, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada jornada. Fuente: Autores del proyecto.

La generación de fluoruros en el agua residual se debe a la presencia de materias industriales como la fabricación de metales, acero, plásticos o fertilizantes, y sus elevadas concentraciones hacen necesario aplicar tratamientos para reducirla y minimizar su efecto (Barrenechea & Martel, 2012).

En la tabla 18, se puede evidenciar que no existe porcentaje de remoción y que su carga contaminante después de haber pasado por el sistema aumento. Lo que determina es que no existe presencia de fluoruros en la entrada de la planta, pero a la salida de esta se encontraron pequeñas cantidades.

En los vertimientos la cantidad de fluoruros permitida por la normatividad colombiana es de 5,0 mg/L lo que indica que a pesar de que en la salida del sistema existía presencia tanto en la mañana como en la tarde de fluoruros, estos se encontraban por debajo de este rango cumpliendo con lo establecido, eliminando y neutralizando notoriamente el riesgo potencial para el medio ambiente, la fauna acuática y la salud humana.

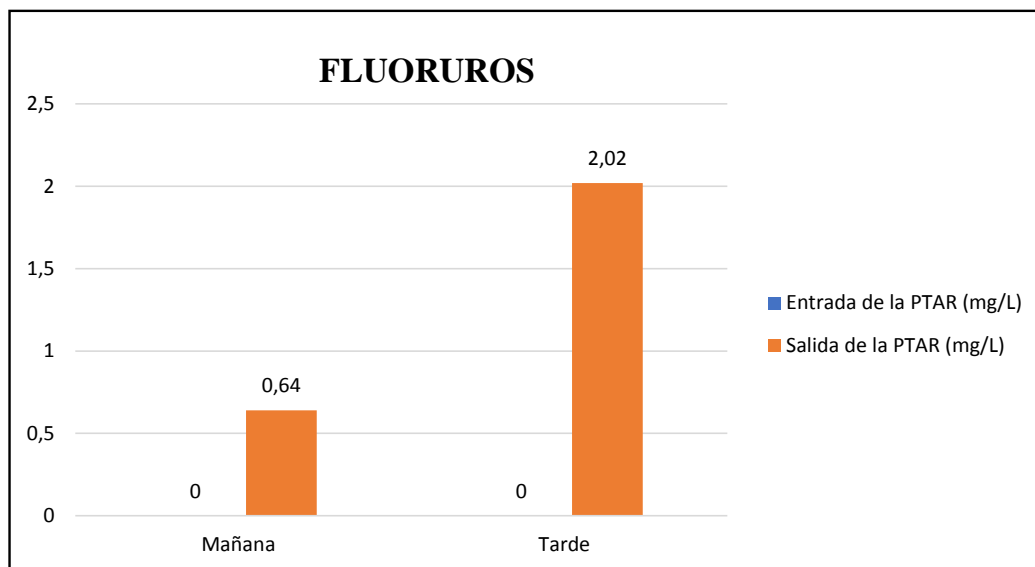


Figura 27. Resultados obtenidos para fluoruros en las jornadas (mañana-tarde). En la gráfica se observa la carga contaminante tanto en la entrada como en la salida de la planta.
Fuente: (Autores,2019).

Resultados obtenidos para fluoruros en las jornadas (mañana-tarde). En la figura se observa la carga contaminante tanto en la entrada como en la salida de la planta.

Tabla 19.
Resultados para Sulfatos

| SULFATOS | | | | | | | |
|--|---------|-----------|---------|---|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8051 Unidad mg/L SO ₄ ²⁻ | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 Procedimiento:680 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 89 | 79 | 11,23 | 10 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 74 | 71 | 4,05 | 3 |

Nota. La tabla muestra la relación de sulfatos antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida en los tiempos. Fuente: Autores del proyecto.

El azufre se encuentra en el agua como ion sulfato SO₄, este es un ion que se presenta con frecuencia en aguas residuales en condiciones anaeróbicas generando problemas de olor y

corrosión de alcantarillas, aparte de ello tiende a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor (Romero, 2002).

Como se muestra en la figura # hubo remociones bajas, estando entre 4,05 % y 11,23%.

Los sulfatos de sodio y magnesio tienden a tener un efecto nocivo ya que actúa como purgante, especialmente entre los niños, la OMS recomienda como límite en el agua 250mg/L.

La concentración más alta de sulfatos se presentó en la jornada de la mañana con 89mg/L estando por debajo del valor permitido, sin embargo, su concentración disminuyó a la salida gracias al tratamiento, favoreciendo el cumplimiento de la normatividad que establece como VLMP 250 mg/L.

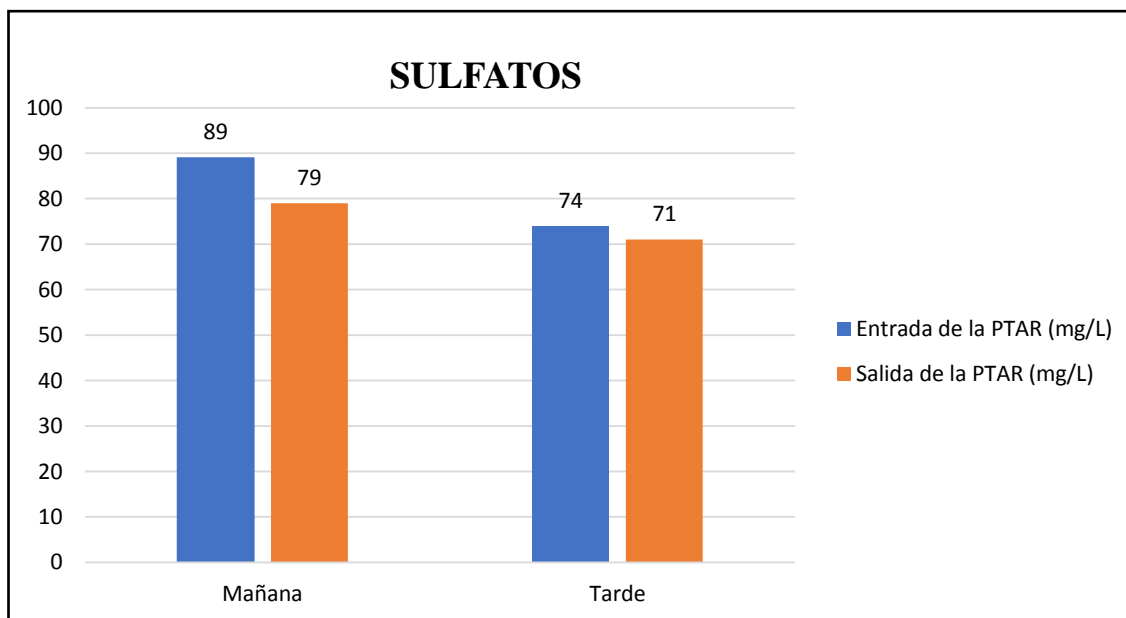


Figura 28. Resultados obtenidos para sulfatos en las jornadas (mañana-tarde). En la gráfica se observa la carga contaminante tanto en la entrada como en la salida de la planta.
Fuente: Autores del proyecto.

Los metales pesados son generados de grandes impactos para los ecosistemas acuáticos, terrestres y la salud humana, aunque las concentraciones de metales pesados en aguas residuales domésticas son casi insignificantes, la situación es contraria para los residuos líquidos industriales y por tal razón es de gran importancia dar una solución para la remoción de los mismos (Karsten, Gjengedal, & Røysetb, 2007).

A continuación, se presentan en las tablas 20, 21 y 22 se muestran los resultados para aluminio, cobre y hierro.

Tabla 20.
Resultados para aluminio

| ALUMINIO | | | | | | | |
|---|---------|-----------|---------|--|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8012 Unidad mg/L Al ³⁺ | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 Procedimiento:10 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 0,058 | 0,110 | 0 | 0 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 0,009 | 0 | 100% | 0,009 |

Nota. La tabla muestra la relación del aluminio antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad carga removida por el sistema. Fuente: Autores del proyecto.

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la tierra, pero no se encuentra en su forma libre en la naturaleza, en la jornada de la mañana se determinó presencia de aluminio y no fue removido por la planta, sino por el contrario aumento 0,052mg/L en el proceso, en las horas de la tarde se removió el 100% de la carga contaminante que tenía en un inicio luego de pasar por el tratamiento.

La normatividad colombiana no exige un VLMP para el aluminio en los vertimientos de aguas residuales, la resolución 0631 de 2015 establece para este parámetro el análisis y repórtese a pesar de ser un elemento tóxico generador de impactos graves al medio ambiente, al concentrarse en la flora y causar daños en la salud de los animales que las consumen y por acidificar los cuerpos de agua y disminuir la población de peces y anfibios como lo señala (Berra Gasca, 2015).

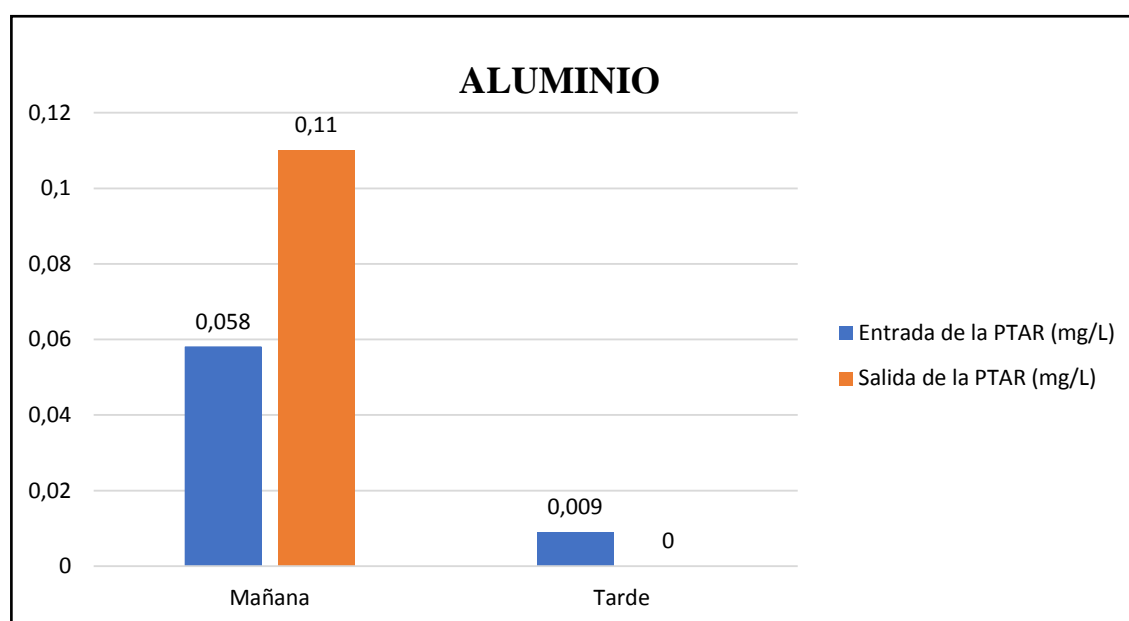


Figura 29. Resultados obtenidos para aluminio bajo tiempos evaluados.

En la tabla 20 se observa los cambios de la carga de contaminación de las jornadas (mañana-tarde) tanto en la entrada como en la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Resultados obtenidos para aluminio bajo tiempos evaluados. En la Figura 29 se observa los cambios de la carga de contaminación de las jornadas (mañana-tarde) tanto en la entrada como en la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Tabla 21.
Resultados para Cobre

| COBRE | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|------------------|---------------|--|---|---|--------------------------------------|
| Standard Methods 8012 | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 | | | |
| Unidad mg/L Cu | | | | Procedimiento:135 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 1,86 | 0,38 | 79,57% | 1,48 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 1,73 | 0,23 | 86,70% | 1,5 |

Nota. La tabla muestra la relación de cobre antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada jornada (mañana-tarde). Fuente: Autores,2019.

El cobre es uno de los elementos que se encuentra de forma natural en las aguas superficiales a concentraciones menores a 1 mg/L por la erosión de depósitos naturales, los organismos presentes en el agua especialmente los peces se ven afectados al utilizar el cobre como alguicida, debido a que este elimina la capacidad del agua en captar oxígeno (Barrenechea & Martel, 2012). En la tabla 21, se evidencia el comportamiento de este parámetro en el agua sin tratar y tratada, dando la mejor remoción en la jornada de la tarde ya que removió 86,70%.

Se presentan valores de remoción mayores al 60% en las condiciones evaluadas con resultados menores a 1,00mg/L que es lo establecido para este elemento cumpliendo con la resolución 0631 de 2015, lo que apunta que esta condición es la apropiada para la remoción de este elemento.

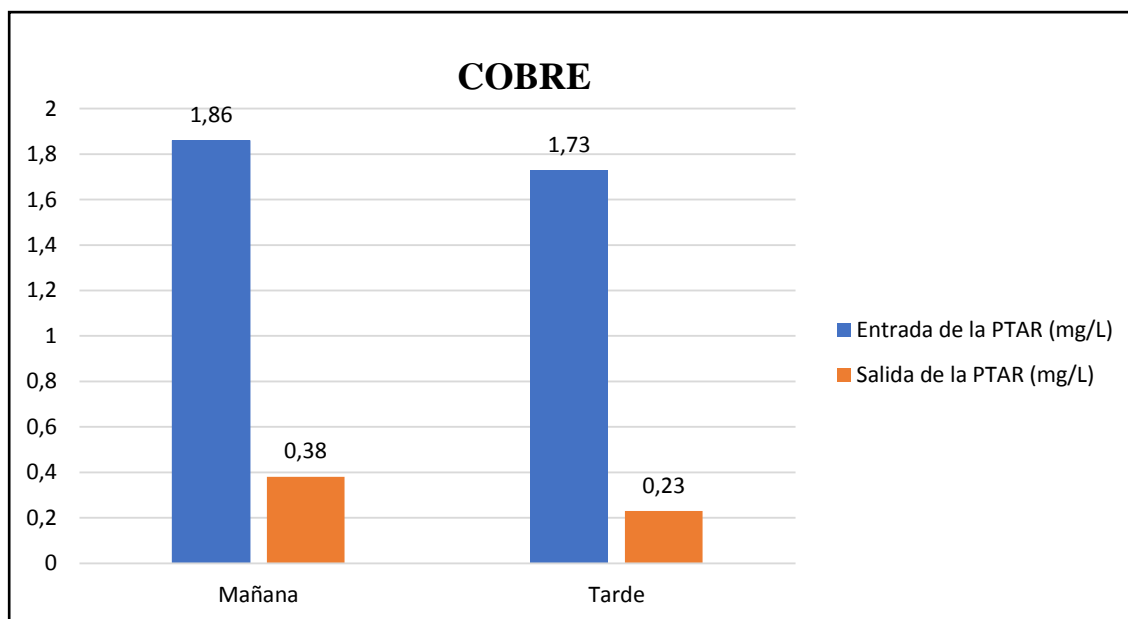


Figura 30. Resultados obtenidos para cobre bajo los tiempos evaluados. En la gráfica se observan las cargas de contaminación antes y después de planta de tratamiento.

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 22.
Resultados para Hierro

| HIERRO | | | | | | | |
|---|---------|-----------|---------|---|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8012 Unidad mg/L Fe | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 Procedimiento:265 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 2,35 | 0,46 | 80,42% | 1,89 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 2,74 | 0,26 | 90,51% | 2,48 |

Nota. La tabla muestra la relación de hierro antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada jornada. Fuente: Autores del proyecto.

Para Espigares y Pérez (1985) el hierro se encuentra como elemento traza en las aguas y es necesario para la vida biológica, pero si alcanzan altas concentraciones este puede ser tóxico inhabilitando el agua para algunos usos y acumulándose en organismos y microorganismos acuáticos. Por lo que se observa en la figura #, los porcentajes de remoción están entre 80,42% y 90,51%.

El VLMP para el hierro según la resolución 0631 de 2015 es de 1,00mg/L. por lo que se observa que tanto en la mañana como en la tarde cumplen con lo establecido en la normatividad.

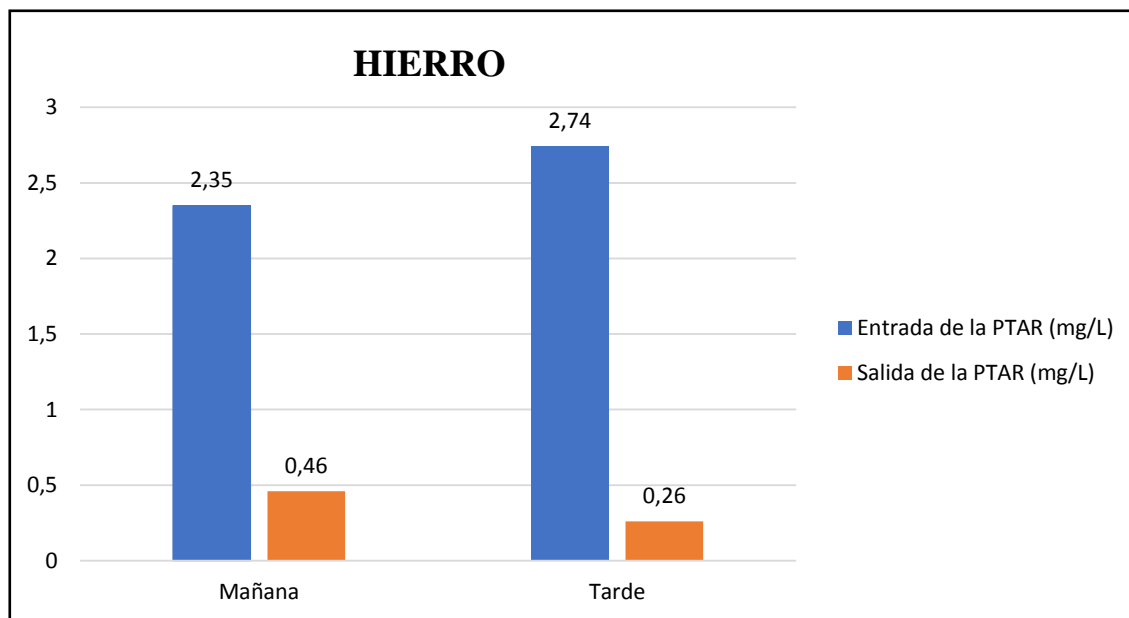


Figura 31. Resultados obtenidos para hierro bajo tiempos establecidos. En la gráfica se observan las cargas de contaminación antes y después del sistema de tratamiento.
Fuente: Autores del proyecto.

La generación de color en aguas residuales es causada por los sólidos en suspensión, material coloidal y sustancias en solución y esto se debe a que este parámetro puede estar ligado con la turbidez, los sólidos suspendidos y sedimentables del agua guardando concordancia con los resultados obtenidos para estos parámetros (Barrenechea & Martel, 2012).

Lo que muestra la tabla 23 son los resultados obtenidos del color, logrando los mejores resultados en porcentajes de remoción tanto en la mañana como en la tarde que oscilan 83,82% y 84,74%, en general se alcanzó un excelente resultado en la remoción del color real.

Tabla 23.
Resultados para Color Real

| COLOR REAL | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|-----------|---------|---|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8025 Unidad UPtCo | | | | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 Procedimiento:120 | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (UPtCo) | Valor Salida PTAR (UPtCo) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 739 | 127 | 83,82% | 612 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 688 | 105 | 84,74% | 583 |

Nota. La tabla muestra la relación de color antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada tiempo establecido. Fuente: Autores del proyecto.

Aunque las unidades de color presentes en un agua residual son importantes porque determina indirectamente los niveles de contaminación por partículas en suspensión o material orgánico, no tiene un VLMP en la resolución 0631 de 2015, en la cual sugiere un análisis y reporte de este parámetro.

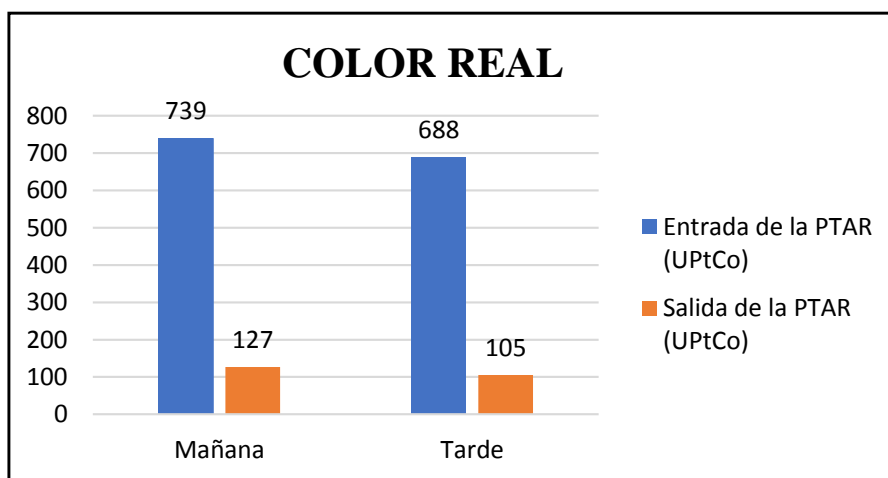


Figura 32. Resultados obtenidos para color real bajo los tiempos evaluados. En la gráfica se observan las cargas de contaminación antes y después del tratamiento.

Fuente: Autores del proyecto.

Uno de los parámetros importantes e indispensables de medir en los cuerpos hídricos es la conductividad siendo esta la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, y es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio) (Goyenola,, 2007), en la mayoría de las soluciones acuosas,

entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad. Aguas que corren en sustratos graníticos tienden a tener menor conductividad, debido a que este compuesto por materiales que no se ionizan, En la tabla 24 se presentan los resultados en la remoción de este parámetro.

Tabla 24.
Resultados para conductividad

| CONDUCTIVIDAD | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|---------------|--|---|---|--|
| Standard Methods 2510 B/ Conductimétrico | | | | | Conductímetro HANNA 8733 | | |
| Unidad: $\mu\text{S}/\text{cm}$ | | | | | | | |
| Muestra | Jornada | Variabes | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Valor Salida PTAR ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 878 | 680 | 22,55% | 198 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 880 | 770 | 12,5% | 110 |

Nota. La tabla muestra la relación de conductividad antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida del sistema. Fuente: Autores del proyecto

La conductividad no disminuyo significativamente después de este tratamiento, a pesar de que existió remoción al pasar por la planta, el porcentaje de remoción no supero el 30%.

Este parámetro no está especificado en la resolución 0631 de 2015 y no se determina el cumplimiento o infracción de los niveles de conductividad presentes en el cuerpo hídrico

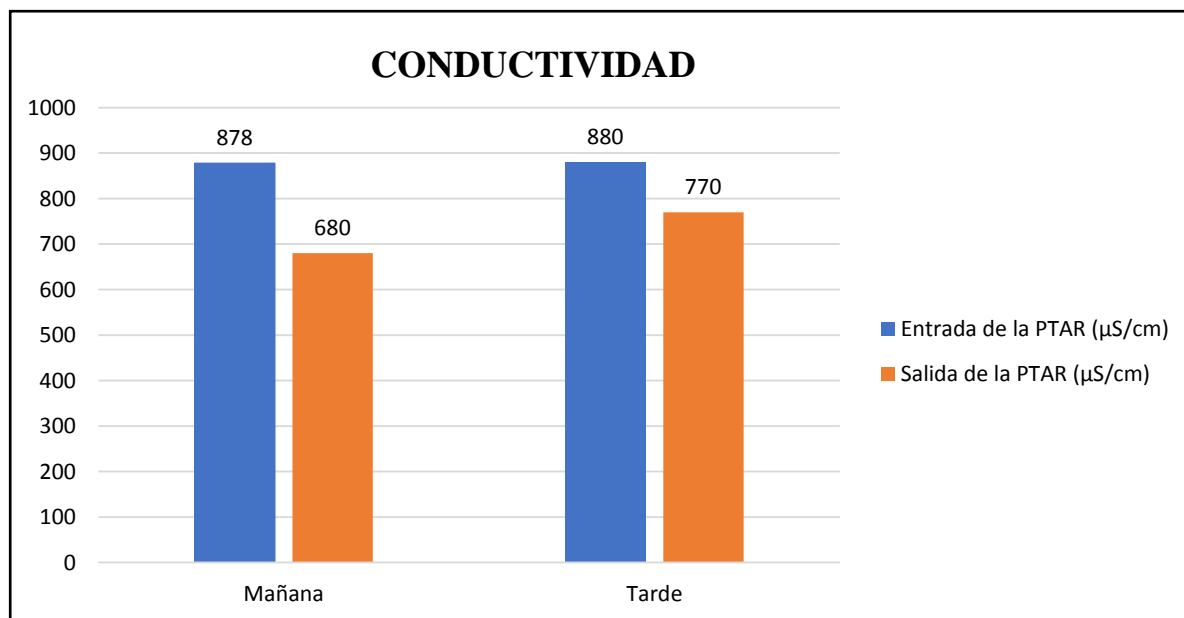


Figura 33. Resultados obtenidos para conductividad, bajo las jornadas evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de contaminación.

Fuente: Autores del proyecto.

Cuando se habla de alcalinidad se refiere a la capacidad que tiene el agua de neutralizar acidez. Sin embargo, aniones de ácido débiles como bicarbonatos, sulfuros, carbonatos entre otros pueden atribuir con la alcalinidad según afirma (Barrenechea & Martel, 2012). A continuación, la tabla 25 muestra los resultados para este parámetro.

Tabla 25.
Alcalinidad

| ALCALINIDAD | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods2320B/ Titulometro | | | | | | | |
| Unidad mg/L de CaCO ₃ | | | | | | | |
| Muestra | Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1 | Mañana | 3 L | 9:00 am | 325 | 145 | 55,38% | 180 |
| 2 | Tarde | 3L | 3:00 pm | 290 | 235 | 18,96% | 55 |

Nota. La tabla muestra la relación de alcalinidad antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores del proyecto.

Como se observa en la tabla 25 los niveles de alcalinidad en las salidas de la planta en la jornada de la tarde son altos, quizá con relación a los también elevados niveles de dureza como se muestra en la tabla 26. Como se puede demostrar, la remoción de este parámetro es relativamente bajo, siendo así, el mejor resultado, fue obtenido en la jornada de la mañana con un porcentaje de remoción mayor al 50%.

No se tiene un rango específico para determinar si el tratamiento cumple con la resolución 0631, ya que este valor es de análisis y reporte.

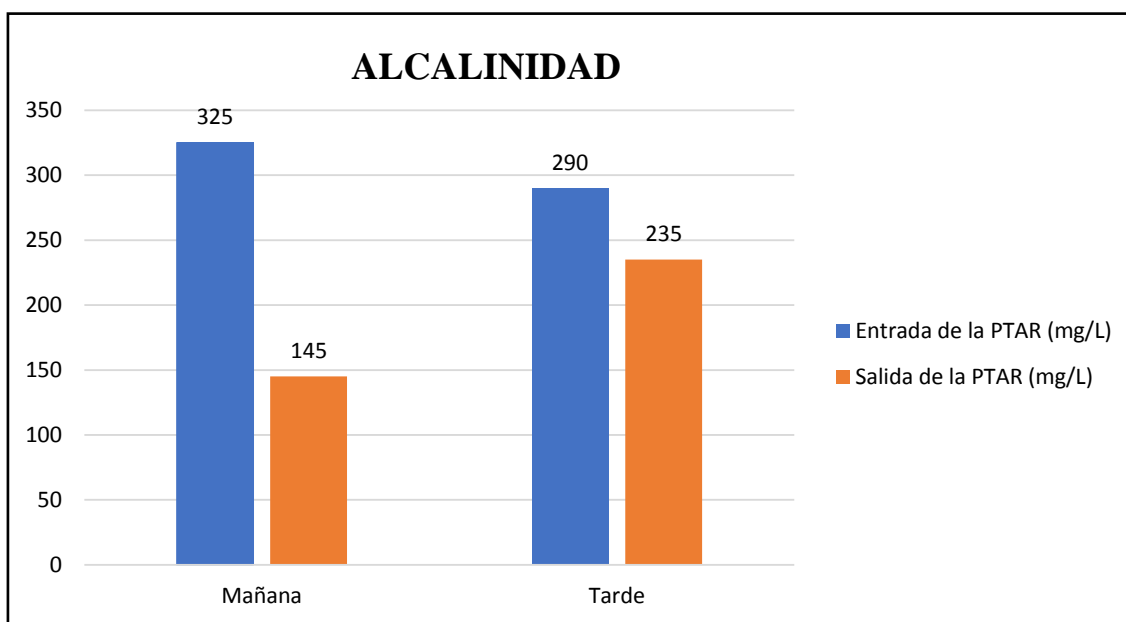


Figura 34. Resultados obtenidos para alcalinidad bajo los tiempos evaluados (mañana-tarde) evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de contaminación antes y después de la planta.
Fuente: Autores del proyecto.

Cuando hablamos de dureza se entiende en el agua como el contenido de metales alcalinotérreos, especialmente Calcio y Magnesio (UNAD, 2008). Está relacionada con el Ph y la alcalinidad. Los resultados observados en la tabla 26, indica unidades equivalentes de CaCO_3

menores a 500 demostrando que son aguas duras aun antes de ser tratada por la planta de tratamiento.

Tabla 26.

Resultados para Dureza total

| DUREZA TOTAL | | | | | | |
|---|------------------|---------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 2340C/ Titulometro con EDTA | | | | | | |
| Unidad mg/L de CaCO₃ | | | | | | |
| Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (mg/L) | Valor Salida PTAR (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| Mañana | 3 L | 9:00 am | 250 | 15 | 94% | 235 |
| Tarde | 3L | 3:00 pm | 250 | 13 | 94,8% | 237 |

Nota. La tabla muestra la relación de dureza total antes y después del tratamiento. Fuente: Autores del proyecto.

No se tiene un valor establecido de las cantidades de dureza permitidos en los vertimientos, ya que este parámetro es de análisis y reporte en la resolución 0631 de 2015.

Se determina que las altas concentraciones de este parámetro en la entrada de la planta de tratamiento están relacionadas con el alto uso de detergentes usados para la limpieza en los hogares que el sistema trata, por otra parte, se corrobora la disminución de este parámetro con porcentajes mayores del 90% a la salida del sistema.

No se tiene un rango específico para determinar si el tratamiento cumple con la resolución 0631, ya que este valor es de análisis y reporte.

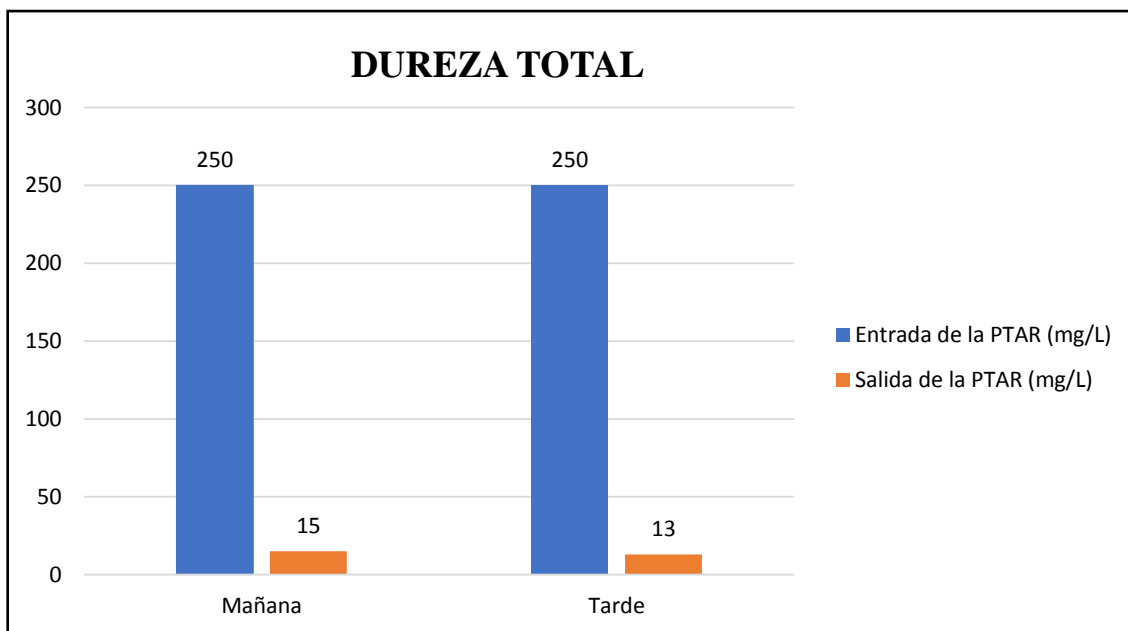


Figura 35. Resultados obtenidos para dureza total, bajo las jornadas evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de contaminación.

Fuente: Autores del proyecto.

Los coliformes totales son un conjunto de especies bacterianas que son de gran importancia como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Romero, 2002).

Algunas investigaciones demuestran una remoción del 89% al 98% empleando plantas de tratamiento de aguas residuales. Como se observan en la tabla No. 27 y figura No. 37 de los parámetros coliformes totales y coliformes fecales, muestra cantidades mayores a 1100 NMP/100mL tanto en la entrada como en la salida.

Tabla 27.
Resultados para coliformes totales

| COLIFORMES TOTALES | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|---------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Método: Número más probable | | | | | | |
| Unidad NMP/100MI | | | | | | |
| Jornada | Variables | | Evaluación | | Resultado | |
| | Volumen | Tiempo | Valor Entrada PTAR (NMP/100mL) | Valor Salida PTAR (NMP/100mL) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (NMP/100mL) |
| Mañana | 3 L | 9:00 am | >1100 | >1100 | 0 | 0 |
| Tarde | 3L | 3:00 pm | >1100 | >1100 | 0 | 0 |

Nota. La tabla muestra la relación de coliformes totales antes y después del tratamiento.
Fuente: Autores del proyecto.

El grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa (Romero, 2002).

El VLMP para coliformes totales según la resolución 0631 de 2015 es de análisis y repórtese. por lo que se determina que no existe remoción de este contaminante debido a que no se está realizando de manera adecuada la desinfección.

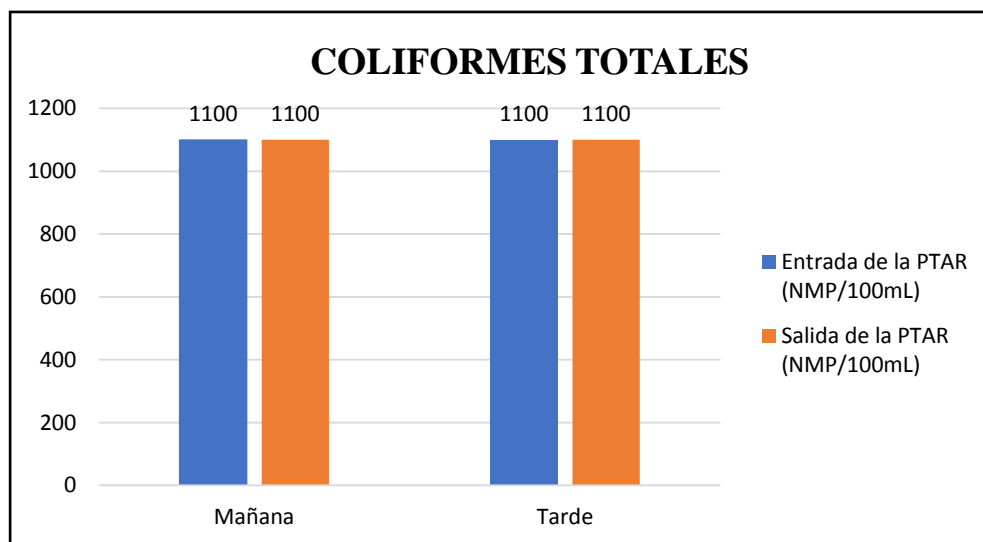


Figura 36. Resultados obtenidos para Coliformes Totales, bajo las jornadas evaluadas. En la gráfica se observan las cargas de contaminación.

Fuente: Autores del proyecto, 2019

A continuación, se muestra la evaluación de los resultados en términos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con la resolución 0631 del 2015

Tabla 28.

Comparación del Vertimiento con La Resolución en la Jornada de la Mañana

| LUGAR: | CAJA DE SALIDA - VERTIMIENTO DE LA PTAR | | | |
|------------------------------|--|-----------------|--------------------------|------------------|
| HORA: | 9:00 AM | | RES. 0631 de 2015 | |
| PARAMETROS | VALOR ARROJADO | UNIDADES | CUMPLE | NO CUMPLE |
| PH | | | X | |
| TEMPERATURA | | °C | X | |
| CONDUCTIVIDAD | | µs/cm | X | |
| DQO | 91 | mg/L O2 | X | |
| DBO5 | 19 | mg/L O2 | X | |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | 0 | mg/L | X | |
| SOLIDOS TOTALES | 590 | mg/L | | X |
| FOSFATOS | 2,73 | mg/L | X | |
| NITRITOS | 31,5 | mg/L | X | |
| NITRATOS | 90 | mg/L | X | |
| NITROGENO AMONIAICAL | 0,24 | mg/L | X | |
| FLUORUROS | 0,64 | mg/L | X | |
| SULFATOS | 79 | mg/L | X | |
| ALUMINIO | 0,11 | mg/L | X | |
| COBRE | 0,38 | mg/L | X | |
| HIERRO | 0,46 | mg/L | X | |
| ALCALINIDAD | 145 | mg/L CaCO3 | X | |
| DUREZA | 15 | mg/L CaCO3 | X | |
| COLOR REAL | 127 | UPtCo | X | |
| COLIFORMES TOTALES | <1100 | NMP/100mL | X | |

Nota. La tabla muestra la relación de los resultados del análisis que se le realizó al vertimiento puntual que genera la planta de tratamiento con el cumplimiento de la normatividad ambiental. Fuente: Autores del proyecto.

Aunque los valores arrojados de la muestra son un poco altos, la normatividad ambiental es bastante flexible y solo un parámetro no cumplen con lo establecido por la resolución 0631 del 2015.

Tabla 29.*Comparación del Vertimiento con La Resolución en la Jornada de la Tarde.*

| LUGAR: | | CAJA DE SALIDA - VERTIMIENTO DE LA PTAR | | |
|------------------------------|-----------------------|--|--------------------------|------------------|
| HORA: | | 3:00 PM | RES. 0631 de 2015 | |
| PARAMETROS | VALOR ARROJADO | UNIDADES | CUMPLE | NO CUMPLE |
| PH | | | X | |
| TEMPERATURA | | °C | X | |
| CONDUCTIVIDAD | | µs/cm | X | |
| DQO | 97 | mg/L O2 | X | |
| DBO5 | 0,6 | mg/L O2 | X | |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | 0 | mg/L | X | |
| SOLIDOS TOTALES | 490 | mg/L | | X |
| FOSFATOS | 2,59 | mg/L | X | |
| NITRITOS | 19,7 | mg/L | X | |
| NITRATOS | 43 | mg/L | X | |
| NITROGENO AMONICAL | 0,14 | mg/L | X | |
| FLUORUROS | 2,02 | mg/L | X | |
| SULFATOS | 71 | mg/L | X | |
| ALUMINIO | 0 | mg/L | X | |
| COBRE | 0,23 | mg/L | X | |
| HIERRO | 0,26 | mg/L | X | |
| ALCALINIDAD | 235 | mg/L CaCO3 | X | |
| DUREZA | 13 | mg/L CaCO3 | X | |
| COLOR REAL | 105 | UPtCo | X | |
| COLIFORMES TOTALES | <1100 | NMP/100mL | X | |

Nota. La tabla muestra la relación de los resultados del análisis que se le realizó al vertimiento puntual que genera la planta de tratamiento con el cumplimiento de la normatividad ambiental. Fuente: Autores del proyecto.

Aunque los valores arrojados de la muestra son un poco altos, la normatividad ambiental es bastante flexible y solo un parámetro no cumplen con lo establecido por la resolución 0631 del 2015.

4.3. Evaluación del Impacto de la Quebrada con el Vertimiento que genera la PTAR

Para esta investigación, es importante conocer el estado actual de la quebrada el Hatillo y los factores que alteran la calidad de la misma.

Para conocer el estado actual de la quebrada el hatillo, la cual es el cuerpo receptor del vertimiento puntual que realiza la planta de tratamiento de aguas residuales del sector de Filipote, fue necesario tomar una muestra simple de la quebrada antes del vertimiento y después del vertimiento, con el fin de analizarlas en el laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y conocer sus características, las cuales arrojaron los resultados plasmados en las siguientes tablas.

Estos resultados fueron comparados con la resolución 0631 de 2015 para el respectivo análisis.

Tabla 30.

Resultados comparados con la Resolución. Quebrada Antes de pasar por la Planta (Jornada de la mañana).

| LUGAR: | | QUEBRADA ANTES DE PASAR POR LA PLANTA | | |
|------------------------------|-----------------------|--|-------------------|------------------|
| HORA: | | 9:00 AM | RES. 0631 de 2015 | |
| PARAMETROS | VALOR ARROJADO | UNIDADES | CUMPLE | NO CUMPLE |
| PH | 7,99 | | X | |
| TEMPERATURA | 23 | °C | X | |
| CONDUCTIVIDAD | 295 | µs/cm | X | |
| DQO | 57 | mg/L O2 | X | |
| DBO5 | 0,4 | mg/L O2 | X | |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | 0 | mg/L | X | |
| SOLIDOS TOTALES | 320 | mg/L | | X |
| FOSFATOS | 0,61 | mg/L | X | |
| NITRITOS | 18,2 | mg/L | X | |
| NITRATOS | 35 | mg/L | X | |
| NITROGENO AMONICAL | 0,71 | mg/L | X | |
| FLUORUROS | 0,08 | mg/L | X | |
| SULFATOS | 23 | mg/L | X | |
| ALUMINIO | 0,046 | mg/L | X | |
| COBRE | 0,85 | mg/L | X | |
| HIERRO | 2,44 | mg/L | | X |
| ALCALINIDAD | 155 | mg/L CaCO3 | X | |
| DUREZA | 15 | mg/L CaCO3 | X | |
| COLOR REAL | 339 | UPTCo | X | |
| COLIFORMES TOTALES | 240 | NMP/100mL | X | |

Nota: La tabla muestra el estado actual de la quebrada el hatillo antes del vertimiento que realiza la planta de tratamiento en relación con el cumplimiento de la normatividad ambiental. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 31.

Resultados comparados con la Resolución. Quebrada Antes de pasar por la Planta (Jornada de la Tarde).

| LUGAR: QUEBRADA ANTES DE PASAR POR LA PLANTA | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| HORA: 3:00 p. m. | | RES. 0631 de 2015 | | |
| PARAMETROS | VALOR ARROJADO | UNIDADES | CUMPLE | NO CUMPLE |
| PH | 8,12 | | X | |
| TEMPERATURA | 24,7 | °C | X | |
| CONDUCTIVIDAD | 293 | µs/cm | X | |
| DQO | 40 | mg/L O2 | X | |
| DBO5 | 0,5 | mg/L O2 | X | |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | 0 | mg/L | X | |
| SOLIDOS TOTALES | 260 | mg/L | | X |
| FOSFATOS | 0,51 | mg/L | X | |
| NITRITOS | 17,7 | mg/L | X | |
| NITRATOS | 31 | mg/L | X | |
| NITROGENO AMONICAL | 0,66 | mg/L | X | |
| FLUORUROS | 0,62 | mg/L | X | |
| SULFATOS | 22 | mg/L | X | |
| ALUMINIO | 0,031 | mg/L | X | |
| COBRE | 0,75 | mg/L | X | |
| HIERRO | 2,03 | mg/L | | X |
| ALCALINIDAD | 150 | mg/L CaCO3 | X | |
| DUREZA | 17 | mg/L CaCO3 | X | |
| COLOR REAL | 281 | UPtCo | X | |
| COLIFORMES TOTALES | 93 | NMP/100mL | X | |

Nota. La tabla muestra el estado actual de la quebrada el hatillo antes del vertimiento que realiza la planta de tratamiento en relación con el cumplimiento de la normatividad ambiental. Fuente: Autores del proyecto.

Aunque los valores arrojados de la muestra son un poco altos, la normatividad ambiental es bastante flexible y solo dos parámetros no cumplen con lo establecido por la resolución 0631 del 2015. Como son los sólidos totales y el hierro para ambas muestras tomadas en la quebrada el Hatillo.

Tabla 32.

Resultados comparados con la Resolución. Quebrada después de pasar por la Planta (Jornada de la Mañana).

| LUGAR: | | QUEBRADA DESPUES DE PASAR POR LA PLANTA | | |
|------------------------------|-----------------|--|---------------|-------------------|
| HORA: | | 9:00 AM | | RES. 0631 de 2015 |
| PARAMETROS | VALOR | UNIDADES | CUMPLE | NO CUMPLE |
| | ARROJADO | | | |
| PH | 7,41 | | X | |
| TEMPERATURA | 24,7 | °C | X | |
| CONDUCTIVIDAD | 586 | µs/cm | X | |
| DQO | 211 | mg/L O2 | | X |
| DBO5 | 10 | mg/L O2 | X | |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | 0 | mg/L | X | |
| SOLIDOS TOTALES | 550 | mg/L | | X |
| FOSFATOS | 2,88 | mg/L | X | |
| NITRITOS | 27,4 | mg/L | X | |
| NITRATOS | 61 | mg/L | X | |
| NITROGENO AMONICAL | 0,22 | mg/L | X | |
| FLUORUROS | 0,49 | mg/L | X | |
| SULFATOS | 64 | mg/L | X | |
| ALUMINIO | 0,041 | mg/L | X | |
| COBRE | -0,3 | mg/L | X | |
| HIERRO | 0,65 | mg/L | X | |
| ALCALINIDAD | 150 | mg/L CaCO3 | X | |
| DUREZA | 23 | mg/L CaCO3 | X | |
| COLOR REAL | 139 | UPtCo | X | |
| COLIFORMES TOTALES | >1100 | NMP/100mL | X | |

Nota. La tabla muestra el estado actual de la quebrada el hatillo después del vertimiento que realiza la planta de tratamiento en relación con el cumplimiento de la normatividad ambiental. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 33.

Resultados comparados con la Resolución. Quebrada después de pasar por la Planta (Jornada de la Tarde).

| LUGAR: | | QUEBRADA DESPUES DE PASAR POR LA PLANTA | | |
|------------------------------|-----------------|--|---------------|-------------------|
| HORA: | | 3:00 PM | | RES. 0631 de 2015 |
| PARAMETROS | VALOR | UNIDADES | CUMPLE | NO CUMPLE |
| | ARROJADO | | | |
| PH | 7,32 | | X | |
| TEMPERATURA | 24,6 | °C | X | |
| CONDUCTIVIDAD | 582 | µs/cm | X | |
| DQO | 266 | mg/L O2 | | X |
| DBO5 | 0,6 | mg/L O2 | X | |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | 0 | mg/L | X | |
| SOLIDOS TOTALES | 170 | mg/L | | X |
| FOSFATOS | 1,68 | mg/L | X | |
| NITRITOS | 19,5 | mg/L | X | |
| NITRATOS | 41 | mg/L | X | |

Continuación Tabla 33. Resultados comparados con la Resolución. Quebrada después de pasar por la Planta (Jornada de la Tarde).

| | | | |
|----------------------------|-------|------------------------|---|
| NITROGENO AMONIACAL | 0,22 | mg/L | X |
| FLUORUROS | 1,32 | mg/L | X |
| SULFATOS | 17 | mg/L | X |
| ALUMINIO | 0,071 | mg/L | X |
| COBRE | 0,34 | mg/L | X |
| HIERRO | 0,61 | mg/L | X |
| ALCALINIDAD | 200 | mg/L CaCO ₃ | X |
| DUREZA | 18 | mg/L CaCO ₃ | X |
| COLOR REAL | 154 | UPtCo | X |
| COLIFORMES TOTALES | >1100 | NMP/100mL | X |

Nota. La tabla muestra el estado actual de la quebrada el hatillo después del vertimiento que realiza la planta de tratamiento en relación con el cumplimiento de la normatividad ambiental. Fuente: Autores del proyecto

Aunque los valores arrojados de la muestra son un poco altos, la normatividad ambiental es bastante flexible y solo dos parámetros no cumplen con lo establecido por la resolución 0631 del 2015. Como son los sólidos totales y la demanda química de oxígeno para ambas muestras tomadas en la quebrada el Hatillo.

Teniendo en cuenta los resultados de los parámetros analizados comparados con la resolución 0631, existen algunos parámetros que no cumplen es por ello que surge la necesidad de analizar.

Los sólidos suspendidos totales son aquellos que son visibles y suelen flotar, por lo general flotan en la superficie de las aguas de tipo residual. Los SST son la fracción de los sólidos retenidos en un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica.

La principal naturaleza de los SST es de origen orgánica, además, se atribuye que la mayor parte de los sólidos suspendidos en el agua residual, son provenientes de desechos humanos,

como desperdicios de alimentos, papeles, trapos, etc. Que se llegan a acumular y forman una masa de sólidos suspendidos en el agua (López Hernández & Martínez Nava, 2014).

Quizás esta sea una de las razones por las cuales en el análisis de la muestra tomada en la quebrada el hatillo, este parámetro sea el más sobresaliente, ya que en la jornada de la mañana se evidencia un aumento de los sólidos en la quebrada en comparación con la jornada de la tarde, sin embargo, ninguna de los dos parámetros cumple con la normatividad vigente.

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/l.

Las fuentes de aguas pueden contener grandes cantidades de metales, entre esos el hierro, y esto puede ser debido a actividades como la fabricación de cemento, cerámicas, contacto por bombeo de gasolina, etc. Dejando como resultado la alteración de las características del agua, como el color, dureza, salinidad, etc. (Simón, 2008).

La quebrada el hatillo no es ausente de alguna de estas actividades, la remoción constante de suelos, fabricación de ladrillos de manera artesanal, etc. Pueden ser los causantes de la alteración de las características del agua y sobrepasar los niveles máximos permisibles por la ley.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (Ortega, 2009).

Y con esta información se genera una matriz DOFA que nos permita relacionar las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas, conduciéndonos a la elaboración de estrategias que mitiguen el impacto de las amenazas y reduzcan las debilidades, haciendo uso de nuestras fortalezas y aprovechando oportunidades que se presentan tanto dentro del sistema como fuera de él.

4.3.1. Matriz DOFA.

Tabla 34.

Aspectos Internos de la PTAR- Filipote

| ASPECTOS | FORTALEZAS | DEBILIDADES |
|---|--|--|
| Técnicos (tratamiento y reúso) | <ul style="list-style-type: none"> -Existencia de un manual de Operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. - Sincronización de los procesos. -Mantenimiento frecuente al sistema. -Cuenta con equipos especializados para el correcto desarrollo de las operaciones. -La planta cuenta con tecnología de punta. -Manejo seguro de sustancias químicas. -La operación de la planta es 24 horas. | <ul style="list-style-type: none"> -Ausencia de una trampa de grasa. -La falta de mantenimiento eléctrico genera inconvenientes en la continuidad del tratamiento, debido a la ausencia de electricidad de la planta, - Deficiencias en el proceso de desinfección -Por la falta de capacitación a los operadores, no se realizan de manera adecuada la evaluación diaria de la eficiencia del tratamiento en términos de pH, conductividad, temperatura y sólidos. -Falta de un profesional de apoyo en temas de salud, seguridad en el trabajo. -La planta solo cuenta con dos operarios. -El personal que labora en la planta no cuenta con un título profesional. |
| Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> -Reducción de la contaminación del agua de los cuerpos receptores. -Presencia de indicadores de calidad ambiental (mariposa, peces). - Reducción de la contaminación de los productos agrícolas aguas abajo de la PTAR. | <ul style="list-style-type: none"> -Colapso de la Planta de Tratamiento en épocas de lluvia, ya que no logra tratar en su totalidad el volumen de agua que se genera en esta época. -Falta de regulaciones específicas sobre el tema del reúso de los lodos. -Contaminación auditiva por exceso de ruido producido por los equipos de la planta. -La planta no cumple con la distancia establecida por la norma para la ronda hídrica. -Desconocimiento de la existencia de la Planta por parte de la comunidad Ocañera |
| Infraestructura y Vías | <ul style="list-style-type: none"> -Planta de tratamiento relativamente nueva. -la planta cuenta con una infraestructura en óptimas condiciones | <ul style="list-style-type: none"> -Diseñadas solo para tratar residuos de origen orgánico. -la infraestructura de la planta está muy cerca de la Quebrada Hatillo. |
| Económicos y Financieros | <ul style="list-style-type: none"> -Financiamiento completo para la construcción de la planta. | <ul style="list-style-type: none"> -Falta de financiamiento para el mantenimiento constante de todo el sistema de tratamiento |

Nota. En la tabla se identifican las fortalezas y debilidades internas que tiene la PTAR. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 35.

Aspectos Externos de la PTAR- Filipote

| ASPECTOS | OPORTUNIDADES | AMENAZAS |
|---|--|---|
| Técnicos (tratamiento y reúso) | <ul style="list-style-type: none"> . Realiza reportes diarios y mensuales del funcionamiento y mantenimiento de la PTAR -La planta se convierte en foco de interés en la parte investigativa. -Se tiene referente para la construcción de nuevas plantas -Emprender actividades de mejoramiento y operación de la planta. -La CAR del municipio de Ocaña cuenta con personal profesional en la parte ambiental que realizan seguimiento y control para prevenir, mitigar y corregir los impactos que pueda generar la planta. -La oficina de secretaria de vías, infraestructura y vivienda cuenta con información actualizada de la planta. | <ul style="list-style-type: none"> -Eventos de fuerza mayor o fortuitos que puedan afectar el avance de las actividades (invierno, inundación, derrumbes) -Riesgos laborales y materiales causados por actividades inseguras. |
| Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> -Alta presencia de cobertura vegetal. - Alta presencia de especies de fauna. -La operación de la planta no ha tenido inconvenientes con la población aledaña a la misma. - Se encuentra expuesta a altas radiaciones solares. | <ul style="list-style-type: none"> - Contaminación de la quebrada el Hatillo por aguas residuales en tanto a parámetros microbiológicos. -La contaminación auditiva puede generar desplazamiento en las especies. -La contaminación auditiva está generando alteración en el comportamiento de animales (perros) -No cuenta con el suministro de agua potable para el personal que realiza actividades dentro de la planta. |
| Infraestructura y Vías | <ul style="list-style-type: none"> -Las instalaciones de la planta se encuentran retiradas del casco urbano. | <ul style="list-style-type: none"> -La vía de acceso a la planta se encuentra en malas condiciones. -Falta la construcción de un puente en la intercepción con la quebrada el hatillo. -Inundación de la planta en tiempos de lluvia por falta de infraestructura. -Desestabilización de taludes que pueden afectar la estructura de la planta. -La ubicación no es apta para el normal funcionamiento de la planta. |
| Económicos y Financieros | <ul style="list-style-type: none"> -Generar ingresos a partir del tratamiento que realiza la planta. | <ul style="list-style-type: none"> -Falta de financiamiento para el mejoramiento de la infraestructura y el sector vial. |

Nota. En la tabla se identifican las oportunidades y amenazas externas que tiene la PTAR. Fuente: Autores del proyecto.

Después de Identificar las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas Y Amenazas se opta por formulas estrategias que permitan la solución a las falencias encontradas.

4.3.2. Formulación de Estrategias.

Tabla 36.

Formulación de Estrategias en la PTAR- Filipote

| Estrategia FO | Estrategia DO |
|---|---|
| Realizar inversiones para mejorar la calidad del tratamiento | Realizar un análisis de la contaminación de la Quebrada el Hatillo en el punto de descarga del agua residual. |
| Recolectar información necesaria para optar por una buena alternativa de mejoramiento del tratamiento del agua residual y dejar de contaminar la Quebrada el Hatillo. | Tener como referente la Implementación de una trampa de grasas para la construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Ocaña y de esta manera aumentar el nivel de eficiencia. |
| Fortalecer el personal de la Alcaldía de Ocaña en cuanto a la protección y cuidado de la Quebrada el Hatillo | Contratación de personal profesional e idóneo con experiencia en sistemas de tratamiento de aguas residuales con el fin de mejorar la calidad de la misma. |
| Una adecuada operación de la planta de tratamiento de aguas residuales permite cumplir con la normatividad vigente. | Implementación de paneles solares como alternativa para la generación de energía eléctrica utilizada en la planta. |
| Estrategia FA | Estrategia DA |
| Empleando la información disponible, cumpliendo con la normatividad colombiana y contando con profesionales en el campo de la ingeniería, se pueden contrarrestar los efectos ambientales nocivos al proyecto, como los causados por olas invernales o por suelos inestables que generan retraso en la obra; además de posibles afectaciones al personal en campo. | Gestionar la implementación de estructura para la conducción de agua potable asía la planta de tratamiento, con el fin de suplir las necesidades de los servicios públicos. |
| Capacitar de manera correcta al personal que labora en la planta, haciendo énfasis en el manejo de equipos que hacen parte del tratamiento, con el fin de mejorar la evaluación diaria del nivel de eficiencia en términos de pH, conductividad, temperatura y sólidos. | Destinar recursos económicos específicos para el mantenimiento y operación de la planta, con el fin de evitar colapsos del sistema por financiamiento. |
| Diseñar un proyecto de mejoramiento al sistema vial que conduce a la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mejorar su flujo vehicular por el sector, lo que garantiza una reacción inmediata en caso de que ocurra una emergencia. | Fomentar las relaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña con la Planta de Tratamiento de aguas residuales Sector Filipote, para que por medio de diferentes proyectos de investigación permita dar solución a las problemáticas que presenta la planta. |

Nota. Formulación de estrategias PTAR- Filipote. Fuente: Autores del proyecto.

4.4 Deficiencias encontradas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el Sector Filipote del municipio de Ocaña-Norte de Santander

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector de Filipote del municipio de Ocaña Norte de Santander presenta un buen rendimiento en cada uno de sus procesos de tratamiento, sin embargo, se encontraron fallas internas y externas que pueden afectar la efectividad del sistema.

Las deficiencias encontradas son:

Interceptor de grasas o trampa de grasas. La planta actualmente no cuenta con esta estructura, lo que indica que están entrando grasas de diferentes procedencias al sistema. Esta sustancia dificulta los procesos biológicos que se realizan en el tratamiento, ya que no está diseñada para remover sustancias de origen inorgánico y puede ocasionar fallas en las tuberías por taponamiento, por lo anterior, se hace necesario tratar grasas y aceites durante el tratamiento preliminar para mejorar la funcionalidad del sistema.

Vertedero de exceso. Es una estructura diseñada en la caja de recepción de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Filipote, utilizada como medida de emergencia para no sobrepasar los niveles máximos de operación de la planta (caudal). Este vertedero está siendo utilizado constantemente cuando aumenta el caudal de manera considerable y cuando se presentan sustancias que puedan afectar los procesos de la planta. Lo que indica que se está generando un vertimiento sin ningún tipo de tratamiento a la fuente hídrica El Hatillo, causando un gran impacto ambiental.

Dosificación del cloro. Es una de las principales problemáticas identificadas en la planta de tratamiento, ya que al obtener los resultados de las muestras que fueron llevadas al laboratorio de calidad del agua de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se pudo evidenciar que las muestras tomadas en la caja de salida de la planta, contaban con una alta carga microbiana, debido a que no se está realizando la desinfección de manera adecuada, lo que ocasiona una afectación directa a la Quebrada el Hatillo.

Actualmente la planta pasó por una etapa de mejoramiento a los procesos de tratamiento, donde se le realizó mantenimiento a todos los procesos, como tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y al tanque de desinfección, con el objetivo de mejorar la calidad del tratamiento del sistema.

Con base a los inconvenientes anteriormente mencionados, las opciones propuestas a continuación, son aquellas que presentan bajo nivel de complejidad para su implementación. Son principalmente estructuras de sencillo diseño y construcción en la planta, que tienen como objetivo mejorar la efectividad del sistema y disminuir los inconvenientes que puedan afectar el normal funcionamiento del sistema.

Las medidas a proponer se enfocan en el tratamiento general de la planta, es decir, tratamiento preliminar, primario, secundario y desinfección, ya que toda su operación se ve involucrada directamente con las fallas encontradas.

A continuación, se formulan alternativas de mejoramiento para el adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector Filipote del municipio de Ocaña Norte de Santander.

4.4.1 Plan de mejoramiento de la PTAR - Filipote a través de la implementación de un interceptor de grasas. *Objetivo.* Construir un interceptor de grasas con la finalidad de obtener mejoras en la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector Filipote.

Contenido de la Estrategia. Para el diseño del interceptor de grasas en la planta de tratamiento, se vio la necesidad de hacer una revisión bibliográfica.

Localización. Debe instalarse o construirse lo más cerca posible a la caja de recepción de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se debe tener en cuenta, que su ubicación en la planta debe brindar condiciones favorables para la retención y remoción de grasas. (RAS, 2000)

Parámetro de diseño. El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo del interceptor de grasas. (RAS, 2000)

Entradas y salidas del interceptor de grasas. Deben colocarse elementos controladores de flujo en las entradas para protección contra sobrecargas o alimentaciones repentinas. El diámetro de la entrada debe ser de un diámetro mínimo de 50 mm y el de la salida de por lo menos 100 mm. (RAS, 2000).

Operación y mantenimiento. Las trampas de grasa deben operarse y limpiarles mantenimiento regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, la limpieza debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo. Para restaurantes, la frecuencia de bombeo varía desde una vez cada semana hasta una vez cada dos o tres meses. Estas unidades deben ser dotadas de las siguientes características:

- Capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada operación de limpieza
- 2. Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.
- Dispositivos de entrada y salida convenientemente proyectados para permitir una circulación normal del afluente y el efluente.
- Distancia entre los dispositivos de entrada y salida, suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente.
- Debe evitarse el contacto con insectos, roedores, etc. (RAS, 2000)

Manejo de grasas y aceites. El manejo de grasas y aceites dentro de una PTAR se puede realizar de distintas formas, implementando desde equipos mecánicos, hasta procesos hidráulicos o sustancias químicas.

Con el fin de no alterar considerablemente los costos operativos de la planta, se determinan procesos completamente físicos, que no requieran intervenciones químicas o biológicas.

Para la ejecución de dichos procesos físicos, se consideran estructuras que cumplirán con la función de remoción de grasas y aceites y algunas funciones adicionales como la separación de residuos sólidos flotantes.

Los interceptores de grasas o trama de grasas. Las trampas de grasas son estructuras que aprovechan la diferencia de densidades entre el agua y los aceites presentes en el líquido, la simplicidad de su operación y de su diseño permiten generar una solución eficiente al problema del manejo de grasas que presenta la planta. (Poveda, 2016)

Funcionamiento. La trampa de grasa retiene el material flotante hasta que se recoja y se elimine, mientras el líquido sale del tanque en forma continua, a través de una abertura situada en el fondo en forma de resalto que causa por el vertedero después de pasar por una serie de cámaras con forma de canaleta para el transporte de agua. (García Paniagua & Fonseca Martínez, 2015).

Existen muchos tipos de estructuras y así mismo, criterios de diseño propuestos por diversas entidades y organizaciones. Para el diseño del sistema interceptor de grasas y aceites se tuvo en cuenta el caudal de diseño de la planta, con el objetivo de que la eficiencia del sistema para la remoción de la carga contaminante se encuentre por encima del 80% de remoción.

El diseño de la trampa de grasas que más se ajusta a los parámetros de diseño de la planta en cuanto a caudal es la propuesta por Iván Ernesto Torres Poveda en su proyecto de investigación denominado, Propuesta de mejoramiento de las operaciones en la PTAR en el municipio de la Calera (Cundinamarca) realizado en el año 2016.

Este sistema consiste en una estructura de forma rectangular, provista de tuberías de entrada y salida, dotada de unidades disipadoras de grasa donde se pueden remover jabones, grasas y aceites, que posterior mente conducirá el agua al desarenador.

Tabla 37.
Criterio de Diseño para trampa de grasas

| Parámetro | Rango o Valor |
|---------------------------------------|----------------------|
| Tiempo de retención hidráulica | 2,5 a 3,0 min |
| Relación Longitud/Ancho | 2/1 a 3/2 |
| Profundidad | ➤ 0,8m |

Nota. Tabla de criterio de diseño para trampa de grasas. (Torres, 2016)

Las dimensiones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 38.
Dimensiones de Trampa de grasas

| PARÁMETRO | | VALOR |
|--------------------------------|---------------------|--------------|
| Grasas y aceites | Kg/m ³ | 0,25028 |
| Q entrante | m ³ /s | 0,09095 |
| Q entrante | m ³ /min | 5,46 |
| Ø | in | 10,00 |
| Ø in | m | 0,25 |
| Ventrada | m/s | 1,90 |
| Q aceites | Kg/min | 1,37 |
| Tiempo de retención hidráulica | min | 3 |
| □ | m ³ | 1,82 |
| Carga aceites | Kg | 4,10 |
| H | m | 1 |
| As | m ² | 1,82 |
| Relación longitud / ancho | | 3/2 |
| L | m | 1,65 |
| B | m | 1,10 |

Nota. La tabla muestra las dimensiones de la trampa de grasa. Fuente: (Torres,2016)

Con base en las dimensiones obtenidas, la siguiente ilustración muestra la vista en planta de la estructura, estos planos son basados de (Torres,2016)

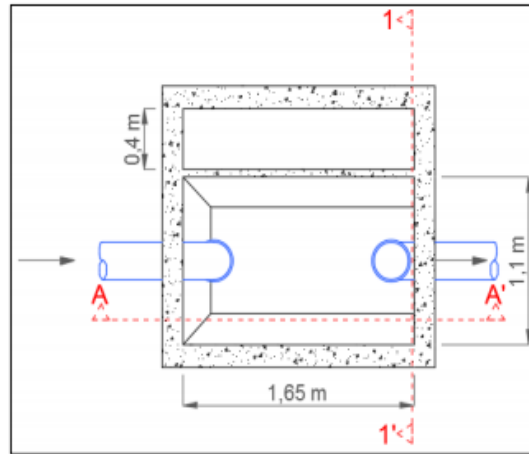


Figura 37. Vista en planta. Trampa de grasas.
Fuente: (Torres,2019)

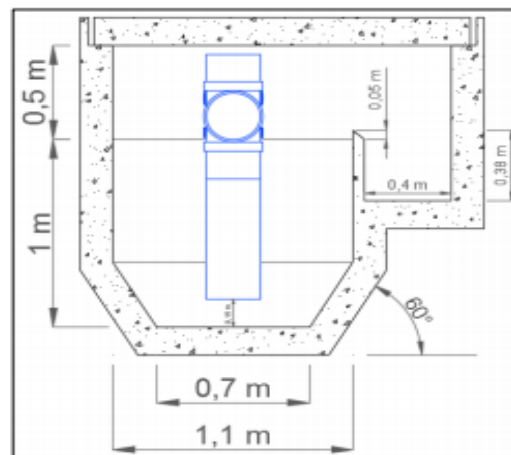


Figura 38. Corte 1-1' Trampa de grasas.
Fuente:(Torres,2016)

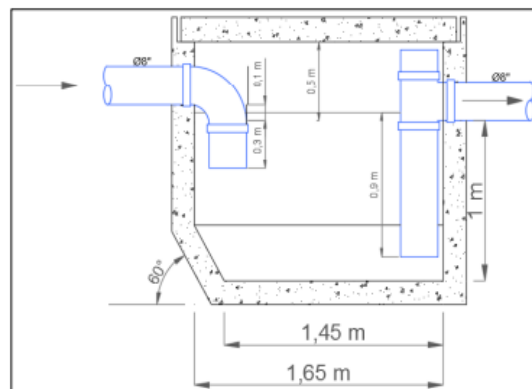


Figura 39. Corte A-A' Trampa de grasas
Fuente: (Torres, 2016)

Una vez instalada o construida la trampa de grasas, se espera que el sistema de tratamiento mejore sustancialmente su desempeño, ya que no se verán afectados los procesos microbiológicos por estas sustancias que disminuyen la disposición de oxígeno en los diferentes procesos.

La implementación de una estructura que reduzca la cantidad de grasas que contiene el residuo líquido antes de ingresar al sistema de tratamiento, tiene como finalidad evitar el uso del vertedero de excesos que desemboca directamente en la fuente hídrica, y este es utilizado cuando se presentan sustancias que puedan afectar los procesos de la planta, causando un gran impacto ambiental, debido a que se está alterando directamente las condiciones normales de la fuente hídrica.

De esta manera, se dará una posible solución a la problemática ambiental encontrada causada por el vertedero de excesos, puesto que una vez implementado el sistema interceptor de grasas no hay necesidad de utilizar el vertedero para evitar que estas sustancias ingresen al sistema.

4.4.2 Plan para de dosificación de la solución de cloro en la Planta de Tratamiento ubicada en el sector Filipote del Municipio de Ocaña- Norte de Santander. Este plan de dosificación adopta en alguna de sus particularidades la metodología de (Gómez, 2008)

Objetivo. Proponer un plan de dosificación de cloro basadas en las condiciones actuales de la planta de tratamiento.

Descripción de la Estrategia. Con el fin de mejorar la etapa de dosificación de cloro en el proceso de desinfección del agua en la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector Filipote del municipio de Ocaña Norte de Santander, se propone un plan de dosificación de Cloro el cual se basa en los resultados obtenidos después de realizar el seguimiento a cada uno de los parámetros que previamente se habían establecido que estaban implicados en la etapa de dosificación, se establece dicho plan, basado en los parámetros analizados y las condiciones actuales de la planta de tratamiento. Para tal fin se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- **Preparación de la Solución.** La Solución utilizada en la desinfección (hipoclorito de sodio) se debe preparar con una concentración comprendida entre 3.0 % (30.0000). Para tal fin se calcularán los volúmenes de solución de cloro comercial y agua a utilizar. Posteriormente esta debe ser homogenizada adecuadamente.
- **Caudal de la Motobomba.** Se debe graduar la motobomba de dosificación de tal manera que el agua tratada salga de la planta con una concentración de cloro comprendida entre 0,9 y 1,0 mg/L, manipulando las perillas de frecuencia y flujo y midiendo la concentración de cloro en el agua a la salida de la planta de tratamiento hasta obtener el valor deseado.
- **Inspección y ensayo de proceso.** Se debe realizar un monitoreo del cloro residual presente a diferentes tiempos verificando que se encuentre en los límites adecuados.
- **Análisis de resultados.** De los análisis de estos resultados se buscará obtener información que permita corregir o mejorar este proceso. A continuación, se explicará de manera más detallada como se llevarán a cabo estos procesos para lograr que el plan de dosificación se lleve a cabo de manera adecuada.

- **Preparación de la Solución.** Como desinfectante se usará hipoclorito de calcio. Basado en el manual de operación de la Planta de Tratamiento ubicada en el sector Hatillo en el municipio de Ocaña.
- **Procedimiento.** En la etiqueta del desinfectante (hipoclorito de calcio) contiene la concentración de la solución 3% (30.000), también se obtiene el caudal en la entrada de la planta (18,8L/s), se pesan 2 mg de hipoclorito por cada litro que se va a preparar (2mg/L), con estos datos obtenemos la formula.

$$\text{Formula. } \frac{\left(\frac{2\text{mg}}{\text{L}} * 18,8\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)}{30.000\frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 0,0012\text{mg L/s} = 1,2\text{ml/s} = 67,2\text{ml/minutos}$$

- De donde la bomba dosificadora respectiva se debe ajustar a este caudal medio de entrada a la PTAR de entrada a la PTAR de 18,8 L/S
- Cantidad requerida en 24 horas de operación: 4,15kg/día.
- Volumen solución requerida en 24 horas de operación: 96,8 L. (Solución al 3%)
- La solución se hará adicionando el producto con el tanque lleno y el agitador encendido. Para concentraciones dosis, concentraciones y caudales diferentes se debe hacer el cálculo siguiendo el ejemplo anterior.

Caudal de la Motobomba. El caudal que se requiere para la aplicación de cloro de la motobomba hacia el agua requiere de la concentración de la solución del cloro estipulada en la desinfección, la cantidad de cloro que requiere el agua, el caudal de agua y la manera como la motobomba aplica el cloro al agua, estas tres formas permiten calcular y controlar realizando estos procesos de manera minuciosa y detallada, siguiendo paso a paso, reportando así, que la concentración de cloro residual en todo el tramo de esta línea de distribución se encontrará

dentro de los valores establecidos por el artículo 9 de la resolución 0631 de 2015. Con el fin de obtener la menor carga contaminante en termino de coliformes.

Inspección y ensayo de proceso. Para verificar que el proceso, se debe realizar a un monitoreo de cloro residual a diferentes tiempos. Para garantizar que el monitoreo se realice de manera adecuada, es recomendable llevar un formato de inspección y ensayo en el cual se consignen las condiciones de muestreo, puntos de muestreo, tiempos y fechas de muestreo.

Tabla 39.

Ficha técnica para el seguimiento y monitoreo del cloro

| FICHA TECNICA PARA EL SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL CLORO | | | |
|--|------|-------|-------------|
| Fecha: | | T° | |
| Nombre del Operador: | | | |
| Punto de Muestreo | Hora | Valor | Condiciones |

Nota: la tabla muestra el formato para de monitoreo al cloro.Fuente: Autores del proyecto.

Análisis de resultados. Como etapa final del plan de dosificación se deberá analizar los resultados, buscando obtener información para mejorar el proceso cada vez más, tratando de llevar un análisis estadístico de los resultados y buscando relacionar las condiciones en que se dieron los resultados con el valor numérico de los mismos.

Conclusiones

De acuerdo con el diagnóstico del funcionamiento realizado en la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Filipote en el municipio de Ocaña Norte de Santander, la planta se encuentra en óptimas condiciones estructurales, ya que su construcción es reciente. Además los procesos que conforman la planta presentan grandes eficiencias y cumplen adecuadamente con sus funciones, sin embargo se han presentado inconvenientes en épocas de lluvia, debido a que el caudal aumenta de manera considerable, sobrepasando los niveles máximos que puede tratar el sistema, lo que genera una sobre carga hidráulica y la posible desestabilización de los procesos biológicos, esta situación puede generar que los equipos y estructuras presenten fallas y deterioro en tiempos considerablemente menores a los deseados.

De acuerdo con la caracterización física, química y microbiológica que se le realizó a la PTAR – Filipote, permitió determinar que la planta cumple con la mayoría de los parámetros establecidos por la resolución 0631 del 2015 “por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales de los sistemas de alcantarillado públicos”, con una remoción mayor al 90%, sin embargo hay un parámetro que no cumple con la normatividad como son los sólidos totales, ya que el parámetro aumenta considerablemente después de pasar por el sistema de tratamiento y esto se podría atribuir al poco tiempo de operación del sistema, posibles fallas en los procesos, al incumplimiento del mantenimiento periódico, entre otros.

También es importante resaltar que los resultados obtenidos en estos parámetros fueron semejantes en las dos jornadas de muestreo (mañana-tarde).

Como etapa final, se pudo determinar que las deficiencias que posee la planta, no se presentan en las estructuras que posee actualmente, sino en las que no tiene, como es el caso de una trampa de grasas y un plan para la dosificación de la solución de cloro.

Con la implementación de un Interceptor de grasas, se lograría remover aproximadamente más del 90% de las grasas que son generadas en el proceso, permitiendo que la reacción del oxígeno dentro de los reactores tenga un mejor comportamiento y así lograr que la operación sea más efectiva y los organismos se eliminen en mayor medida.

Por lo anterior, se hace necesario tratar grasas y aceites durante el tratamiento preliminar para mejorar la funcionalidad del sistema.

Debido a la alta presencia de coliformes totales, fecales se propuso un plan de dosificación de cloro, el cual se basó en los resultados obtenidos después de realizar el seguimiento a cada uno de los parámetros que previamente se habían establecido, y que estaban implicados en la etapa de dosificación, se estableció dicho plan, basado en los parámetros analizados y las condiciones actuales de la planta de tratamiento.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se hacen las siguientes recomendaciones, con el objetivo de ayudar a fortalecer investigaciones futuras en el sistema de tratamiento.

Se recomienda la instalación de un laboratorio de prueba en la PTAR del sector Filipote con equipos necesarios para la determinación de parámetros básicos y de la misma manera, contratar personal calificado para realizar las operaciones de medición y control del mismo.

Contratar al personal requerido y establecido por el manual de operación de la planta, para la ejecución de los diferentes procesos del sistema, con el objetivo de llevar a cabo el tratamiento de manera eficaz y permanente.

Se recomienda a la secretaría de vías, infraestructura y vivienda, que realice capacitaciones al personal encargado de la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Filipote del municipio de Ocaña Norte de Santander, con el objetivo de que los operarios conozcan de manera más detallada las características del agua que ingresa al sistema de tratamiento y la importancia de cada una de las etapas del tratamiento.

Dar a conocer la normatividad ambiental asociada a vertimientos puntuales a los operarios encargados de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Filipote, con el fin de que conozcan y entiendan la importancia del cumplimiento de los requisitos exigidos por la ley.

Se recomienda realizar análisis físico, químico y microbiológico de manera periódica a la fuente hídrica Quebrada el hatillo, la cual es el cuerpo receptor del vertimiento que realiza la planta, con el objetivo de prevenir posibles enfermedades a la población que interactúa con la fuente hídrica aguas abajo y a las especies acuáticas. Y de esta manera tener un control más puntual y detallado en cuanto a las condiciones de la Quebrada.

Realizar una inversión económica constante para la compra de las sustancias químicas necesarias para el normal funcionamiento del sistema, como es el caso del hipoclorito de sodio, el súper block A30, etc. De la misma manera, para la compra de útiles de limpieza y elementos de protección personal, entre otros, con el objetivo de mantener la calidad del tratamiento, ya que estos aspectos intervienen directamente sobre el mismo.

Solucionar los problemas de inundación de la planta de tratamiento, con la construcción de un muro en la parte superior de la misma, con el objetivo de evitar afectaciones al sistema por inundaciones cuando se presenten fuertes precipitaciones.

Realizar mantenimiento al sistema eléctrico de la planta de forma constante, con el objetivo de evitar el colapso del sistema de tratamiento por fallas eléctricas, ya que hay procesos que están directamente relacionados con la energía eléctrica para su funcionamiento.

Mantener actualizado el manual de operación de la planta alimentándole información de los procesos y equipos en caso de eventualidades y modificaciones del sistema.

Referencias

- Alasino, N. (2009). *Universidad Nacional Del Litoral- Argentina*. Recuperado el 22 de Abril de 2019, de Síntesis Y Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:
<http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/bitstream/handle/11185/119/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arroba, C. A., & Ávila, D. (2016). *Universidad Santo Tomas*. Recuperado el 23 de Abril de 2019, de Evaluación del Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de un Campus Universitario:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9408/%C3%81vilaDavid2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ascanio, N. Y., & Rodriguez, W. O. (2017). *Comparación del Manejo de Aguas Residuales Domesticas de La Ciudad de Ibagué, con las Tecnologías Empleadas en la Ciudad de Sao Carlos Brasil*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de
https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14495/1/TESIS_GRADO_COMPARATIVO_PTARS_COLOMBIA_BRASIL.pdf
- Bermon, F. (13 de octubre de 2017). Municipios de Norte de Santander, obligados a tratar agua negras. *La Opinión*. Recuperado el 26 de Abril de 2019, de
<https://www.laopinion.com.co/region/municipios-de-norte-de-santander-obligados-tratar-agua-negras-141837#OP>
- Bernard, M. (16 de Marzo de 2018). Aguas Residuales. *La Republica*. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de <https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>

Blázquez, P., & Montero, C. (12 de Noviembre de 2010). Reutilización de agua en Bahía plata: 3era cuenca. *Universidad Tecnológica Nacional*. Recuperado el 10 de Marzo de 2019, de http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/agua_reutilizacion.pdf

Bigorda, T. (27 de Junio de 2017). *El problema de la contaminacion del agua*. Recuperado el 9 de Abril de 2019, de El problema de la contaminacion del agua: <https://afaramos.blogspot.com/2017/06/el-problema-de-la-contaminacion-del-agua.html?sref=tw>

Castillo, L. E. (2011). *Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en aguas residuales*. Recuperado el 03 de Marzo de 2019, de Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en aguas residuales: http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/11820/mod_resource/content/0/microalgas.cadiz.pdf

Contraloria general del departamento Norte de Santander. (2013). *Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente del departamento norte de santander*. Recuperado el 25 de abril de 2019, de Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente del departamento norte de santander: http://www.contraloriands.gov.co/Content/ControlAmbiental/4_INFORME_RECURSOS_NATURALES_2013.pdf

Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca. (1997). *Plantas de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de Plantas de tratamiento de aguas residuales: <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33660/04425.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Esparragoza, R. A., & Carvajal, E. V. (2008). *Análisis de la normatividad ambiental colombiana para el vertimiento de aguas residuales al sistema de alcantarillado público*. Recuperado el 28 de Marzo de 2019, de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/51/digital_15337.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espigares, G. (2014). *Aguas Residuales*. Recuperado el 27 de abril de 2019, de Aguas Residuales: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- González, M. d. (2004). Encuentros sobre el agua. En M. d. González, *Encuentros sobre el agua*. UNESCO Etxea-Centro. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/EncuentrosAgua.pdf>
- Galeano Nieto, L. J., & Rojas Ibarra, V. D. (Noviembre de 2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de acidificación para el casco urbano del municipio de Velez - Santander*. Recuperado el 29 de Marzo de 2019, de Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de acidificación para el casco urbano del municipio de Velez - Santander.: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISEÑO%20DE%20UNA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20RESIDUAL%20POR%20ZANJÓN%20DE%20ACIDIFICACIÓN%20PARA%20EL%20CASCO%20URBANO%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>
- IDEAM. (01 de Abril de 2005). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Recuperado el 15 de Febrero de 2019, de Alcalinidad Potenciometrica:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>

IDEAM. (28 de Octubre de 2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios*

Ambientales. Recuperado el 04 de Abril de 2019, de pH En Agua Por Electrometria:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdff1>

IDEAM. (04 de Junio de 2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.

Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de Demanda Bioquímica de Oxígeno:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

IDEAM. (28 de Diciembre de 2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios*

Ambientales. Recuperado el 02 de Abril de 2019, de Demanda Química De Oxígeno:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

LEY 9. (24 de Enero de 1979). *LEY 9*. Colombia. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de

http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf

MADS. (18 de Diciembre de 1974). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto

2811. *Código Nacional de Recursos Renovables y de Protección al Medio Ambiente*.

Colombia. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de [http://parquearvi.org/wp-](http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf)

[content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf](http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf)

MADS. (22 de Diciembre de 1993). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *LEY 99*.

Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de

http://www.oas.org/usde/FIDA/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf

MADS. (21 de Diciembre de 2012). Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. *DECRETO*

2667 DE 2012. Colombia: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO

SOSTENIBLE. Recuperado el 01 de Abril de 2019, de

<http://www.emserchia.gov.co/PDF/Decreto2667.pdf>

MADS. (25 de Julio de 2014). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *RESOLUCIÓN*

1207. Colombia. Recuperado el 12 de Abril de 2019, de [http://parquearvi.org/wp-](http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf)

[content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf](http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf)

MADS. (18 de Abril de 2015). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *RESOLUCIÓN*

0631. Colombia: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Recuperado el 2019 de Abril de 08, de

https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf

Martín, A. (10 de abril de 2014). *El tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Recuperado el

20 de abril de 2019, de El tratamiento de aguas residuales en Colombia:

<https://twenergy.com/co/a/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-colombia-1142>

Martinez, J. D., & Rivera, J. N. (22 de Mayo de 2013). *Universidad Veracruzana*. Recuperado el

15 de Marzo de 2019, de Caracterización de Aguas Residuales Universitarias Y

Determinación de la Eficiencia De Tratamiento de las PTAR de la UV Existentes de la

Región Cordoba-Orizaaba:

<https://www.uv.mx/orizaba/cosustenta/files/2013/12/Universitaria-y-ENTIDADES-UV-REPORTE.pdf>

MAVDT. (22 de Enero de 2004). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

DECRETO 155. doi:<http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/Decreto-155-de-2004.pdf>

MAVDT. (24 de Junio de 2004). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

RESOLUCIÓN 1096. Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia. Convención. Recuperado el 21 de Marzo de 2019, de

http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/PLAN_NACIONAL_D E_MANEJO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_EN_COLOMBIA.pdf

MAVDT. (29 de Diciembre de 2006). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

RESOLUCIÓN 2202. Recuperado el 02 de Abril de 2019, de

http://cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Resolucion%202202%20de%202006-Dic-29.pdf

MAVDT. (22 de Abril de 2008). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

DECRETO 1299. Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2008/dec_1299_2008.pdf

MAVDT. (25 de Octubre de 2010). Ministerio De Ambiente VViivienda Y Desarrollo Territorial.

Decreto 3930. Recuperado el 11 de Marzo de 2019, de

http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf

- MICT. (junio de 2006). *Ministerio de Industria Comercio y Trabajo*. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Agua, la experiencia Israeli: <http://www.hidrojing.com/wp-content/uploads/2014/01/NEWTechbrochureSPANISH.pdf>
- MVDT. (30 de Octubre de 2003). Ministerio de Vivivenda y Desarrollo Territorial. *DECRETO 3100*. Colombia. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-3100-de-2003.pdf>
- Noyola, A. (2010). *El impacto que ha sufrido el medio ambiente por el vertido de aguas residuales sin tratar*. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de Instituto de ingenieria UNAM. Ciudad de México.
- OEFA. (2004). Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Aguas Residuales*. Recuperado el 13 de Marzo de 2019, de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Ojeda, E. O. (enero de 2010). *Informe nacional sobre la gestion del agua en colombia*. Recuperado el 25 de abril de 2019, de Informe nacional sobre la gestion del agua en colombia: <https://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inco00200.pdf>
- Quimerk LTDA. (2010). *Fabricación Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://quimerk.com/fabricacion-plantas-de-tratamiento-de-aguas/fabricacion-plantas-de-tratamiento-de-agua-residual-domestica/>.
- RAS. (Noviembre de 2000). Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico. *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogota. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tituloecolombia.pdf>
- Rodriguez, J. A. (2002). *Tratamiento anaerobio de aguas residuales*. Recuperado el 23 de Abril de 2019, de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>

- Rojas, R. (27 de Septiembre de 2002). *Curso Internacional Gestión Integral De Tratamiento De Aguas Residuales*. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales: <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000093-9097e9190c/GESTION%20INTEGRAL%20DEL%20TRATAMIENTO%20AR.pdf>
- Romero, & Hammeken. (2005). *Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de Fundamento de Tratamiento de Aguas Residuales: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo2.pdf
- Salcedo, V. (12 de Abril de 2012). *Apoyo Técnico y Administrativo en la Ejecución De los Obras Del Plan Maestro De Alcantarillado Para La Ciudad De Ocaña*. Recuperado el 29 de Marzo de 2019, de <file:///D:/User/Downloads/27930.pdf>
- Sampieri, R. H. (2014). En C. F. Collado, & L. Bautista, *Metodología de la Investigación* (pág. 634). Interamericana. Recuperado el 20 de Abril de 2019, de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Sanchez, M. A., & Zuluaga, P. (2016). *Efectos Contaminantes Ocasionados Por Vertimientos y Ruido en Cinco Explotaciones Porcícolas En La Vereda De Fagua En El Municipio De Chía en la Actualidad*. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de [file:///D:/User/Downloads/EFFECTOS%20CONTAMINANTES%20%20POR%20VERTI MIENTOS%20\(2\).pdf](file:///D:/User/Downloads/EFFECTOS%20CONTAMINANTES%20%20POR%20VERTI MIENTOS%20(2).pdf)
- Sánchez, L., & Vélez, Y. F. (04 de Octubre de 2012). *Diseño Y Evaluación de un Sistema Piloto Para La Descontaminación de Aguas Residuales Generados En la UFPSO, Empleando*

- Las Especies Costus Spicatus Y Heliconia Psittacorum*. Recuperado el 04 de Marzo de 2019
- Social, C. N. (15 de Julio de 2002). *Departamento Nacional de Planeación*. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de Departamento Nacional de Planeación:
<http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3177%20-%202002.pdf>
- SSPD. (2017). *Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado:
<https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>
- Tolcachier, A. J. (2004). *Enfermedades Hídricas de Alta Prevalencia*. Recuperado el 20 de Abril de 2019, de https://www.intramed.net/sitios/libro_virtual4/5.pdf
- Torres, P. (Diciembre de 2012). *Perspectivas del Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales Domesticas en Países En Desarrollo*. *Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 18,*, 115-129. Recuperado el 22 de Abril de 2019, de <file:///D:/User/Downloads/Dialnet-PerspectivasDelTratamientoAnaerobioDeAguasResidual-5688315.pdf>
- Triana, L. E. (2007). *Estudio de Antecedentes Sobre La Contaminación Hidrica*. Recuperado el 03 de Abril de 2019, de Estudio de Antecedentes Sobre La Contaminación Hidrica:
<http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/estudio%20de%20antecedentes%20sobre%20la%20contaminaci%C3%B3n%20h%C3%ADdrica.pdf>
- Unidas, P. M. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. Recuperado el 11 de Marzo de 2019 de
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247667_spa

Vanegas Salcedo, L. M. (12 de Abril de 2012). *Apoyo Técnico Y Administrativo en la Ejecución De Las Obras Del Plan Maestro De Alcantarillado Para La Ciudad De Ocaña.*

Recuperado el 03 de Marzo de 2019, de Biblioteca Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña: <file:///D:/User/Downloads/27930.pdf>

Zapata, N., Hernández , M. L., & Oliveros , E. F. (2004). *Universidad de Manizales.* Recuperado el 15 de Abril de 2019, de Tratamiento de Aguas Residuales:

http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Agua_Servicio_Publico/Tratamiento_Aguas_Residuales-Zapata_N.pdf

Apéndice

Apéndice A. Lista de chequeo

| Datos de la Empresa | | | |
|----------------------|--|-----|--|
| Nombre de la PTAR | | | |
| Dirección | | | |
| Teléfono: | | Fax | |
| Horario de la Planta | | | |

| Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (marque con una x) | | | |
|--|--|--------------------------|----------------|
| Mantenimiento General | Trimestral | <input type="checkbox"/> | Observaciones: |
| | Semestral | <input type="checkbox"/> | |
| | Anual | <input type="checkbox"/> | |
| | Nunca | <input type="checkbox"/> | |
| Permiso de Vertimientos | Concedido | <input type="checkbox"/> | Observaciones: |
| | En Tramite | <input type="checkbox"/> | |
| | No se tiene | <input type="checkbox"/> | |
| Procesos | ¿Se cuenta con un tratamiento preliminar en la PTAR? | <input type="checkbox"/> | Observaciones: |
| | ¿Se cuenta con un tratamiento primario ? | <input type="checkbox"/> | Observaciones: |
| | ¿Se cuenta con un tratamiento secundario? | <input type="checkbox"/> | Observaciones: |
| | ¿Se cuenta con un tratamiento terciario? | <input type="checkbox"/> | Observaciones: |

| | | |
|--|---|----------------|
| | ¿Cuenta con sustancias químicas necesarias para el adecuado tratamiento? | Observaciones: |
| | ¿Realiza retro lavado al filtro periódicamente? | Observaciones: |
| | ¿La PTAR cuenta con un sistema de bombeo eficiente? | Observaciones: |
| | ¿El sistema de tratamiento contiene fugas de Agua residual? | Observaciones: |
| | ¿Se realiza algún tratamiento a los lodos? | Observaciones: |
| | ¿Se realiza control diario a la calidad del vertimiento? | Observaciones: |
| | ¿Se realiza monitoreo al sistema de tratamiento por parte de un laboratorio externo acreditado? | Observaciones: |
| | ¿Se ha evaluado el nivel de eficiencia actualmente? | Observaciones: |
| | ¿Se realiza control sobre la vegetación en las instalaciones? | Observaciones: |

| | | |
|----------------------|---|----------------|
| Mantenimiento | Mantenimiento cámara de homogenización | Observaciones: |
| | Mantenimiento a los sopladores | Observaciones: |
| | Mantenimiento al compresor | Observaciones: |
| | Mantenimiento de Motorreductor | Observaciones: |
| | Mantenimiento del Bomba Dosificadoras | Observaciones: |
| | Mantenimiento de las Bombas Sumergibles | Observaciones: |
| | Mantenimiento de las Bomba de diafragma | Observaciones: |
| | Mantenimiento de equipos de lavado de instalaciones | Observaciones: |
| | Mantenimiento en las instalaciones eléctricas | Observaciones: |
| | | |

Apéndice B. Encuesta para evaluar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales sector hatillo

FECHA: _____

1. ¿Con cuántos usuarios cuenta actualmente la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sector Hatillo?

2. ¿En qué estado se encuentra actualmente los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (que tiene y que hace falta)?

3. ¿Cuánto tiempo (años) lleva operando la planta desde su construcción?

4. ¿Cada cuánto se efectúa mantenimiento a los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales?

5. ¿Se realiza un tratamiento a los lodos generados en el proceso?

6. ¿Cómo ha sido a lo largo del tiempo de funcionamiento la continuidad del servicio de tratamiento de aguas residuales?

7. ¿Con que cobertura cuenta actualmente el servicio dentro del casco urbano?

8. ¿Cómo se realiza la operación de la planta?

9. ¿Con cuanto personal se cuenta y que tan aptos son para desempeñar su respectiva labor?

10. ¿Cuál es el caudal diseñado que puede tratar la planta?

11. ¿Con que frecuencia se efectúan el monitoreo al caudal de la fuente hídrica, la calidad del agua antes de ingresar al proceso y la calidad del agua tratada?

Apéndice C. Registros Fotográficos, recorrido por las Instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el sector Filipote Ocaña Norte de Santander









Apéndice D. Registros Fotográficos, Toma de Muestra y Análisis de los Parámetros

Toma de muestra en la Entrada de la planta



Toma de muestra en la salida de Planta de Tratamiento



Toma de la muestra antes de generarse el Vertimiento- Quebrada Hatillo



Toma de muestra en la salida de la planta generándose el vertimiento a la Quebrada El Hatillo




Análisis de las muestras

Apendice E. Oficios de presentados en la Alcaldía Municipal Ocaña.

Ocaña, 08 abril del 2019

RECIBIDO 08 ABR 2019


ALCALDIA MUNICIPAL DE OCAÑA
 MUNICIPIO DE OCAÑA - SANTANDER

No. FOLIO: 900
 FECHA: 2-4-0 8334
 HORA: 12

Señores:

Secretaria de vías, infraestructura y vivienda


Asunto: Respuesta al oficio R.V.U-2019-302-7089 del 20 de marzo del 2019. Confirmando el cumplimiento de los requisitos que exige la secretaria de invias, infraestructura y vivienda para poder llevar acabo el proyecto de grado en la planta de tratamiento de aguas residuales de Sector Filipote del Municipio de Ocaña Norte de Santander.

Cordial Saludo

Yo Angie Xiomara Montejo Reyes identificado con No. 1.007.842.976 lugar de expedición Convención-Norte de Santander, con código 161627 y Álvaro Andrés Contreras Cubides identificada con No.1.065.909.616 lugar de expedición Aguachica- Cesar con código 161621. Efectivamente aceptamos las condiciones del oficio anteriormente mencionado, por lo tanto, cumpliremos con los EPP antes de ingresar a la PTAR, presentamos nuestra póliza de seguros y nos hacemos responsables de cualquier imprevisto que nos pueda suceder cuando realicemos el trabajo de campo en la PTAR del Sector Filipote del Municipio de Ocaña Norte de Santander.

Angie Xiomara Montejo Reyes
Angie Xiomara Montejo
 Correo Electrónico:
 axmontejo1@ufpsco.edu.co
 Teléfono: _____ Celular:
 3124600426

Álvaro Andrés Contreras Cubides
 Álvaro Andrés Contreras C.
 Correo Electrónico:
 AlvaroContreras5@gmail.com
 Teléfono: _____ Celular:
 318 6833483



POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A
NIT 860.011.153-6

HACE CONSTAR

Que los estudiantes de registrados a continuación se encuentran asegurados para la vigencia **07/02/2019 a 07/08/2019**, mediante la póliza No. 3100015853 cuyo tomador es la MOVIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE FRANCISCO DE PAULA SANTANDER.

| NOMBRE DEL ESTUDIANTE | DOCUEMNTO DE IDENTIDAD |
|---------------------------------|------------------------|
| ALVARO ANDRES CONTRERAS CUBIDES | 1065909616 |
| ANGIE XIOMARA MONTEJO REYES | 1007842976 |
| ANDRES FELIPE ANGARITA RÍOS | 1193219441 |
| MIGUEL ANGEL GALINDEZ TOVAR | 1073384914 |
| MARÍA ALEJANDRA LEÓN SUAREZ | 26863785 |

Con las siguientes coberturas contratadas:

| COBERTURAS | VALOR ASEGURADO |
|---|------------------|
| MUERTE ACCIDENTAL | \$17,000,000 |
| MUERTE POR CUALQUIER CAUSA | \$17,000,000 |
| INVALIDEZ O DESMEMBRACION ACCIDENTAL | \$17,000,000 |
| REHABILITACION INTEGRAL POR INVALIDEZ | \$20,683,650 |
| GASTOS MEDICOS | \$11,000,000 |
| ENFERMEDADES TROPICALES | \$11,000,000 |
| RIESGO BIOLOGICO | \$11,000,000 |
| AUXILIO FUNERARIO POR MUERTE ACCIDENTAL | \$4,500,000 |
| AUXILIO FUNERARIO POR MUERTE X CUALQUIER CAUSA | \$4,500,000 |
| GASTOS DE TRASLADO POR ACCIDENTE | \$2,000,000 |
| GASTOS DE TRASLADO POR CUALQUIER CAUSA | \$ 500,00 |
| ENFERMEDADES AMPARADAS CUBRE: POR MUERTE | \$17,000,000 |
| POR GASTOS MEDICOS | \$11,000,000 |
| POR AUXILIO FUNERARIO | \$4,500,000 |
| AUXILIO EDUCATIVO POR MUERTE DE UNO DE LOS PADRES (MAXIMO CINCO EVENTOS POR VIGENCIA) | \$ 250,000 |
| ASISTENCIA ODONTOLÓGICA | SE OTORGA |
| RENTA DIARIA POR HOSPITALIZACION ACCIDENTAL | \$ 10,000 |
| ASISTENCIA INTERNACIONAL ASSIST CARD (Cubre torneos deportivos e intercambios estudiantiles, únicamente) | SE OTORGA |
| SERVICIO DE AMBULANCIA AEREA | \$16,000,000 |

En el exterior, la póliza tiene cobertura para el **amparo de gastos médicos por accidente** hasta el valor asegurado contratado, **mediante reembolso**, sin embargo como un plus nuestra póliza otorga en cobertura de 60 días a través de ASSIST CARD.

La presente constancia se expide en Cúcuta por solicitud del tomador a los tres (03) días del mes de Abril del 2019.

Ocaña, 15 de Marzo de 2019

RECIBIDO 15 MAR 2019

Ingeniera

CARMEN CHONA LEÓN

Secretaria de Vías, Infraestructura y Vivienda

Ocaña.

| | |
|--------------------------------------|------|
| ALCALDIA MUNICIPAL DE OCAÑA | |
| OFICINA DE ARCHIVO Y CORRESPONDENCIA | |
| No. FOLIOS | 900- |
| FECHA | 3-05 |
| HORA | 6:48 |
| INSTRUMENTO | |
| No. CONSECUTIVO | 6487 |
| Firma | |

Cordial saludo.

ALVARO ANDRES CONTRERAS CUBIDES identificado con cedula de ciudadanía No. 1065909616 expedida en Aguachica, Cesar y ANGIE XIOMARA MONTEJO REYES identificado con cedula de ciudadanía No. 1007842976 expedida en Convención, Norte de Santander, estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Francisco de Paula Santander con código estudiantil (161621,161627) de manera atenta y respetuosa nos dirigimos a ustedes con el fin de solicitar un permiso para la elaboración del plan de trabajo titulado "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL FILIPOTE DEL MUNICIPIO OCAÑA NORTE DE SANTANDER" como modalidad de proyecto de grado dirigido por la Msc. Luisa Fernando Arevalo Navarro.

Agradezco la atención brindada

Atentamente

Alvaro Andres Contreras Cubides
ALVARO ANDRES CONTRERAS CUBIDES

Cell. 3186833483

Angie Xiomara Montejo Reyes
ANGIE XIOMARA MONTEJO

Cell. 3124600426

Luisa Fdo Arevalo N.
LUISA FERNANDA AREVALO NAVARRO

Directora

**Secretaría de Vías
Infraestructura y Vivienda**

Ocaña, 20 de Marzo del 2019
Oficio No. 900 – 901-092
A.V.U. 2019-302-7089

Señor:
ALVARO ANDRES CONTRERAS CUBIDES
ANGIE XIOMARA MONTEJO
LUISA FERNANDA AREVALO NAVARRO
Correo: alvaritocontreras5@gmail.com
Tel: 3186833483
Ocaña



Asunto: Respuesta al oficio R.V.U No. Consecutivo 6489 del 15 de Marzo de 2019. APROBACION DE PERMISO PARA REALIZAR ESTUDIOS DE PROYECTO DE GRADO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SECTOR FILIPOTE DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER.

Cordial Saludo

Por medio de la presente muy respetuosamente me permito dar respuesta a su solicitud Informando lo siguiente:

La secretaria de vías, Infraestructura y Vivienda, no tiene ningún inconveniente en que se realice un estudio por parte de los estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander sobre la EVALUACION DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR FILIPOTE, toda vez que se tengan en cuenta las condiciones técnicas tanto de seguridad personal como de operación y ejecución de actividades dentro de las instalaciones de la planta, esto con relación a las actividades previstas para el estudio que se pretenda realizar, para ello la Administración Municipal en cabeza de la secretaria de vías, Infraestructura y Vivienda recomienda lo siguiente:

Durante los recorridos que se realicen dentro y fuera de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Filípote, municipio de Ocaña existen riesgos que pueden traer como consecuencia caídas por espacios limitados, zonas con altura, exposición al cloro, además de enfermedades o accidentes de todo tipo. Es recomendable que el estudiante de ingeniería que realice las actividades este afiliado a una ARL (riesgos), teniendo en cuenta que es primordial el cuidado de la integridad, seguridad y vida de las

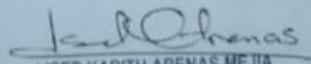
**Secretaría de Vías
Infraestructura y Vivienda**

personas que ingresan a la planta. Así mismo es necesario que el personal que ingrese a la planta presente el equipo de protección personal (EPP), de bio-salubridad y seguridad industrial, los cuales impiden absorber agentes que pueden causar daños y enfermedades gastrointestinales e infecciones respiratorias y otras que puedan introducirse en la piel, causando daños irreversibles.

Los estudiantes deben presentar el cronograma de actividades, días de visita a la planta y el tiempo que requiera la investigación, ya que estas actividades serán acompañadas por la firma que opera la planta. Todo esto con el fin de brindar seguridad, apoyo y responsabilidad con cada actividad que se vaya a realizar en la PTAR.

Por lo anterior la administración no se hace responsable de ninguna clase de daños o perjuicios que le ocurran a los estudiantes que realicen actividades dentro o alrededor de la planta de tratamiento de aguas residuales sector filipote; así mismo se aclara que no existe un convenio interadministrativo para realizar estas actividades, por lo tanto todo corre por cuenta y riesgo de los estudiantes que realicen el trabajo de grado.

Sin otro particular


LISED YADITH ARENAS MEJÍA
 Profesional Universitario en el Área de Vías y Carreterables

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por Nombre: DIANA LISBETH SANTIAGO JIMENEZ Cargo: Apoyo al área de Vías | Revisado por Nombre: LISED ARENAS MEJÍA Cargo: Jefe del área de Vías y carreterables | Aprobado por Nombre: LISED ARENAS MEJÍA Cargo: Jefe del área de Vías y carreterables |
|---|--|--|

Carrera 12 N° 10- 42 Palacio Municipal
 Teléfono: (7) 5636300 Ext. 113 – www.ocana-portalesantander.gov.co
 Código postal: 546552