

|   |   |                     |                   |          |
|---|---|---------------------|-------------------|----------|
|  | <b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b> |                     |                   |          |
|   | Documento   | Código              | Fecha             | Revisión |
|   | <b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>  | <b>F-AC-DBL-007</b> | <b>10-04-2012</b> | <b>A</b> |
| Dependencia   | Aprobado  |                     | Pág.              |          |
| <b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>   | <b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>                          |                     | <b>i(181)</b>     |          |

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

|                    |   |
|--------------------|---|
| AUTORES            | <b>YINETH TORCOROMA ANGARITA QUINTANA<br/>MARIA CAMILA NARVAEZ VEGA</b>   |
| FACULTAD           | <b>DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>  |
| PLAN DE ESTUDIOS   | <b>DE INGENIERIA AMBIENTAL</b>  |
| DIRECTOR           | <b>ROCIO ANDREA MIRANDA SANGUINO</b>  |
| TÍTULO DE LA TESIS | <b>EVALUACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA LAGUNA DE OXIDACION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE ZAPATOSA CESAR.</b> |

### RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACION TIENE COMO FINALIDAD EVALUAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA LAGUNA DE OXIDACION DEL CORREGIMIENTO DE ZAPATOSA CESAR, DESDE SU COMPOSICION HASTA LA OPERACION Y EFICIENCIA DEL MISMO. PARA ELLO ES IMPORTANTE EXAMINAR EL SISTEMA Y APORTAR UN DIAGNOSTICO DETALLADO DONDE SE DETERMINE LAS PRINCIPALES FALENCIAS Y ASI MISMO CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL CALCULO Y ANALISIS DE LOS RESPECTIVOS PARAMETROS QUE SE ESTABLECEN EN LA NORMA (RESOLUCION 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015), DETERMINANDO LA EFICIENCIA DEL SISTEMA.

### CARACTERÍSTICAS

|              |         |                   |           |
|--------------|---------|-------------------|-----------|
| PÁGINAS: 181 | PLANOS: | ILUSTRACIONES: 47 | CD-ROM: 1 |
|--------------|---------|-------------------|-----------|



EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN  
UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE ZAPATOSA CESAR

AUTORES:

YINETH TORCOROMA ANGARITA QUINTANA

MARÍA CAMILA NARVÁEZ VEGA

Trabajo de grado para Optar el título de Ingeniero Ambiental

Director:

Msc. ROCÍO ANDREA MIRANDA SANGUINO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Noviembre de 2020

## Dedicatoria

Este proyecto va dedicado:

A Dios que me acompaña en cada proceso y es mi mejor guía.

A mis padres, ROBERTO MUÑOZ y MANUELA NARVAEZ por el apoyo que me han brindado y ser el motor que me impulsa a seguir adelante.

A nuestra alma mater por permitirme crecer como profesional

A nuestros docentes por compartir sus conocimientos e inculcarnos ser buenos profesionales.

*MARÍA CAMILA NARVÁEZ VEGA*

## **Dedicatoria**

A Dios como nuestro principal dador de vida y amor para llevar a cabo este proyecto de investigación basado en el medio ambiente natural que refleja su poder.

A mis padres, especialmente mi madre Lucenith Quintana, quien con su gran esfuerzo me ha dado todo de sí y cada día con su ejemplo, palabras de aliento y motivación me han llevado en todos los ámbitos de mi vida a ser una mujer con principios y valores claros.

A mi compañero de vida Cristiam Ortiz, por ser mi apoyo incondicional y mi ejemplo de resiliencia, paciencia y amor.

A mis hermanos Sandrid y Santiago por ser mi fuente de alegría y motivación.

*YINETH TORCOROMA ANGARITA QUINTANA*

## Agradecimientos

Dios, padre amado, tu infinito amor y bondad no tienen fin, me permites la dicha de sonreír ante mis logros que son el resultado de tu ayuda, este trabajo de grado es una bendición en todo el sentido y te agradezco Señor.

A mis padres por su amor, por el apoyo incondicional, por ser los principales promotores de mis sueños; por confiar y creer en mí y en mis expectativas.

A la universidad por abrirme sus puertas y permitirme la oportunidad de evolucionar en mis estudios profesionales, enriqueciéndome de nuevos saberes y darme la oportunidad de conocer excelentes personas que fueron mis compañeros durante todo el proceso universitario.

A nuestra directora Msc. Rocío Andrea Miranda Sanguino quien de forma amable nos compartió sus conocimientos sobre el tema y nos dedicó el tiempo necesario durante todo el proceso.

A todos ellos muchas gracias.

*MARÍA CAMILA NARVÁEZ VEGA*

*YINETH TORCOROMA ANGARITA QUINTANA*

## Índice

|   |          |
|---|----------|
| <b>Capítulo 1. Evaluación del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa, Cesar .....</b> | <b>1</b> |
| 1.1 Planteamiento del problema.....   | 1        |
| 1.2 Formulación del problema .....  | 3        |
| 1.3 Objetivos .....   | 3        |
| 1.3.1 General.....  | 3        |
| 1.3.2 Específicos. ....   | 3        |
| 1.4 Justificación .....   | 4        |
| 1.5 Delimitaciones .....  | 6        |
| 1.5.1 Delimitación Geográfica.....  | 6        |
| 1.5.2 Delimitación Tiempo. ....   | 6        |
| 1.5.3 Delimitación Conceptual. ....   | 6        |
| 1.5.4 Delimitación Operativa.....   | 7        |
| <b>Capítulo 2. Marco referencial.....</b>   | <b>8</b> |
| 2.1 Marco histórico .....   | 8        |
| 2.2. Marco Contextual.....  | 10       |
| 2.2.1. Contexto Ecológico del Área de estudio.....  | 12       |
| 2.2.2. Contexto Socio Ambiental y Económico escenarios de la Investigación.....   | 13       |
| 2.2.3. Población afectada por el Problema de investigación.....   | 14       |
| 2.3. Marco Conceptual .....   | 15       |
| 2.3.1 Conceptos relacionados con aguas residuales.....  | 15       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.2 Características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales. ....  | 17        |
| 2.3.2.1 <i>Parámetros físicos</i> .....  | 18        |
| 2.3.2.2 <i>Parámetros químicos.</i> ....   | 19        |
| 2.3.2.3 <i>Parámetro microbiológico.</i> .....   | 20        |
| 2.3.3 Conceptos relacionados el sistema de disposición y tratamiento de aguas residuales.  | 20        |
| 2.4. Marco Teórico.....  | 21        |
| 2.4.1 Estudios sobre la problemática. ....   | 21        |
| 2.4.2 Efectos del problema. ....   | 22        |
| 2.4.3 Estudios sobre lagunas de oxidación. ....  | 26        |
| 2.5. Marco Legal .....   | 30        |
| <b>Capítulo 3. Diseño metodológico .....</b>   | <b>35</b> |
| 3.1 Tipo de investigación .....  | 35        |
| 3.2 Población.....   | 40        |
| 3.3 Muestra. ....  | 41        |
| 3.3.1. Variables. ....   | 42        |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información .....  | 43        |
| 3.4.1. Fase I. Recolección de la Información.....  | 43        |
| 3.4.1.1. <i>Método para realizar el Diagnóstico.</i> .....   | 46        |
| 3.4.1.2. <i>Evaluación ambiental del sistema de tratamiento.</i> .....   | 47        |
| 3.4.2. Fase II. Métodos y Procedimientos para la toma de muestras, cálculo y análisis de los<br>parámetros Físicoquímico y Microbiológicos. .... | 47        |
| 3.4.2.1. <i>Fechas de muestreo.</i> .....  | 48        |
| 3.4.2.2 <i>Sitios de muestreo.</i> .....   | 49        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4.2.3 Tipos de muestras. ....   | 50        |
| 3.4.2.4 Horas de muestreo. ....   | 50        |
| 3.4.2.5 Identificación de las muestras. ....  | 50        |
| 3.4.2.6 Conservación de las muestras. ....  | 51        |
| 3.4.2.7 Implementos. ....   | 52        |
| 3.4.2.8 Personal encargado del muestreo. ....   | 52        |
| 3.4.2.9 Análisis de laboratorio ....  | 52        |
| 3.4.3 Fase III. Métodos y procedimientos para la realización del aforo. ....  | 55        |
| 3.4.4. Fase IV. Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento. ....  | 57        |
| <b>Capítulo 4. Presentación de Resultados.....</b>  | <b>58</b> |
| 4.1 Diagnosticar el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa, Cesar. .... | 58        |
| 4.1.1. Revisión bibliográfica como guía para la recolección de información.....   | 58        |
| 4.1.2 Generalidades del diagnóstico. ....   | 59        |
| 4.1.3 Definición del nivel de complejidad del sistema. ....   | 59        |
| 4.1.4 Justificación. ....   | 60        |
| 4.1.5 Descripción del problema. ....  | 61        |
| 4.1.6 Saneamiento básico.....   | 63        |
| 4.1.7 Sistemas existentes de recolección y evacuación de aguas residuales. ....   | 63        |
| 4.1.7.1 Entidad responsable de la prestación del servicio. ....   | 63        |
| 4.1.7.2 Alcantarillado. ....  | 63        |
| 4.1.7.3 Operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado. ....   | 64        |
| 4.1.7.4 Componentes del sistema.....  | 64        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.1.7.5 Deficiencias del servicio de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales.....                      | 66         |
| 4.1.7.6 Percepción de la comunidad.....   | 67         |
| 4.1.7.7 Delimitación del perímetro sanitario.....   | 75         |
| 4.1.8 Población.....  | 75         |
| 4.1.8.1 Población actual.....   | 75         |
| 4.1.8.2 Población futura.....   | 76         |
| 4.1.9 Lista de chequeo para análisis de funcionamiento del sistema de tratamiento.....                                    | 76         |
| 4.1.10 Evaluación ambiental del área de influencia de la laguna.....  | 78         |
| 4.2 Calcular los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación..... | 87         |
| 4.2.1 Descripción del área de estudio.....  | 88         |
| 4.2.2 Descripción general de las muestras.....  | 92         |
| 4.2.3 Cuadro comparativo entre los parámetros obtenidos y la resolución.....  | 94         |
| 4.3 Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación.....                                       | 97         |
| <b>Capítulo 5. Conclusiones .....</b>   | <b>134</b> |
| <b>Capítulo 6. Recomendaciones .....</b>  | <b>136</b> |
| <b>Referencias.....</b>   | <b>138</b> |
| <b>Apéndices .....</b>  | <b>145</b> |

## Lista de Tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Coordenadas geográficas de la laguna de oxidación de Zapatosa, Cesar .....  | 11  |
| Tabla 2. Características de los principales compuestos del agua residual .....   | 23  |
| Tabla 3. Impactos en el ambiente por vertimiento de agua residual.....   | 24  |
| Tabla 4. Instrumentos utilizados para la recolección de la información.....  | 45  |
| Tabla 5. Parámetros Físico-Químicos a evaluar .....  | 53  |
| Tabla 6. Parámetros Microbiológicos a evaluar .....  | 54  |
| Tabla 7. Asignación del nivel de complejidad.....  | 60  |
| Tabla 8. Encuesta realizada a la población del Corregimiento de Zapatosa Cesar.....  | 74  |
| Tabla 9. Proyección de la población de Zapatosa Cesar.....   | 77  |
| Tabla 10. Lista de chequeo .....   | 77  |
| Tabla 11. Matriz por componentes y etapas de la Laguna.....  | 79  |
| Tabla 12. Matriz de acuerdo a la metodología de Vicente Conesa.....  | 82  |
| Tabla 13. Georreferenciación sitios de muestreo del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa César. .... | 88  |
| Tabla 14. Preservación y tiempo de almacenamiento de las muestras .....  | 93  |
| Tabla 15. Cuadro comparativo.....  | 95  |
| Tabla 16. Cálculo de la carga contaminante en la entrada del sistema.....  | 98  |
| Tabla 17. Cálculo de la carga contaminante a la salida del sistema de tratamiento .....  | 99  |
| Tabla 18. Resultados para Demanda Bioquímica de Oxígeno. ....  | 101 |
| Tabla 19. Resultados Demanda Química de Oxígeno (DQO).....   | 102 |
| Tabla 20. Resultados para SST .....  | 104 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 21. Resultados para Sólidos sedimentables .....  | 105 |
| Tabla 22. Resultados para Grasas y Aceites .....   | 106 |
| Tabla 23. Resultado para Fosforo Total.....  | 108 |
| Tabla 24. Resultados para Nitrógeno Kjeldahl .....   | 109 |
| Tabla 25. Resultados para Fosfatos. ....   | 110 |
| Tabla 26. Resultados para Nitrógeno Amoniacal. ....  | 111 |
| Tabla 27. Resultados para Nitritos.....  | 112 |
| Tabla 28. Resultados para Color Real.....  | 113 |
| Tabla 29. Resultados de conductividad .....  | 115 |
| Tabla 30. Resultado de Alcalinidad .....   | 116 |
| Tabla 31. Resultados de Dureza total .....   | 118 |
| Tabla 32. Resultados de sulfatos.....  | 119 |
| Tabla 33. Resultados para Cobre .....  | 121 |
| Tabla 34. Resultados para Hierro.....  | 122 |
| Tabla 35. Resultado para E COLI.....   | 124 |
| Tabla 36. Resultados para Coliformes Totales .....   | 125 |
| Tabla 37. Resultados comparados con la Resolución para la entrada de la laguna (colector) ...      | 127 |
| Tabla 38.. Resultados comparados con la Resolución para el punto del vertimiento.....              | 128 |
| Tabla 39. Resultados comparados con la Resolución. Caño caimancito Antes del vertimiento           | 130 |
| Tabla 40. Resultados comparados con la Resolución Caño caimancito después del vertimiento<br>..... | 131 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Ubicación de la laguna de oxidación de Zapatosa, Cesar.....  | 11 |
| <i>Figura 2.</i> Pirámide de Kelsen .....   | 31 |
| <i>Figura 3.</i> Pirámide de Kelsen aplicada al marco normativo que rige a las aguas residuales en Colombia.....  | 32 |
| <i>Figura 4.</i> Esquema fases del diseño metodológico. ....  | 37 |
| <i>Figura 5.</i> Ubicación de la laguna de oxidación y el colector. ....  | 42 |
| <i>Figura 6.</i> Puntos de muestreo. ....   | 49 |
| <i>Figura 7.</i> Rótulo propuesto para la toma de muestras .....  | 51 |
| <i>Figura 8.</i> Fotografía de la laguna de oxidación cubierta por la geo membrana el 20 de abril 2019. ....  | 62 |
| <i>Figura 9.</i> Fotografía de la laguna de oxidación cubierta por la geo membrana el 20 de abril 2019. ....  | 62 |
| <i>Figura 10</i> Fotografía laguna de oxidación cubierta solo en el fondo por la geo membrana. 22 de julio de 2020 .....                                      | 62 |
| <i>Figura 11.</i> Fotografía laguna de oxidación cubierta en poca extensión por la geo membrana. 12 de marzo de 2020 .....                                    | 62 |
| <i>Figura 12.</i> Detalle de planta laguna de oxidación de Zapatosa cesar y detalle de perfil colector de entrada al STAR. Fuente: Autores del proyecto. .... | 65 |
| <i>Figura 13.</i> Detalle de planta laguna de oxidación de Zapatosa cesar y detalle de perfil colector de entrada al STAR. Fuente: Autores del proyecto. .... | 65 |
| <i>Figura 14.</i> Evidencia alcantarillas en mal estado. ....   | 66 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 15</i> Ubicación de la laguna dentro de la Finca .....   | 67 |
| <i>Figura 16.</i> Gráfica sobre el conocimiento que posee los habitantes del corregimiento respecto al concepto de agua residual. Fuente: Autores del proyecto.....                              | 69 |
| <i>Figura 17.</i> Gráfica sobre la población representativa encuestada que conoce y desconoce la contaminación por vertimientos de aguas residuales. Fuente: Autores del proyecto. ....          | 69 |
| <i>Figura 18.</i> Gráfica, población que conoce y desconoce los tipos de ARD Y ARND. Fuente: Autores del proyecto. ....  | 70 |
| <i>Figura 19.</i> Gráfica sobre el conocimiento del tipo de agua residual que se genera en cada vivienda encuestada. Fuente: Autores del proyecto.....   | 70 |
| <i>Figura 20.</i> Gráfica sobre el tipo de instalación sanitaria que utilizan las familias encuestadas. Fuente: Autores del proyecto. ....   | 71 |
| <i>Figura 21.</i> Gráfica sobre el funcionamiento del sistema de alcantarillado según percepción de la comunidad. Fuente: Autores del proyecto. ....   | 71 |
| <i>Figura 22.</i> Gráfica sobre el conocimiento del sistema de tratamiento del corregimiento. Fuente: Autores del proyecto. ....   | 72 |
| <i>Figura 23.</i> Gráfica conocimiento según la población del vertimiento de las aguas residuales después del tratamiento. Fuente: Autores del proyecto. ....                                    | 72 |
| <i>Figura 24.</i> Gráfica sobre la satisfacción por parte de la población encuestada respecto al tratamiento a las aguas residuales y el compromiso institucional. Fuente: Autores del proyecto. | 73 |
| <i>Figura 25.</i> Criterios de evaluación para la metodología de Vicente Conesa.....   | 84 |
| <i>Figura 26.</i> criterios de evaluación para la metodología de Vicente Conesa. ....  | 85 |
| <i>Figura 28</i> Entrada de las aguas residuales al sistema de tratamiento. (colector) .....   | 90 |
| <i>Figura 27</i> Entrada de las aguas residuales al sistema de tratamiento. (colector) .....   | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 29</i> Cámaras de entrada agua residual a la laguna de oxidación.....   | 90  |
| <i>Figura 30</i> Cámara de entrada agua residual a la laguna de oxidación. ....   | 90  |
| <i>Figura 31.</i> Punto vertimiento (salida del sistema).....   | 91  |
| <i>Figura 32.</i> Zona de mezcla Caño Caimancito .....  | 91  |
| <i>Figura 33.</i> Resultados obtenidos para DBO5. En la gráfica se observan los porcentajes de remoción. ....                           | 102 |
| <i>Figura 34.</i> Resultados obtenidos para DQO. En la gráfica se observa el porcentaje de remoción. ....                               | 103 |
| <i>Figura 35.</i> La gráfica muestra el porcentaje de remoción para los SST.....  | 105 |
| <i>Figura 36.</i> Resultados para SSED antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....          | 106 |
| <i>Figura 37.</i> Resultados para Fosfatos antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....      | 110 |
| <i>Figura 38.</i> Resultados para Nitritos antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....      | 113 |
| <i>Figura 39.</i> Resultados para Color Real antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....    | 114 |
| <i>Figura 40.</i> Resultados para Conductividad antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida..... | 115 |
| <i>Figura 41.</i> Resultados para Alcalinidad antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....   | 117 |
| <i>Figura 42.</i> Resultados para Dureza total antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....  | 118 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 43.</i> Resultados para Sulfatos antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....            | 120 |
| <i>Figura 44.</i> Resultados para Cobre antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....               | 121 |
| <i>Figura 45.</i> Resultados para Hierro antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....              | 123 |
| <i>Figura 46.</i> Resultados para E Coli antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida.....              | 124 |
| <i>Figura 47.</i> Resultados para coliformes totales antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida ..... | 126 |

## Lista de Apéndices

|   |     |
|---|-----|
| Apéndice A. Visita al sistema de tratamiento de aguas residuales corregimiento Zapatosa Cesar.<br>.....         | 146 |
| Apéndice B. Visita al sistema de tratamiento de aguas residuales (Laguna de oxidación)<br>Zapatosa, Cesar. .... | 147 |
| Apéndice C. Visita punto de vertimiento de la laguna de oxidación.....  | 148 |
| Apéndice D. Visita al puesto de salud del corregimiento. ....   | 149 |
| Apéndice E. Encuesta realizada a la población. ....   | 150 |
| Apéndice F. Visita al dueño del predio donde se encuentra ubicada la laguna de oxidación. ...                   | 151 |
| Apéndice G. Jornada de muestreo. ....   | 152 |
| Apéndice H. Toma de muestras físico- químicas y microbiológicas.....  | 154 |
| Apéndice I. Toma de muestras.....   | 155 |
| Apéndice J. Oficios enviados a los entes responsables.....  | 156 |
| Apéndice K. Documento resultados de laboratorio Universidad Pontificia Bolivariana .....                        | 157 |
| Apéndice L. Resultados dados por Laboratorio Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.<br>.....           | 159 |

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa Cesar, desde su composición hasta la operación y eficiencia del mismo. Para ello es importante examinar el sistema y aportar un diagnóstico detallado donde se determine las principales falencias y así mismo caracterizar las aguas residuales mediante el cálculo y análisis de los respectivos parámetros que se establecen en la norma (Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015), determinando la eficiencia del sistema y formulando las respectivas recomendaciones.

Para llevar a cabo con el objetivo de la investigación, es necesario seguir un diseño estructurado basado en los fundamentos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) específicamente en su Título D y la Resolución antes mencionada, donde se destaca como eje primordial el estudio de las aguas residuales de tipo doméstico generadas por la población del corregimiento.

Los resultados arrojados evidencian que existe una ineficiencia en el sistema de tratamiento de las aguas residuales del corregimiento ya que no cumple en su totalidad con la remoción de las cargas contaminantes con las que entra el agua residual al sistema de tratamiento, por lo cual se formulan recomendaciones que se deben adoptar para brindar una mejora al sistema.

## Introducción

El resultado de los comportamientos y las actividades del hombre, diariamente han repercutido en gran manera en la calidad del recurso hídrico presentando a través del tiempo un deterioro grave con significantes consecuencias ambientales y de salubridad, a todo esto, se le suma el crecimiento poblacional que sugiere mayor demanda del recurso hídrico.

Es de suma importancia establecer una gestión integral del recurso donde la interacción de los factores económicos, sociales, culturales y por supuesto naturales, mantengan un equilibrio que permita llegar a obtener un desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta las repercusiones de gran calado que representa el hecho de hacer vertimientos directos o indirectos de aguas residuales se ha despertado un interés por la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como el monitoreo de las mismas, para garantizar la descontaminación y calidad del recurso hídrico.

El presente proyecto trata del estudio y la evaluación de la eficiencia de una laguna de oxidación, desarrollada con el fin de dar un punto de vista sobre el funcionamiento actual de la misma y de este modo llegar a una serie de conclusiones para encontrar una solución a los posibles problemas que actualmente esté presentando y que impiden un óptimo funcionamiento de sus procesos para cumplir con el tratamiento y con las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada.

Para la ejecución del proyecto se realizó un diagnóstico del sistema de tratamiento y posteriormente tomas de muestras de acuerdo al Instructivo Para La Toma De Muestras De Aguas Residuales propuesto por el IDEAM tanto en la entrada como en la salida de la laguna, muestras que fueron llevadas al laboratorio para hacer el respectivo estudio y determinar los parámetros físico químicos y microbiológicos y con ello establecer porcentaje de remoción de cada uno; luego se compararon los resultados con el artículo 8 de la resolución 0631 del 2015 para establecer el nivel eficiencia del sistema de tratamiento.

# **Capítulo 1. Evaluación del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa, Cesar**

## **1.1 Planteamiento del problema**

La contaminación de un cuerpo de agua depende del tamaño y calidad del vertimiento, así como del tamaño de la fuente y su capacidad de asimilación. Los cuerpos hídricos del país 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 general todos estos vertimientos ponen en riesgo la salud de los habitantes, dificultan la recuperación de las fuentes, disminuyen la productividad y aumentan los costos de tratamiento del recurso hídrico (CONPES 3177, 2002).

La contaminación de las corrientes de agua y las diferentes fuentes de abastecimiento del recurso hídrico a nivel nacional como consecuencia de las aguas residuales municipales es una problemática que se ha venido intensificado durante los últimos años, debido al desarrollo socioeconómico del país. Razón por la cual el gobierno nacional ha realizado inversiones de enormes recursos económicos encaminados a un desarrollo que vincule lo socioeconómico con lo ambiental, en los cuales se han hecho participes los entes territoriales con los municipios generando conciencia del cuidado y sostenimiento de los recursos naturales, en especial del agua, pues se estima que el 33% de los municipios realizan tratamiento de sus aguas residuales, sin tener en cuenta que en los reportes no hay señales que indiquen una eficiencia aceptable o una operación óptima de la gran mayoría de estas plantas (Gene, J, 2013).

Para el 2017 se registraron 2.567 prestadores urbanos y rurales en los 1.102 municipios, de servicio de acueducto y alcantarillado con información de sus características básicas a nivel institucional y empresarial. Es necesario tener en consideración que, dadas las condiciones de la política de descentralización administrativa, al igual que otros sectores económicos y sociales del país, en la medida que disminuye la poblacional de los municipios, la cantidad de información, mecanismos de procesamiento de datos y certidumbre en la medición de estos, disminuye en la misma medida. La disposición de aguas residuales domésticas para la zona rural o centros con población dispersa, su infraestructura no se formaliza mediante la evacuación regular del sistema de alcantarillado por ductos o tuberías, consecuente con las definiciones de la Ley 142 de 1994. Este tipo de viviendas o predios recurren a pozos sépticos o letrinas, soluciones individuales para la disposición final de aguas residuales, por lo cual no se habla de una conexión directa al servicio de alcantarillado antes referido, lo cual se toma en consideración como un servicio que no se encuentra enmarcado dentro de la regulación económica vigente (Parra, A, Martin, D, Rojas, J, Puerto, C, Villalba, N, 2018).

La localización de asentamiento humanos en zonas rurales ambientalmente frágiles, sin la planeación de infraestructura de servicio y saneamiento básico, ocasionan un fuerte impacto a los ecosistemas, en este caso a una parte del complejo cenagoso de la Zapatosa, ya que está siendo utilizada como vía de evacuación de la aguas residuales domésticas y aguas residuales de la actividad agropecuaria del corregimiento de Zapatosa César, así mismo la falta de planeación en cuanto al crecimiento del corregimiento ocasionan un grave problema de contaminación por la utilización de los pozos sépticos, estos problemas de contaminación ambiental se concentran principalmente por los depósitos de sedimentos, materia orgánica, metales pesado y otros

elementos con alta toxicidad que proviene de los desechos de las actividades de los seres humanos, los cuales provocan cambios en las características físico-químicas propias del agua, suelo y el deterioro de la flora y fauna propia del sector (Santos D, 2008)

## **1.2 Formulación del problema**

¿El sistema de tratamiento de la laguna de oxidación que vierte sus aguas directamente al caño “Caimancito” ubicado en el corregimiento de Zapatosa César, ¿es eficiente al remover la carga contaminante que contiene el agua residual proveniente de los habitantes de esta población?

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1 General.** Evaluar el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el Corregimiento de Zapatosa Cesar.

**1.3.2 Específicos.** Diagnosticar el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa, Cesar.

Calcular los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación

Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación.

## 1.4 Justificación

Zapatoosa es un corregimiento que hace parte de la jurisdicción de Tamalameque, Cesar y lleva el nombre del complejo cenagoso de agua dulce más grande de Colombia, ciénaga de la Zapatoosa que hoy se encuentra como humedal Ramsar (El espectador, 2018). En este corregimiento se observan muchas problemáticas ambientales que afectan directamente a los habitantes y al complejo cenagoso, una de ellas es la disposición de aguas residuales que son generadas en las actividades domésticas. Se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario que muestra muchas falencias en su funcionamiento, porque algunas de las alcantarillas llegan hasta su tope máximo lo que provoca que toda el agua residual contenida en ella busque la forma de evacuar causando molestias en la comunidad ya que en contadas ocasiones se han evidenciado calles “bañadas” con estas aguas putrefactas que van escurriendo y algunas llegan de forma directa a la ciénaga; esto puede darse por la falta de limpieza e inspección al sistema lo que hace que las materias que se encontraban en suspensión se sedimenten y se adhieran a las paredes de los conductos, causando taponamiento en él (Villalobos, F, Molina V, Hernández, V, Esteves, E, Ramos, L y Bolívar, G, 2012).

Dentro de la información que se encuentra documentada en el plan de desarrollo del municipio de Tamalameque (2016-2019) el corregimiento de Zapatoosa cuenta con un sistema de alcantarillado que cubre alrededor del 90% de la población. Cabe aclarar que en el corregimiento algunas casas no se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado y que en su lugar utilizan pozos sépticos convirtiéndose estos en una latente amenaza de salubridad dentro de los habitantes, ya que dentro del corregimiento se han registrado casos de enfermedades digestivas en especial se han incrementado los casos de cáncer de estómago siendo este el causal del 60%

de las muertes dentro de la población a raíz de que no existe un sistema de tratamiento de agua potable que ayude a amortiguar el impacto en la salud de los mismos; solo se cuenta con un tanque elevado que por medio de un sistema básico de acueducto suministra el preciado líquido al menos al 98% de la población (EOT, ), demostrando así la intermitencia en la prestación del servicio y mientras tanto la población se abastece de pozos subterráneos de agua dulce, que en algunos casos se encuentran a menos de 10 metros de los pozos sépticos en algunas viviendas lo que lleva a ocasionar probablemente contaminación por infiltración de estas aguas residuales.

En el corregimiento se encuentra una laguna de oxidación que vierte sus aguas directamente al caño de caimancito, esta corriente de agua desemboca en la ciénaga de Alfaro que hace parte del complejo cenagoso de la Zapatosa, el mencionado cuerpo de agua hace un recorrido aproximado de 1.45km desde el punto de vertimiento hasta su desembocadura; dentro del contexto contemplado alrededor del mismo se puede observar que además de ser utilizado como punto receptor de vertimiento de la laguna de oxidación también es receptor de residuos provenientes de fincas y casa aledañas, tales como agroquímicos, aguas no tratadas, residuos sólidos, entre otros evidenciando una falta de educación ambiental en los pobladores.

La laguna de oxidación no cuenta con la información técnica pertinente que permita tener claridad sobre su operación, funcionamiento y mantenimiento, de la misma manera dentro del estudio sobre la caracterización e impactos ambientales por vertimientos realizado por CORPOCÉSAR (Corporación Autónoma Regional del César, 2011), tampoco se evidencia información sobre la caracterización de vertimientos en Zapatosa.

Ante este tipo de problemática, se demuestra la importancia que cobra el perfil del ingeniero ambiental, el cual a través de sus aportes significativos basados en el conocimiento científico se logrará el desarrollo tecnológico para brindar la solución acertada que desencadenará esta investigación, por ello se realizará la respectiva evaluación del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación por medio de un estudio detallado incluyendo el diagnóstico y cálculo de los parámetros físico químicos y microbiológicos necesarios, los cuales permitan evaluar su eficiencia y así generar una información clara y veraz sobre el estado actual, eficiencia y calidad del agua que se vierte directamente al ecosistema, lo que posibilitará aportar las recomendaciones técnicas sostenibles pertinentes que contribuyan a mejorar su funcionamiento ante las autoridades competentes.

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 Delimitación Geográfica.** La investigación se desarrollará en la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa, César con coordenadas  $9^{\circ} 0'52.91''N$  y  $73^{\circ}45'36.93''W$ .

**1.5.2 Delimitación Tiempo.** El proyecto se pretende desarrollar desde marzo del 2020 a julio del 2020.

**1.5.3 Delimitación Conceptual.** Este proyecto se desarrollará teniendo en cuenta los siguientes términos: aguas residuales, laguna de oxidación, recomendaciones sostenibles, impactos, social, ambiental.

**1.5.4 Delimitación Operativa.** Para la realización de esta investigación, en el análisis de los impactos ambientales y sociales generados por el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa, César, con el fin de generar recomendaciones técnicas sostenibles para su funcionamiento, 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

El agua no sólo es parte esencial de nuestra propia naturaleza física y la de los demás seres vivos, sino que también contribuye al bienestar general en todas las actividades humanas, este recurso es tan necesario que se utiliza mayormente como elemento indispensable en la dieta de todo ser vivo; el agua que procede de fuentes superficiales, es objeto día a día de una severa contaminación, producto de las actividades del hombre; quien agrega sustancias ajenas a su composición, modificando la calidad de ésta. Esta contaminación ha adquirido importancia debido al aumento de la población y al incremento de los agentes contaminantes que el propio hombre ha creado (Rondón J, 2012).

La situación a causa de la contaminación hídrica se ha ido agravando hasta el punto que en el mundo hay mil cien millones de personas que no tienen acceso al agua potable y dos mil 600 millones que carecen de saneamiento básico. La Organización de las Naciones Unidas reconoció que estas carencias se han convertido en limitaciones muy graves para lograr mejoras en la calidad de vida y en un obstáculo poderoso en la lucha contra la pobreza, la enfermedad y el subdesarrollo. Satisfacerlas supone cambios radicales en nuestra relación con el agua y en la forma que la usamos y por consiguiente requiere un esfuerzo colectivo muy importante (Guhl N, 2013a).

La imparable tendencia a la urbanización y la concentración de la población en mega ciudades con habitantes uniformes y consumistas, es otro de los enemigos principales del manejo sostenible del agua. Se estima que entre 1990 y 2000 la población mundial aumentó un 15 por ciento, en 1990, el 43,5 por ciento de la población mundial era urbana; mantenerlas no solamente implica caudales enormes que superan ampliamente la oferta natural, sino que también alteran los patrones naturales de flujo e intervienen masivamente en los ecosistemas, o tener que recurrir a acuíferos cada vez más profundos, causan severos impactos ambientales. Las mega ciudades generan caudales de aguas residuales concentrados y de gran magnitud, que atentan contra la calidad y supervivencia de los cursos y obligan a realizar grandes inversiones para tratarlos adecuadamente (Guhl N, 2013b).

Colombia por su ubicación, cercana al Ecuador y a los dos grandes océanos y al fuerte relieve, es una región húmeda con una precipitación que es el triple del promedio en el mundo y el doble de la de América Latina y que cuenta todavía con una importante extensión de bosques naturales. La disponibilidad por habitante llega a niveles que la ubican muy por encima del promedio mundial. Mientras en el mundo el promedio anual per cápita está alrededor de 6.500 metros cúbicos, en Colombia ronda los 28.000 metros cúbicos (Guhl N, 2013c).

A pesar de tanta riqueza; la principal problemática del agua en Colombia es, por tanto, un asunto de calidad antes que de cantidad y la principal contaminación proviene de los patógenos y nutrientes generados por la población urbana y el sector agrícola, antes que de los vertimientos industriales y este problema se agudiza ya que solo el 48.2% de los municipios del país 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).

En el corregimiento de Zapatosa Cesar, jurisdicción del municipio de Tamalameque existe un problema socioambiental derivado de las aguas residuales que son producidas dentro del contexto económico, social y cultural del mismo, que aunque existiendo un sistema de alcantarillado este registra fallas en su funcionamiento debido al colapso que presenta por el manejo inadecuado que la población en general le da y la falta de mantenimiento por parte de las entidades encargadas, el sistema conduce sus aguas hasta una laguna de oxidación, que de acuerdo a la hipótesis planteada no cumple con su función de remoción de la carga contaminante que llevan las aguas vertiéndolas sin tratamiento al cuerpo de agua receptor “el caño de caimancito” evidenciando de este modo impacto ambientales y sociales que son generados producto de esto.

## **2.2. Marco Contextual**

La investigación planteada en este documento se realiza en el marco de investigación académica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Se trata de un trabajo de grado adscrito a la línea de investigación asuntos ambientales y urbanos del programa de ingeniería ambiental, a su vez, anexa a la facultad de ciencias Agrarias y del ambiente. Esta investigación se llevará a cabo en el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa, Cesar. La información se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1

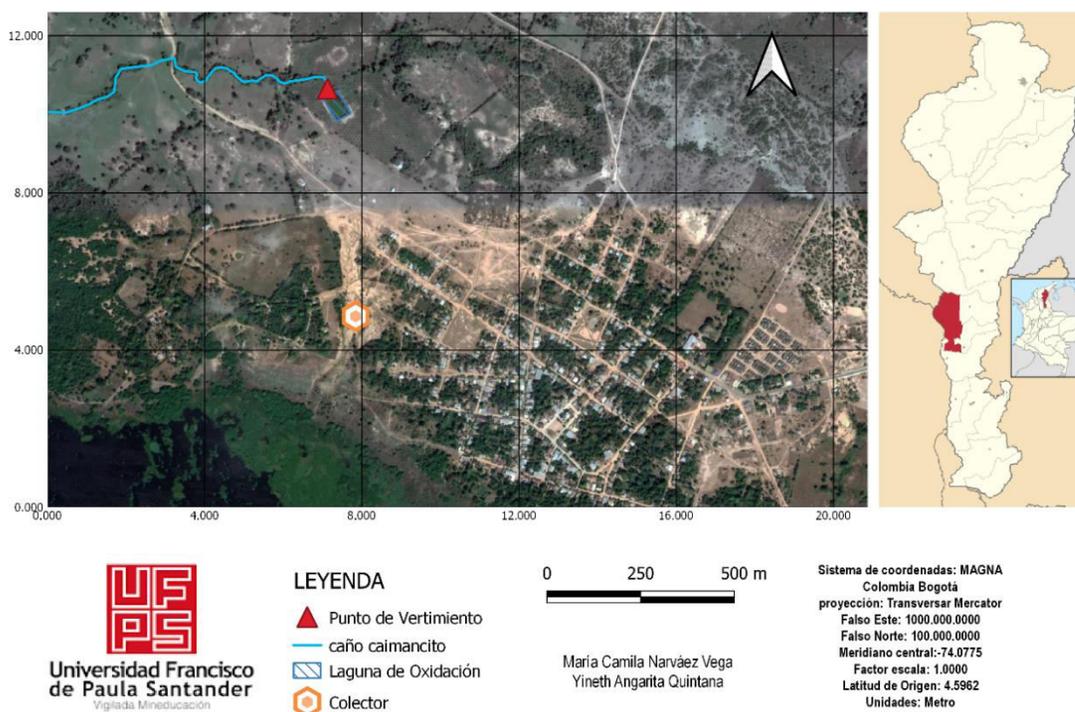
*Coordenadas geográficas de la laguna de oxidación de Zapatos, Cesar*

| X            | Y             |
|--------------|---------------|
| 9° 0'53.02"N | 73°45'36.82"O |
| 9° 0'53.72"N | 73°45'35.77"O |
| 9° 0'52.09"N | 73°45'34.80"O |
| 9° 0'51.37"N | 73°45'35.78"O |

*Nota.* La tabla No. 1 muestra las coordenadas geográficas de la laguna ubicada en el corregimiento de Zapatos, Cesar. Fuente: autores (2019)

Esta laguna de oxidación cuenta con un área aproximada de 60 metros de largo por 40 metros de ancho por 2.5 metro profundidad. La ubicación y respectiva zonificación de la laguna de oxidación se observa en la Figura 1.

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO



*Figura 1.* Ubicación de la laguna de oxidación de Zapatos, Cesar.

Fuente: Autores (2019)

**2.2.1. Contexto Ecológico del Área de estudio.** El Área de influencia directa de esta investigación está enmarcada en las jurisdicciones territoriales del corregimiento de Zapatosa, Cesar, siendo este parte de la división administrativa del Municipio de Tamalameque ubicado en la parte centro occidental del Departamento del Cesar, a una elevación aproximada de 50 msnm a 1501 msnm respectivamente, con una temperatura promedio de 29°C (Gobernación del Cesar, s.f).

Este corregimiento es bañado por las aguas del complejo cenagoso de la ciénaga de su mismo nombre, cabe aclarar que, dentro del régimen hidrológico de la cuenca del Magdalena, el régimen de lluvias del complejo cenagoso de Zapatosa es de tipo bimodal. Al respecto es necesario decir que fenómenos exógenos como el cambio climático afectan el ciclo de las lluvias en toda la cuenca del río Magdalena y esto, a su vez, acentúa los períodos de inundaciones y sequías en la ciénaga de Zapatosa. Las precipitaciones oscilan entre 1.600 y 2.000 mm anuales. La mayor pluviosidad se observó entre los meses de agosto y noviembre, siendo octubre el mes más lluvioso. Se presenta un segundo período lluvioso entre abril y junio. El período seco más intenso se presenta entre diciembre y marzo. Enero se convierte en el mes más seco del año y un segundo período seco se reduce al mes de julio. En época de creciente el flujo de agua corre en dirección río-ciénaga, mientras durante el estiaje las aguas de la ciénaga escurren hacia el río. La zona presenta un clima cálido y seco, ya que es una zona de inundación, presenta una altura mínima y las lluvias se concentran en el mes de abril a mayo, y en octubre a noviembre. Además, es la Ciénaga con mayor diversidad de mamíferos con cerca de 30 especies en el Cesar. (Jurado, Paola & Motta, 2014).

**2.2.2. Contexto Socio Ambiental y Económico escenarios de la Investigación.** El corregimiento de Zapatosa, en los últimos años ha experimentado un proceso acelerado de crecimiento en el número de sus habitantes. Considerando los afanes por parte del hombre de mejoras en su calidad de vida, la utilización de los territorios de forma insostenible tanto para el cultivo como para cría de todo tipo de animales domésticos y ganado, permiten que se dé una presión sobre el sistema natural que proporciona los servicios ecosistémicos al corregimiento, generando de esta manera: tala, caza y pesca indiscriminada, destrucción de los manglares y el ecosistema en general, con su efecto inmediato, el desplazamiento de especies vegetales y animales.

Zapatosa, Cesar depende en gran medida de los servicios ecosistémicos que brinda la ciénaga, ya que su economía se basa en la caza, pesca, siembra de cultivos como la palma africana, el arroz, el maíz, la yuca entre otros la cual es convencional o migratoria, sustentada en malas prácticas agrícolas, sin valorar los impactos ambientales generados al recurso Hídrico a través de los escurrimientos agrícolas que llegan por gravedad o por infiltración y la ganadería extensiva, donde la forma de sustentar a estos animales es llevarlos a las orillas de la ciénaga para que pasten allí.

Tal vez, desde una perspectiva sanitaria, el aspecto más relevante al contexto de investigación sea la ciénaga ya que de forma directa o indirecta porque a ella llegan todas las descargas de aguas residuales domésticas sin previo tratamiento generadas por las diferentes comunidades y veredas aledañas a ella. Tales procesos de contaminación suponen cambios físico-Químicos y desestabiliza la dinámica natural del cuerpo hídrico al poner en prueba su

capacidad de autodepuración. De acuerdo a lo anterior, en la medida que se pierden atributos de calidad del recurso, se generan riesgos sanitarios y ocupacionales que puede terminar en incremento de costos de potabilización, fugas esporádicas de aguas mal potabilizadas que aún lejos de ser persistentes como para ocasionar epidemias públicas, pero posibles de generar brotes aislados de enfermedades subsecuentes (Hernández & Ramírez, 2017).

**2.2.3. Población afectada por el Problema de investigación.** Las aguas residuales que son tratadas por este sistema son las vertidas por las viviendas que se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado que es aproximadamente el 90% de la población del corregimiento y respectivamente son objeto de análisis del presente proyecto, antes y después de ser vertidas, para determinar con qué características físico-químicas y microbiológicas entran y salen y de esta manera compararlo con los valores máximos permisibles por la normatividad vigente y esto permitirá a su vez determinar el nivel de eficiencia que tiene este sistema de tratamiento.

El sistema de tratamiento de la laguna de oxidación se encuentra dentro de predios privados que fueron comprado por el municipio de Tamalameque para la respectiva implementación del tratamiento de las aguas residuales generadas por el corregimiento de Zapatosa, Cesar, cabe señalar que el sistema de tratamiento está rodeado de cultivos de palma africana y a su vez dueños de fincas limítrofes poseen pozos perforados en sus viviendas, utilizando estas aguas para riego de cultivos, quehaceres del hogar y abastecimiento animal.

La problemática ambiental por aguas residuales en el corregimiento es cada vez más crítica, puesto que el sistema de alcantarillado tiene declives en su funcionamiento por el uso inadecuado que la comunidad le da al mismo, en la mayoría de los casos las alcantarillas llegan al tope y sus aguas bañan calles o llegan directamente a los cuerpos de agua y/o a la ciénaga, produciendo de esta forma contaminación de los cuerpos hídricos, del suelo y un deterioro en el paisaje; de igual forma se presentan problemas de salubridad dentro de la comunidad por la falta de tratamiento de agua para el consumo humano y en el puesto de salud del corregimiento se reportan casos relacionados con infecciones gastrointestinales.

De acuerdo a lo anterior este proyecto se convierte en una alternativa para el análisis de la contaminación físico – química y microbiológica de las aguas que entran y salen del sistema de tratamiento, analizando de igual forma sus impactos ambientales y sociales dentro del entorno; con la información recolectada se podrá formular las recomendaciones técnicas sostenibles a la autoridad ambiental competente para el adecuado funcionamiento de la laguna de oxidación.

## **2.3. Marco Conceptual**

**2.3.1 Conceptos relacionados con aguas residuales.** Ya que el problema central a solucionar con este proyecto es la evaluación del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa Cesar.

Contaminación del agua. De acuerdo al decreto 475 de 1998 es la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas del agua, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden llegar a producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

Aguas grises. Son aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos (Vélez Y & Sánchez G, 2016a).

Aguas negras. Se dice que es esencialmente el agua 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 residuos líquidos provenientes de las actividades domiciliarias, instituciones públicas, industriales y comerciales (Vélez Y & Sánchez G, 2016b).

Aguas residuales. según Salmerón L, 2013a se pueden definir como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias y pueden dividirse en las siguientes categorías:

**Aguas residuales Domésticas:** son las utilizadas con fines higiénicos como en baños, cocinas, lavanderías, etc. Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Aguas residuales Industriales. son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

Aguas residuales por Infiltración y caudal adicionales. Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc.

Aguas residuales Pluviales. Es el agua lluvia, que descarga grandes cantidades sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otro escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Aguas residuales municipales. Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000a)

**2.3.2 Características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales.** Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos; esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua (Salmerón L, 2013b). Es por esto que se hace importante determinar sus características físico-químicas y microbiológicas que son los parámetros que nos permiten

determinar en qué condiciones entran y salen las aguas residuales del sistema de tratamiento.

Según Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010)

**2.3.2.1 Parámetros físicos.** Temperatura. La temperatura del agua residual es mayor que la temperatura de agua para abastecimiento, como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Este parámetro es importante en el tratamiento de aguas residuales ya que muchos procesos biológicos dependen de la temperatura; convirtiéndose en una determinante para el desarrollo de la actividad bacteriana, cuyo rango óptimo se encuentra entre 25 °C a 35 °C; esta se debe determinar en el lugar de muestreo mediante termómetros.

Olor. La determinación del olor es un aspecto muy importante en plantas de tratamiento de aguas residuales, especialmente cuando dichas instalaciones se encuentran cerca de centros poblados.; el olor de un agua residual fresca y bien tratada es inofensivo, razonablemente soportable, similar al del moho. Pero cuando el proceso de degradación de contaminantes se realiza en condiciones anaerobias (en ausencia de oxígeno), existe una amplia gama de olores desagradables que son liberados. Los olores pueden medirse con métodos sensoriales, mientras que las concentraciones de olores específico pueden determinarse con métodos instrumentales.

Turbidez. Es una medida de la pérdida de su transparencia, ocasionada por el material particulado o en suspensión que arrastra la corriente de agua, dicho material puede consistir en arcillas, limos, algas, etcétera, que se mantienen en suspensión debido a la fuerza de arrastre de

la corriente o a su naturaleza coloidal, el material coloidal impide la transmisión de la luz ya que la absorbe o dispersa, a menor tamaño de las partículas se tendrá mayor turbidez del agua.

**Color.** En las aguas residuales el color es causado por los sólidos en suspensión, material coloidal y sustancias en solución; este puede ser usado para estimar la condición general del agua residual.

**Sólidos totales.** son la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a una temperatura entre 103 °C y 105 °C hasta que se evaporé, los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras, el análisis de este parámetro permite tener el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento.

**2.3.2.2 Parámetros químicos.** pH. indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se utiliza esta notación como medida de la naturaleza ácida o alcalina de una solución acuosa. Muchas propiedades de las sustancias químicas dependen de la concentración del ion hidrógeno en solución (pH). En las aguas residuales urbanas, el pH se encuentra entre 6,5 y 8,5. En un vertido con pH ácido, se disuelven los metales pesados; a su vez, el pH alcalino ocasiona que los metales precipiten.

**Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO5).** Este parámetro se aplica a las aguas residuales y este hace referencia a la cantidad de oxígeno consumido (durante 5 días en

oscuridad y a una temperatura de 20 °C), para oxidar la materia orgánica presente en el agua por medio de procesos aerobios (biodegradación).

Demanda química de oxígeno (DQO). La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente, la materia orgánica degradable y biodegradable en un periodo de tres horas; se trata de un ensayo empleado para medir el contenido de materia orgánica de una muestra de agua residual bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

**2.3.2.3 Parámetro microbiológico.** Coliformes. Son bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Cada persona evacúa alrededor de 100.000 a 400.000 millones de coliformes por gramo de heces. Durante varios años y en la actualidad, se considera a los coliformes fecales como organismos indicadores de bacterias patógenas.

**2.3.3 Conceptos relacionados el sistema de disposición y tratamiento de aguas residuales.** Alcantarillado. De acuerdo a la resolución 1096 de 2000 es el conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias.

Alcantarillado de aguas residuales. De acuerdo a la resolución 1096 de 2000 es el sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas o industriales.

Lagunas de oxidación o de estabilización. El tratamiento por lagunas de estabilización puede ser aplicable en los casos en los cuales la biomasa de algas y los nutrientes que se descargan en el efluente puedan ser asimilados sin problema por el cuerpo receptor. En caso de que las algas descargadas al cuerpo receptor no pueden sobrevivir en él, generando una demanda de oxígeno adicional, que impida cumplir con los objetivos de calidad estipulados, debe incluirse en el proyecto la remoción de éstas en el efluente final antes de ser descargado según Zapata, Hernández & Oliveros (S.f).

## **2.4. Marco Teórico**

**2.4.1 Estudios sobre la problemática.** Durante la última década, el planeta tierra se ha visto afectado en gran manera por el crecimiento poblacional el cual se ha agudizado ocasionando diversos impactos ambientales y sociales a nivel mundial.

Al existir mayor número de personas en todo el mundo la demanda hacia el recurso hídrico aumenta lo que genera también grandes volúmenes de residuos líquidos por parte las comunidades al momento de suplir sus respectivas necesidades. Las plantas de tratamiento de aguas residuales y la implementación de lagunas de estabilización o también llamadas de oxidación, son un importante aporte para tratar estas aguas, el problema radica en que actualmente según los estudios de la Asociación Colombiana de Ingeniería (Acodal), solo el 31 por ciento de las ciudades colombianas cuenta con sistemas de tratamiento.

“El 29 por ciento de los sistemas existentes es de tipo primario (remoción de sólidos gruesos, sedimentables, arenas, grasas) y no se conoce la eficiencia de los mismos”, señala Maryluz Mejía de Pumarejo, presidente ejecutiva de Acodal. (Acuatecnica S.A.S, 2017).

Algunos factores que han aportado a obstaculizar el funcionamiento de los sistemas de tratamiento son en gran medida la falta de gestión adecuada con respecto a la inversión en proyectos en pro del medio ambiente, los cuales podrían aportar en gran medida en infraestructuras y estudios, este primero aportando a la descontaminación de las aguas y en segundo lugar evaluando la eficiencia de aquellos sistemas que ya se encuentran en funcionamiento.

Según estadísticas, los municipios de Colombia no cuentan en su totalidad con sistemas de tratamiento eficiente para tratar sus aguas residuales, aumentando así la contaminación de las fuentes hídricas, tal es el caso del municipio de Tamalameque César específicamente en su corregimiento llamado Zapatosa César, donde existe una laguna de oxidación para el tratamiento de las aguas residuales generadas por los habitantes del mismo, este sistema fue creado pero no cuenta con los respectivos estudios de evaluación y eficiencia de la misma.

**2.4.2 Efectos del problema.** El agua es considerada como uno de los principales “motores” que hacen posible la vida en el planeta, que posibilita el intercambio de muchos componentes y es indispensable para el desarrollo de los seres vivos es por ello que hoy se hace de gran importancia conservar las zonas donde se encuentra disponible el preciado líquido y buscar la forma de hacer gestiones para su manejo.

El acceso al agua sus con garantías sanitarias es un tema crucial en salud pública mundial. La garantía sanitaria y la aptitud para el consumo implican que el agua está libre de cualquier contaminante perjudicial para la salud, y hacen necesaria una protección legal desde el punto de captación del recurso hasta que el agua es suministrada a los consumidores. La Organización Mundial de la Salud (OMS) publica periódicamente las guías de calidad del agua de consumo con valores guía para diversas sustancias con el objetivo de proteger la salud de la población. (Gaceta S, 2016).

Según (Paillard; et al: 2005), citado por Sandoval (2008) en Colombia el manejo inadecuado o inexistente de saneamiento de las aguas causa más de dos millones de muertes anuales sobre todo en niños menores de 5 años.

Un ineficiente tratamiento a estas aguas residuales genera diversos impactos ambientales y sociales, debido a la carga contaminante que estas aguas contienen, a continuación, se describe en la Tabla 2 según Metcalf y Eddy (2003) las características de los principales compuestos del agua residual:

Tabla 2

*Características de los principales compuestos del agua residual*

| <b><i>Contaminantes</i></b>           | <b><i>Características/Efectos</i></b>  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Sólidos suspendidos</b>            | Pueden dar lugar a depósitos de loso y por lo tanto condiciones anaerobias cuando el agua residual sin tratar se descarga en un ambiente acuático.                                 |
| <b>Materia orgánica biodegradable</b> | Proteínas, carbohidratos y grasas. Se miden en términos de DBO y DQO. Su estabilización biológica da lugar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas. |
| <b>Patógenos</b>                      | Transmisión de enfermedades.   |

Continuación Tabla 2

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Nutrientes</b>                    | El nitrógeno y fósforo son nutrientes esenciales para el crecimiento, cuando se descargan a un ambiente acuático, pueden dar origen al crecimiento excesivo de algas (eutrofización del cuerpo receptor). |
| <b>Material orgánico refractario</b> | Compuestos orgánicos que tienden a resistir métodos convencionales de tratamiento de agua, por ejemplo, surfactantes, fenoles y pesticidas agrícolas.   |
| <b>Contaminantes peligrosos</b>      | Compuestos orgánicos e inorgánicos conocidos por sus características de carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o alta toxicidad.  |
| <b>Metales pesados</b>               | Provenientes de actividades industriales y comerciales. As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.   |
| <b>Sólidos inorgánicos disueltos</b> | Son constituyentes inorgánicos como Calcio, Sodio y sulfatos.   |

*Nota.* En la tabla No. 2 se dan a conocer los principales compuestos que se encuentran en las aguas residuales con su respectiva descripción. Fuente: Metcalf & Eddy (2003).

Los vertimientos de aguas residuales afectan en gran manera al componente ambiental, social y también económico, “La alteración en los procesos biológicos es de mucha importancia ya que de esta depende el equilibrio y la capacidad de regeneración del ambiente” así como lo anuncia (Noyola, 2010). La Tabla 3 muestra los impactos en los componentes ambiental y social.

Tabla 3

*Impactos en el ambiente por vertimiento de agua residual*

| <b>Impactos al ambiente</b>  | <b>Impactos económicos</b>  |
|--|---|
| Asfixia en peces, incremento temporal del plancton, reducción de la producción de zooplancton y bentos   | Cambios en la biomasa, traducida como pérdida del alimento de especies comerciales.     |
| Disminución de cantidad y calidad del alimento de peces, proliferación de parásitos, daño en sus órganos, reducción, suspensión del desarrollo de los huevos y larvas de peces, reducción de fecundidad y reproducción de peces. | Cambios en la disponibilidad de organismos con valor de mercado o valor de sustitución. |
| Migración, desaparición de hábitats de distintas especies, pérdida local de especies sensibles, proliferación de especies tolerantes, pérdida de la diversidad biológica local, desaparición de organismos comerciales.          | Pérdida de ingresos asociados a la pesca, pérdida de empleos, pérdida de recreación.    |

## Continuación Tabla 3

| Impacto sobre aves migratorias   |  |
|--|--|
| Deterioro de áreas riparias por depósito de sedimento y basura   | Costos de recuperación de condiciones de calidad requerida por las especies.   |
| Producción excesiva de algas y plantas acuáticas y fitotoxinas.  | Decremento en el valor de la propiedad.<br>Disminución de la productividad de las tierras de cultivo.  |
| Bioacumulación de metales, zooplancton y macro invertebrados, deformaciones en distintos grupos y cambios genéticos, propagación de enfermedades.                                | Incremento de costos por mayor nivel de desinfección del agua.<br><br>Efectos potenciales a la salud, traducidos como costos de tratamiento médico. Rechazo de los productos en el mercado, pérdida del valor de la captura. Pérdida de empleos e ingresos por pescadores. |
| Exportación de nutrientes a suelos (corto plazo) y a acuíferos (largo plazo)   | Ahorro por la aplicación de nutrientes.<br>Inaceptabilidad en el mercado y por el consumidor por la calidad de los productos, efectos potenciales a la salud, requerimientos de tratamiento y confinación de los acuíferos.  |
| Disminución de la resiliencia del ecosistema o capacidad de recuperar sus condiciones iniciales debido a los impactos acumulativos y residuales (contaminantes sin tratamiento). | Inversiones a largo plazo para la rehabilitación de los ríos, lagos, embalses, así como para la protección o descontaminación de agua subterránea.   |

*Nota.* La tabla muestra los impactos que genera el vertimiento de aguas residuales al ambiente. Fuente: Gómez, B.A., 2002. Valuación económica del impacto ambiental de las descargas de aguas residuales municipales. Memorias de congreso, FEMISCA.

El vertimiento de agua residual al medio ambiente, ocasiona una serie de afectaciones a la salud humana, enfermedades gastrointestinales especialmente en niños.

Las enfermedades transmitidas por el agua tienen su origen en la contaminación directa sobre las fuentes hídricas. El agua se considera contaminada cuando se le agregan sustancias químicas que alteran su composición de modo que resulta perjudicial para el consumo por parte de los seres humanos y los animales. Las principales fuentes de contaminación del agua son aquellas originadas por los seres humanos, como lo son: el vertimiento de basuras, productos químicos, desechos orgánicos y aguas negras, en los ríos y demás fuentes hídricas.

Esta contaminación incide directamente sobre las personas que no tienen acceso al agua saneada, y por ende se ven obligados a mantener un contacto con el agua contaminada, utilizándola para consumo doméstico en la cocina, en la bebida y poniéndola en contacto con la piel. Muchas veces las personas desconocen el hecho de que el agua que utilizan a diario es causante de enfermedades o dan por entendido que el proceso de hervido del agua elimina por completo los organismos que propagan las enfermedades.

Las principales enfermedades que son transmitidas por el agua contaminada y el contacto de las personas con esta son: la diarrea, la hepatitis A y E, lapoliomielitis, la fiebre tifoidea y la meningitis. De estas las más comunes son las enfermedades de tipo diarreicas, como lo son la diarrea viral, la diarrea bacteriana y diarrea por protozoos. (Tolcachier, 2004).

**2.4.3 Estudios sobre lagunas de oxidación.** Según el capítulo IV sobre Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, definen las Lagunas de Oxidación o Estabilización como el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe, las cuales están constituidas por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tiene forma rectangular o cuadrada. Las lagunas tienen como objetivos:

Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.

Eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.

Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como agricultura.

La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos locales, y factores que afectan directamente a la biología del sistema.

Los procesos biológicos más importantes que tienen lugar en una laguna son:

Oxidación de la materia orgánica por bacterias aerobias. La respiración bacteriana provoca la degradación de la DBO5 del agua residual hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O produciendo energía y nuevas células.

Producción fotosintética de oxígeno. La fotosíntesis algal produce, a partir de CO<sub>2</sub>, nuevas algas, y O<sub>2</sub>, que es utilizado en la respiración bacteriana.

Digestión anaeróbica de la materia orgánica con producción de metano

Las lagunas de estabilización suelen clasificarse en:

Aerobias, Anaerobias, Facultativas, Maduración.

Lagunas aerobias: Reciben aguas residuales que han sido sometidos a un tratamiento y que contienen relativamente pocos sólidos en suspensión. En ellas se produce la degradación de la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aerobias que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas. Son lagunas poco profundas de 1 a 1.5m de profundidad y suelen tener tiempo de residencia elevada, 20-30 días (Romero, 1999).

Las lagunas aerobias se pueden clasificar, según el método de aireación sea natural o mecánico, en aerobias y aireadas.

- a. Lagunas aerobias: la aireación es natural, siendo el oxígeno suministrado por intercambio a través de la interface aire-agua y fundamentalmente por la actividad fotosintética de las algas.
- b. Lagunas aireadas: en ellas la cantidad de oxígeno suministrada por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos.

Lagunas anaerobias: El tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año.

El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar parte de la carga orgánica.

La estabilización en estas lagunas tiene lugar mediante las etapas siguientes:

Hidrólisis: los compuestos orgánicos complejos e insolubles en otros compuestos más sencillos y solubles en agua.

Formación de ácidos: los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Produciéndose su conversión en ácidos orgánicos volátiles.

Formación de metano: una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias actúa y los utiliza para convertirlos finalmente en metano y dióxido de carbono.

Las lagunas anaerobias suelen tener profundidad entre 2 y 5 m, el parámetro más utilizado para el diseño de lagunas anaerobias es la carga volumétrica que por su alto valor lleva a que sean habituales tiempos de retención con valores comprendidos entre 2-5 días (Romero, 1999).

Lagunas facultativas: Son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, siendo respectivamente en superficie y fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionando principalmente por las algas presentes (Rolim, 2000).

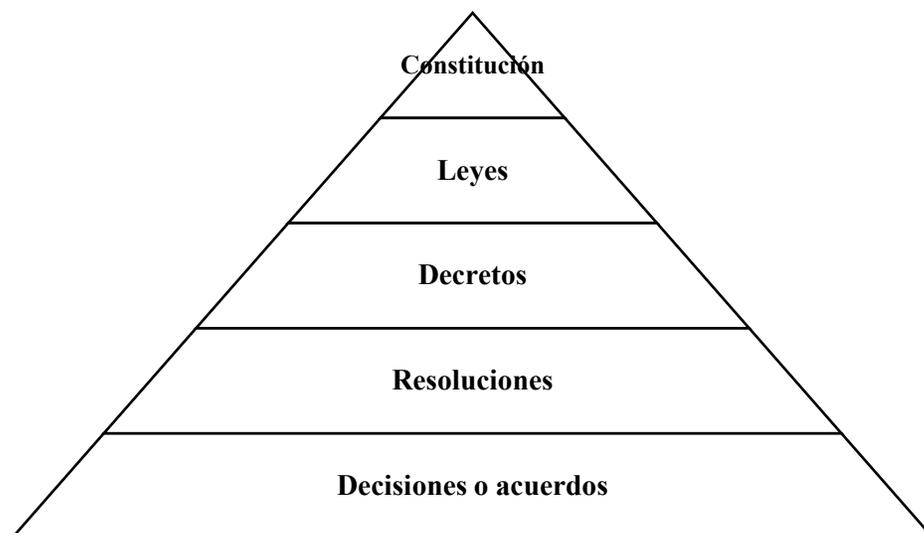
En este tipo de lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaerobios estrictos, en el fango del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Además de las bacterias y protozoarios, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son los principales suministradores de oxígeno disuelto (Rolim, 2000).

El objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes. La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical (Rolim, 2000).

Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades, estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa (Rolim, 2000).

## **2.5. Marco Legal**

Teniendo en cuenta que la pirámide de Kelsen es un sistema del derecho que ordena sus prioridades en forma de pirámide, buscando especificar cuál es el orden jerárquico de las leyes que se deben tener en cuenta el desarrollo armónico dentro de la sociedad. En el nivel principal se encuentra la constitución, debido a que es la suprema norma del Estado Colombiano y de la cual se derivan en la validez de absolutamente todas las demás normas que se ubican por debajo de esta como se ve en la siguiente Figura 2.

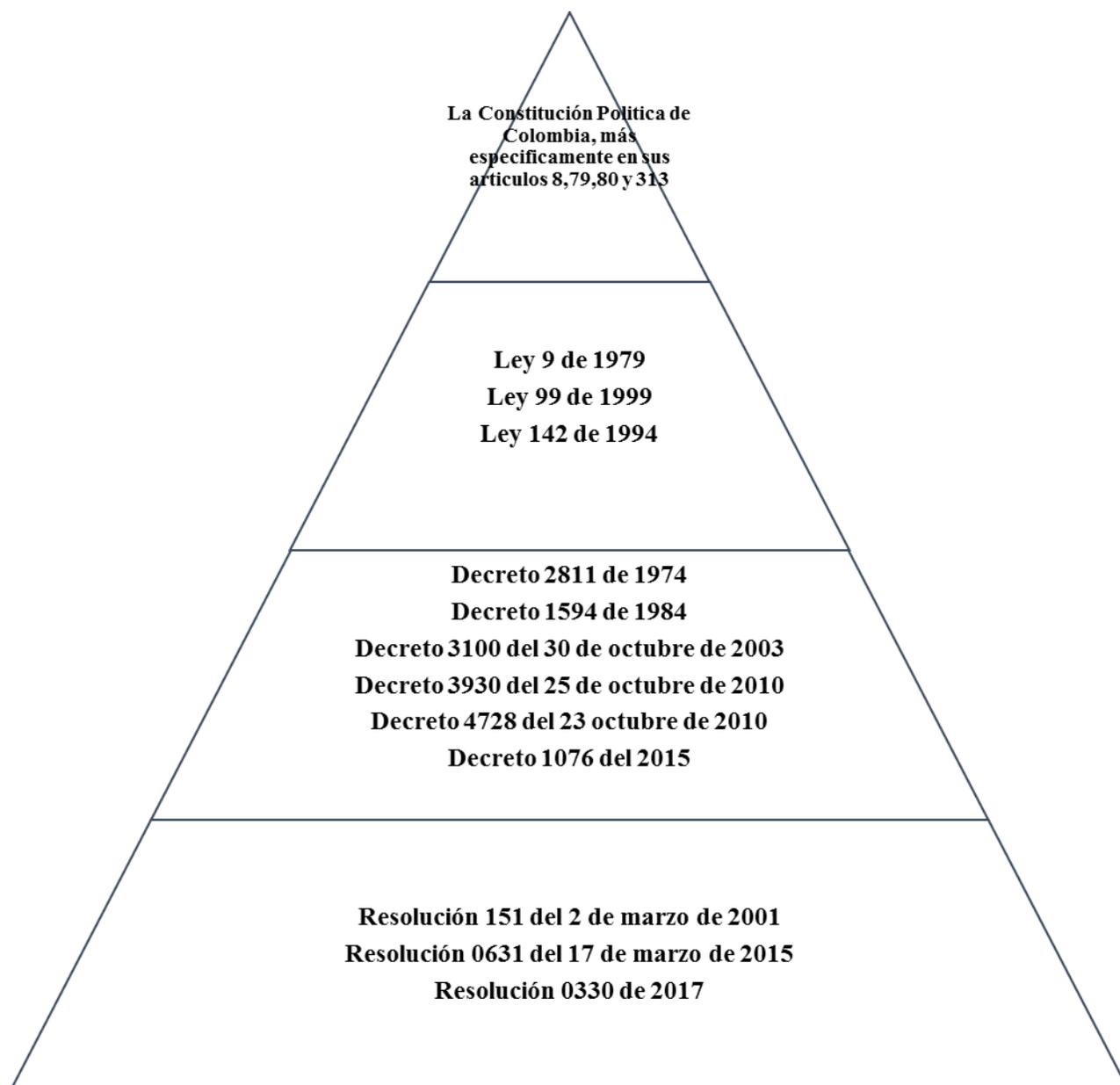


*Figura 2.* Pirámide de Kelsen

Fuente.: Autores (2019)

De esta forma para llevar a cabo este proyecto de acuerdo a la normatividad ambiental colombiana aplicable al tratamiento de las aguas residuales se debe tener en cuenta el marco legal que se evidencia en la Figura 3.

El término de aguas residuales y todo lo relacionado con su manejo empieza a verse concebido a partir de los años 70, con la promulgación del Decreto 2811 de 1974 que es el conocido Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente, que regula algunos aspectos relacionados con los recursos del paisaje y su protección y de igual forma contempla las acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico en búsqueda de garantizar la calidad del mismo para poder ser utilizado.



*Figura 3.* Pirámide de Kelsen aplicada al marco normativo que rige a las aguas residuales en Colombia.

Fuente: Autores (2019)

Luego llega la Ley 9 de 1979 por medio de la cual se dictan las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente y el Decreto 1594 de 1984 que reglamenta los usos del agua y el manejo de los residuos líquidos.

En 1991 gracias a la promulgación de la Constitución Política (1991), que es la norma suprema, permitió que el manejo de los recursos naturales y del medio ambiente consolidará diferentes herramientas a nivel nacional y regional, que permiten tomar decisiones y trazar políticas ambientales, amparadas en la legislación ambiental. Determinando de esta manera que tanto el Estado como las personas tienen la obligación de proteger las riquezas naturales de la Nación; de igual manera toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente sano y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y a su vez planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas. También se hace importante que los concejos Municipales dicten las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.

Ya en 1993 gracias a la ley 99 de este mismo año se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación de los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA-. En cuanto al régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios llega la ley 142 de 1994 que busca garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.

En del siglo XXI, para ser preciso en el año 2001 se da la creación de la Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico por medio de la Resolución 151 del 2 de marzo

ese mismo año que busca la regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo; en el año 2003 se promulga el Decreto 3100 del 30 de octubre a través del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales.

En cuanto a usos del agua y residuos líquidos el Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. En este mismo año se aprueba el Decreto 4728 del 23 octubre a través del cual se realizan algunas modificaciones al decreto 3930 de 2010, en especial a la fijación de la norma de vertimientos, el protocolo para el monitoreo de los vertimientos en aguas superficiales y subterráneas, y sobre el plan de reconversión a tecnologías limpias en gestión de vertimientos.

Para la ejecución de este proyecto se toma como referencia la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015 ya que en ella se encuentran establecidos los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y siendo que este proyecto tiene como objetivo evaluar la eficiencia de remoción de la carga contaminante de las aguas residuales que llegan al sistema de tratamiento de la laguna de oxidación esta será nuestra carta de navegación.

Algunos de los decretos y resoluciones mencionados anteriormente se encuentran compilados en el Decreto 1076 del 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Sostenible.

## Capítulo 3. Diseño metodológico

### 3.1 Tipo de investigación

El Tipo de Investigación que se pretende desarrollar en este trabajo de grado es Básica, pura, teórica; por el desarrollo de los marcos referenciales, en una secuencia lógica establecida, se busca entregar a la comunidad y a los diferentes entes un soporte técnico, fidedigno sobre la efectividad del sistema de tratamiento de la Laguna de oxidación ubicada en el Corregimiento de Zapatoza Cesar, esto el fin de incrementar los conocimientos que se tienen sobre el fenómeno estudiado.

Las ideas que enmarcan el proyecto de investigación, van enfocadas a resolver el problema del desconocimiento sobre el estado actual de la calidad tratamiento de las aguas residuales, corregir la subjetividad colectiva sobre el tema mediante el aporte de nuevos conocimientos. El fin último del proceso de investigación, observado desde la óptica metodológica, es acercar o bien, presentar la realidad objetiva sobre la calidad del tratamiento de las aguas residuales que son conducidas hasta la laguna de oxidación a la comunidad integral en forma transversal.

En consecuencia, a lo anterior, el enfoque de la investigación ha de ser cuantitativo, ya que se direcciona en la evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatoza César y refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de la investigación, se realizarán mediciones de carácter numérico de los parámetros antes y después del tratamiento y su respectivo análisis de

resultados. De acuerdo a la metodología de Sampieri este enfoque recolecta datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Según Sampieri, 2014a la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema. Es por ello que el Proceso de Investigación implica afinar las ideas mediante el desarrollo secuencial de las fases de investigación. Implica la revisión de fuentes, la construcción de los marcos, la triangulación de datos, la verificación antes del Producto final, que sirvan como medio de evaluación de las deficiencias en el conocimiento del Problema (Hernández, L & Ramírez, M, 2016).

El alcance de la investigación es explicativo. Teniendo en cuenta que los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

De acuerdo con la perspectiva del estudio en el orden secuencial de investigación, y de los objetivos planteados, requiere antecedentes de una fase exploratoria, porque se necesita investigar un fenómeno poco estudiado en el corregimiento de Zapatosá desde una perspectiva que nos permita determinar el nivel de efectividad del sistema de tratamiento de las aguas residuales donde se identifiquen conceptos que generen preguntas y preparen el terreno para

nuevos estudios. También requiere de una fase descriptiva antepuesta a la explicativa, porque es necesario considerar el fenómeno de contaminación que permita especificar sus propiedades, características que puedan afectarlo y someterlo a un análisis con el fin de desenmarañar la realidad objetiva. Junto a lo anterior, se busca con esta fase medir y recoger información de manera independiente o conjunta sobre los parámetros, variables y conceptos identificados, sin caer en la correlación.

En síntesis, al integrar al alcance de la investigación, elementos de las dos fases antes mencionadas, se aterriza a una fase explicativa, que es la esencia de la investigación, desde donde se expone por qué de los resultados objetivos encontrados y las condiciones encontradas que determinan la causa de contaminación, es por ello que con este enfoque se busca generar un sentido de entendimiento a partir de la presentación de un producto de investigación técnica, objetiva, fidedigna, verificable y sumamente estructurada. Ver Figura 4.

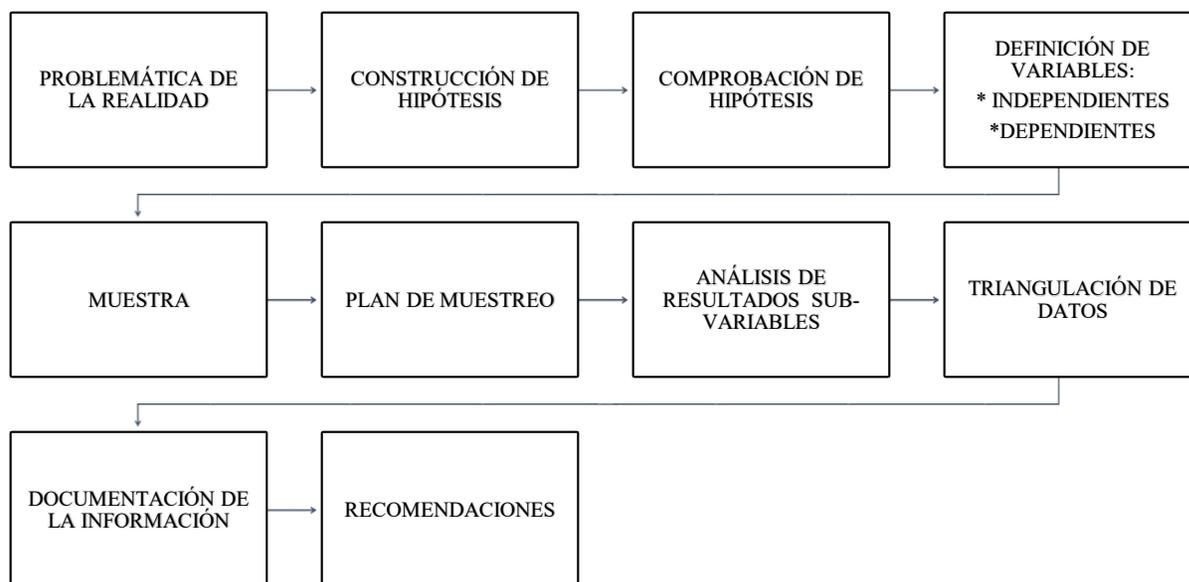


Figura 4. Esquema fases del diseño metodológico.

Fuente: Autores (2019)

A partir del esquema anterior, se describen las fases a seguir en el diseño metodológico:

**Problemática de la realidad:** en esta primera fase se lleva a cabo el planteamiento del problema donde se da a conocer el fenómeno de estudio relacionando sus afectaciones al componente ambiental.

**Construcción de hipótesis:** a partir de la observación realizada al fenómeno de estudio, se plantea una hipótesis la cual desencadena ciertos procesos del pensamiento, siendo la siguiente hipótesis planteada:

“La laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa Cesar, ¿está cumpliendo con los niveles de remoción de contaminantes según la norma establecida y a su vez está siendo eficiente el sistema?”

**Comprobación de hipótesis:** mediante el proceso detallado de estudio, se comprobará la hipótesis planteada anteriormente.

**Definición de variables:** para la investigación se definen variables dependientes e independientes, siendo las primeras las sub-variables definidas según los parámetros físico-químicos y microbiológicos establecidos en la norma (Res 631 de 2015), siendo la composición físico-química y microbiológica del efluente junto con el caudal del mismo (Q) las variables independientes.

Muestra: para la realización de la muestra, se tendrán en cuenta todas las aguas que llegan del sistema de alcantarillado al colector y de allí pasan a la laguna, se tomarán los puntos de muestreo a la entrada y salida del sistema, también se tendrá en cuenta la época de muestreo.

Plan de muestreo: Se establecerá un plan de muestreo, integrado por varias muestras simples tomadas en diferentes épocas del año.

Análisis de resultados sub-variables: En esta fase se analizarán las variables definidas anteriormente, para llevar a cabo esto, se hará uso del laboratorio donde serán analizados los parámetros que fueron establecidos anteriormente.

Triangulación de datos: se recopilarán y se analizarán desde diversas fuentes los datos obtenidos por medio del análisis realizado. La triangulación, la expansión o ampliación, la profundización y el incremento de evidencia mediante la utilización de diferentes enfoques metodológicos proporcionarán mayor seguridad y certeza sobre las conclusiones científicas. (Hernández, 2014).

Documentación de la información: a partir de los análisis realizados y la selección del material, se documentará la información más relevante que conlleve al cumplimiento de los objetivos.

Recomendaciones: a través de las relaciones entre las variables dispuestas en la investigación, se determinará proposiciones claras y precisas con el fin de generar las recomendaciones específicas.

### **3.2 Población**

En esta investigación se aborda la población conectada al sistema de alcantarillado del corregimiento de Zapatosa César, que vierte sus aguas al sistema de tratamiento de la laguna de oxidación para su posterior tratamiento.

Surge la necesidad de caracterizar los vertimientos que son transportados hasta la laguna de oxidación, resultando complejo la cuantificación de todos ellos, teniendo en cuenta el colapso que se presenta en el sistema de alcantarillado del corregimiento.

Según el Plan de Desarrollo Municipal de Tamalameque César, el 90% de la población del corregimiento de Zapatosa se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado sin incluir sus veredas.

De acuerdo con información dada por la oficina de secretaría de planeación de la Alcaldía Municipal de Tamalameque, en el corregimiento de Zapatosa en su parte “urbana” hay alrededor de 2.687 habitantes que tienen acceso a los beneficios del SISBEN.

$$2,687 \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow 90\%$$

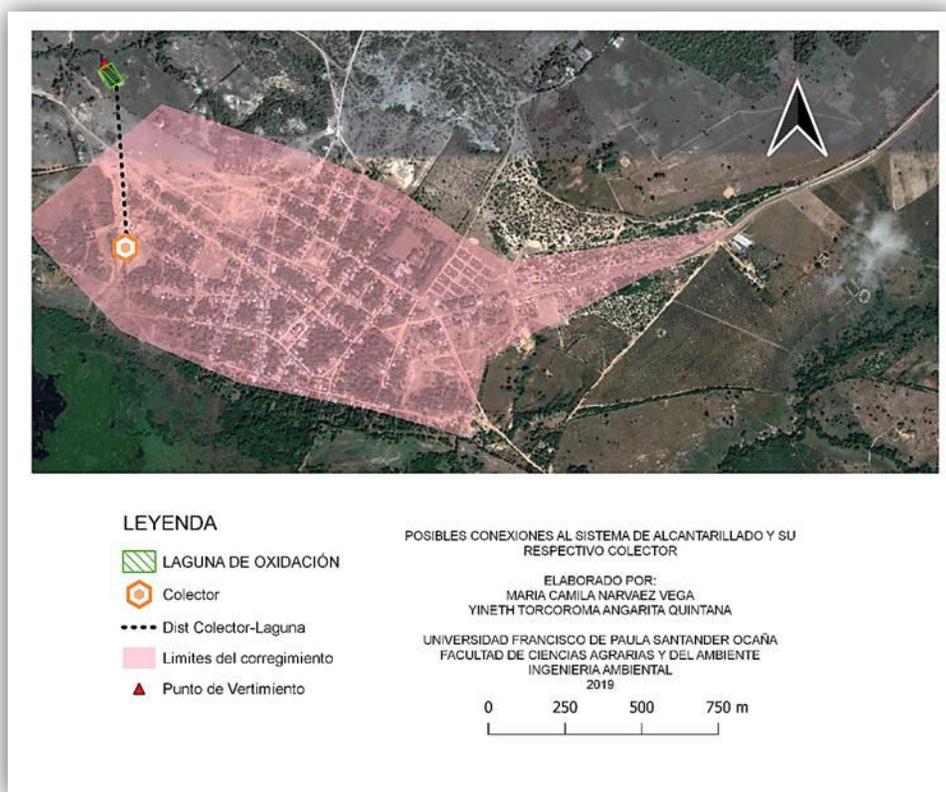
$$x = \frac{90\% * 2,687hab}{100\%} = 2,418 hab$$

Lo que muestra que la población objeto del presente proyecto es 2,418 habitantes.

### **3.3 Muestra.**

Es significativo determinar la procedencia del agua residual que llega al sistema de tratamiento de la laguna de oxidación, ya que los contaminantes presentes en ella están directamente relacionados con la actividad que los genera. La muestra de la población son todas las aguas que llegan del sistema de alcantarillado al colector y de allí pasan a la laguna.

Según a la Figura 5, podemos identificar que la zona marcada en color rosa son los latentes usuarios conectados al sistema de alcantarillado, decimos latentes pues según la información documentada queda un 10% de esta población sin conexión al sistema, también se ve representado el punto donde se encuentra ubicado el colector que posteriormente hace un recorrido hasta conducir las aguas residuales a la laguna de oxidación.



*Figura 5.* Ubicación de la laguna de oxidación y el colector.

Fuente: Autores (2019)

**3.3.1. Variables.** Volumen de las muestras, Tiempo de preservación de las muestras, Volumen de reactivos aplicados, caudal, Temperatura de conservación de muestras Físico-Químicas y microbiológicas, cantidad de parámetros a evaluar, valores de los parámetros evaluados, ubicación de las unidades de muestreo.

**Variable Independiente.** Composición físico-química y microbiológica del efluente, caudal, ubicación de las unidades de muestreo, cantidad de parámetros a evaluar.

**Variables dependientes.** Tiempo de preservación de la muestra, volumen de la muestra, Volumen de reactivos aplicados, valores de los parámetros evaluados, Temperatura de conservación de muestras Físico-Químicas y microbiológicas.

**Subvariables.** pH, DQO, DBO5, SST, SSED, Aceites y Grasas, Fosfatos, Fosforo Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Fluoruros, Sulfatos, Aluminio, Cobre, Hierro, Color Real, Conductividad, Alcalinidad, Dureza Total, Coliformes Totales, E. Coli y Detergentes.

**Variables Cualitativas.** ubicación de las unidades de muestreo.

**Variables Cuantitativas.** Volumen de la muestra, Tiempo de preservación de la muestra, Volumen de reactivos aplicados, cantidad de parámetros a evaluar, valores de los parámetros evaluados.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

**3.4.1. Fase I. Recolección de la Información.** A continuación, se detalla el desglose de esta fase:

**Fuentes de Información Secundaria.** Las Fuentes de información secundaria son:

**Fuentes de Información Institucional.** CORPOCESAR. Informe de vertimientos. Fase de Diagnostico

IDEAM. Metodología propuesta en la guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas en el decreto 3100 de 2003 (recolección y análisis de la información relacionada con hidrometría).

UFPSO. Estudios Relacionados con el tratamiento de aguas residuales.

#### ALCALDÍA MUNICIPAL DE TAMALAMEQUE

**Fuentes de Investigación Primaria.** Recolección de la Información Primaria:

- Observación in situ
- Trabajo de Campo
- Registro de Hojas de campo para cálculos
- Aforo de Caudales
- Toma de Muestras para análisis Microbiológico y Físico Químico
- Análisis y tratamiento de la Información.

En la Tabla 4 se muestra cada una de las actividades y sus respectivos equipos y herramientas.

**Tabla 4***Instrumentos utilizados para la recolección de la información*

| <b>Actividad Ejecutada</b>   | <b>Equipos y Herramientas</b>  |
|--|--|
| <b>Georreferenciación y preliminares</b>   | Esfero (bolígrafo) y marcador de tinta indeleble   |
|  | Ficha de campo   |
|  | Aplicación MAPS.ME   |
|  | bolsas plásticas para guardar los formatos   |
|  | Gafas de seguridad   |
|  | Mascara respiradora con filtro para ácidos y vapores orgánicos   |
|  | Impermeables y botas de caucho   |
|  | Documentos de identificación   |
|  | Cámara de celulares  |
|  | <i>Continuación tabla No. 4</i>  |
| <b>Aforos</b>  | GOOGLE EARTH   |
|  | QGIS   |
|  | Guantes  |
|  | Cuerda de nylon de 0.5 a 1 cm de diámetro de longitud suficiente para manipular los baldes en las cajas de inspección. |
|  | Cronometro   |
| <b>Muestreo, Conservación y Transporte de Muestras de Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos</b> | Recipiente o balde   |
|  | Hoja de campo para toma de datos   |
|  | Decámetro  |
|  | Equipos portátiles para mediciones de temperatura, pH y conductividad eléctrica  |
|  | Bitácora de Campo  |
|  | Muestreador (botella Van Dorn, Kemmerer o balde)   |
|  | Cinta Indicadora Universal   |
|  | Neveras de icopor o poliuretano con suficientes bolsas de hielo para mantener una temperatura cercana a 4°C.           |
|  | Tubo plástico para homogenización de la muestra compuesta  |
|  | Probeta plástica graduada de 1000 mL.  |
| Pipetas Pasteur  |  |
| Frasco lavador.  |  |

Continuación Tabla 4.

---

|   |
|---|
| Cinta pegante y de enmascarar.<br>Toalla de papel absorbente.<br>Cinta pegante y de enmascarar.<br>Bolsa pequeña para basura.<br>Papel aluminio   |
| Cono imhoff para análisis de sólidos sedimentables (cuando se requiera).  |
| Agua destilada. En su defecto utilizar agua embotellada o de bolsa.   |
| Preservantes para muestras: Ácido sulfúrico concentrado (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), Hidróxido de sodio (NaOH) 6N, Acetato de Zinc 6N, Ácido clorhídrico concentrado (HCl) u otro cuando se requiera |
| Recipientes plásticos y de vidrio. Varía según requerimientos de análisis.  |

---

*Nota.* La tabla No. 4 muestra los instrumentos necesarios utilizados para realizar la recolección de la información. Fuente. Autores (2019).

**3.4.1.1. Método para realizar el Diagnóstico.** De acuerdo al RAS, 2017 para la elaboración del diagnóstico se evalúa el sistema existente objeto del presente proyecto, en busca de obtener la información sobre su funcionamiento general, la capacidad máxima real, la condición tecnológica, la eficiencia y los criterios operacionales con el fin de obtener una radiografía que permita mejorar la eficiencia del sistema de la laguna de oxidación ubicada en el Corregimiento de Zapatosá. Para ello se debe seguir los siguientes pasos:

Paso 1: recolecta y análisis de información; buscar estudios existentes, registros de operación y mantenimiento, reportes de construcción, registro de caudales.

Paso 2: se utiliza la técnica de observación directa y lista de chequeo, todo esto con el fin de reconocer el estado del terreno, los signos en los que se encuentra el 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. Para dar inicio a la inspección, que se realiza 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.

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

**3.4.1.2. Evaluación ambiental del sistema de tratamiento.** A través de una óptima revisión ambiental inicial se determinan los principales aspectos ambientales presentes en el proceso del sistema de tratamiento de las aguas residuales del corregimiento, los cuales pueden verse afectados identificando así los posibles impactos y brindando las oportunidades de prevención, reducción, mitigación y recuperación, igualmente teniendo presente el estado de cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y aplicable.

**3.4.2. Fase II. Métodos y Procedimientos para la toma de muestras, cálculo y análisis de los parámetros Físicoquímico y Microbiológicos.** Este Procedimiento se adelanta de acuerdo al Instructivo Para La Toma De Muestras De Aguas Residuales propuesto por el IDEAM, 2007; Con el fin de evaluar el sistema de remoción durante su operación en la descontaminación de aguas residuales. Para tal efecto, se debe conocer el estado del agua antes y después de entrar a la laguna de oxidación, también conocer el estado en el que encuentra el caño

al cual son vertidas las aguas residuales tratadas por la laguna de oxidación un tramo antes y un tramo después; es importante mencionar que este caño o curso de agua hace un recorrido aproximado de 1.45 km hasta llegar a la Ciénaga el Alfaro que hace parte del complejo cenagoso de la Zapatosa.

**3.4.2.1. Fechas de muestreo.** Se planteó realizar los muestreos a medios y finales del mes de marzo de 2020 ya que no se contaba con los imprevistos de tiempo en cuanto a la evaluación y entrega del trabajo.

Originalmente el muestreo se iba a tomar teniendo en cuenta el régimen hidrológico de la zona; de acuerdo a lo expresado por De la Hoz J, 2008 el régimen hidrológico de lo que comprende el complejo cenagoso de la Zapatosa es bimodal, donde la mayor pluviosidad se observa entre los meses de agosto y noviembre, siendo octubre el mes más lluvioso. Se presenta un segundo período lluvioso entre abril y junio. El período seco más intenso se presenta entre diciembre y marzo. Enero se convierte en el mes más seco del año y un segundo período seco se reduce al mes de julio; esto con el fin de hacer un comparativo que nos permita determinar las condiciones del proceso en cada tiempo a fin de generar mejores recomendaciones para su funcionamiento, donde el muestreo se iba a llevar acabo el 11 de febrero y el 30 de marzo.

Las muestras son tomadas por los autores del proyecto y se caracterizan de acuerdo a lo estipulado por el Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000 en su documento RAS 2000 en su sección II título E capítulo E2; 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.

**3.4.2.2 Sitios de muestreo.** Se definen cuatro puntos de muestreo, el primero será en el colector de las aguas residuales, entrada del agua residual a la laguna (M1), el segundo punto es en el vertimiento de la laguna de oxidación (M2), continuamos con el punto de muestreo número tres que se realizará aguas arriba del caño el “Caimancito” (M3) y por último finalizamos con el punto número cuatro, aguas abajo del caño donde se fusiona con el vertimiento de la laguna de oxidación (M4), como lo muestra la Figura 6.



*Figura 6.* Puntos de muestreo.

Fuente: Autores (2019)

**3.4.2.3 Tipos de muestras.** Para este proyecto se realiza el tipo de muestreo simple, donde la muestra puede ser representativa de espacios y tiempos mayores si se sabe con anterioridad que la composición es constante y no existe alteración de la concentración contaminante en el tiempo, también permite determinar las características de descargas instantáneas y en este caso evaluar los efectos potenciales en el proceso de tratamiento (Vélez Y & Sánchez G, 2016c).

**3.4.2.4 Horas de muestreo.** Siguiendo el esquema de actividades las muestras se plantea tomarlas a las 6am, se tomó en cuenta que la primera actividad que consume agua en la cocina, comedor y las actividades estudiantiles empieza a las 5:50am, de acuerdo a ello se espera mayor carga de sólidos y materia orgánica que llega al sistema.

**3.4.2.5 Identificación de las muestras.** Con el fin de evitar confusiones con los puntos de muestreo y sus respectivas muestras se elaboró una etiqueta. Todas las muestras deben ser etiquetadas con el fin evitar errores de identificación. Se emplea la etiqueta diseñada por los autores que se observa en la Figura (6), 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
- Época

A cada muestra se le coloca su respectiva etiqueta (Ver Figura 7) 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.

| <b>MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS</b> |  |
|--------------------------------------|--|
| NOMBRE DE LA MUESTRA:                |  |
| FECHA:                               |  |
| HORA:                                |  |
| RESPONSABLE:                         |  |
| T°:                                  | <b>OBSERVACIONES:</b>  |
| LUGAR:                               |  |
| ÉPOCA:                               |  |
| TIPO DE ANÁLISIS:                    |  |
| COORDENADAS:                         |  |

Figura 7. Rótulo propuesto para la toma de muestras

Fuente. Autores (2019)

**3.4.2.6 Conservación de las muestras.** Por la distancia que separa el punto de muestreo con el laboratorio de análisis de las mismas se hace necesario conservar las muestras a baja temperatura, siendo la temperatura recomendada de 4°C. Para ello se hace necesario la cavas de icopor o hieleras con hielo.

**3.4.2.7 Implementos.** 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 Suspendedos 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 de 3 litros. El resto de implementos están especificados en la Tabla 4.

**3.4.2.8 Personal encargado del muestreo.** Las muestras son tomadas por los autores del proyecto y se caracterizan de acuerdo a lo estipulado por el Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000 en su documento RAS 2000 en su sección II título E capítulo E2; 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.

**3.4.2.9 Análisis de laboratorio.** Las muestras son llevadas al laboratorio de aguas UFPSO y se analizan los parámetros fisicoquímicos. los parámetros a analizar con los que se presentan en las Tablas (5 y 6). Luego comparar cada análisis y conocer la remoción de cada parámetro, para finalmente evaluar el nivel de eficiencia de la laguna de oxidación teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la resolución 0631 del 2015.

Tabla 5.

*Parámetros Físico-Químicos a evaluar*

| <b>RESOLUCIÓN 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015</b>   |                 |  |  |
|--|-----------------|--|--|
| <b>Artículo 8 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, (ARD) DE LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES, COMERCIALES O DE SERVICIOS; Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD Y ARND) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES</b> |                 |  |  |
| <b>PARAMETRO</b>   | <b>UNIDADES</b> | <b>AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD) DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES</b> | <b>AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y DE LAS AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES, CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 625,00 KG/D DBO5</b> |
| Generales  |                 |  |  |
| <b>pH</b>  | Unidades de pH  | 6,0 a 9,0  | 6,0 a 9,0  |
| <b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>  | mg/L O2         | 200  | 180  |
| <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>  | mg/L O2         |  | 90   |
| <b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>   | mg/L            | 100  | 90   |
| <b>Sólidos Sedimentables (SSED)</b>  | mg/L            | 5  | 5  |
| <b>Grasas y Aceites</b>  | mg/L            | 20   | 20   |
| Compuestos de Fósforo  |                 |  |  |
| <b>Fosfatos</b>  | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| <b>Fosforo Total</b>   | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| Compuestos de Nitrógeno  |                 |  |  |
| <b>Nitratos</b>  | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| <b>Nitritos</b>  | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| <b>Nitrógeno Amoniacal</b>   | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| <b>Nitrógeno Total</b>   | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| Iones  |                 |  |  |
| <b>Fluoruros</b>   | mg/L            |  |  |
| <b>Sulfatos</b>  | mg/L            |  |  |
| Metales y Metaloides   |                 |  |  |
| <b>Aluminio (Al)</b>   | mg/L            | Análisis y Reporte   |  |
| <b>Cobre (Cu)</b>  | mg/L            | 1  |  |

Continuación de la Tabla 5

|                      |                        |                    |
|----------------------|------------------------|--------------------|
| <b>Hierro (Fe)</b>   | <b>mg/L</b>            | <b>1</b>           |
| Otros parámetros     |                        |                    |
| <b>Color Real</b>    | UPtCo                  | Análisis y Reporte |
| <b>Conductividad</b> | μS/cm                  | Análisis y Reporte |
| <b>Alcalinidad</b>   | mg/L CaCO <sub>3</sub> | Análisis y Reporte |
| <b>Dureza total</b>  | mg/L CaCO <sub>3</sub> | Análisis y Reporte |

*Nota.* La tabla no. 5 muestra los parámetros físico-químicos a evaluar. Fuente. Autores (2019)

Tabla 6

*Parámetros Microbiológicos a evaluar*

|  |                 |   |
|--|-----------------|---|
| <b>RESOLUCIÓN 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015</b> |                 | <b>Artículo 6 "Cuando la carga másica antes del tratamiento es mayor a 125 kg/ día de DBO<sub>5</sub>."</b> |
| <b>PARÁMETRO</b>                               | <b>UNIDADES</b> | <b>VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES</b>  |
| Coliformes Termo tolerantes                    |                 |   |
| <b>Coliformes Totales</b>                      | NMP/100mL       | Análisis y Reporte  |
| <b>E. Coli</b>                                 | NMP/100mL       | Análisis y Reporte  |

*Nota.* La tabla No. 6 define los parámetros microbiológicos a evaluar. Fuente: autores (2019)

**Cuaderno de campo.** Para que el muestreo sea eficiente lleva 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 realiza el muestreo y se registra en un cuaderno de campo que tiene los siguientes datos:

- Nombre de la muestra
- Tipo de muestra
- N° de la muestra
- Fecha y Hora

- Tomada por
- Temperatura (T°)
- Lugar de muestreo
- Tipo de análisis
- Época
- Observaciones
- Volumen de muestra recogida
- Parámetros determinados *in situ* (T°, pH, conductividad, turbidez, etc.)

Según el libro sobre la Calidad del agua de Carlos Alberto Sierra Ramírez, se realiza una correlación de variables utilizándola como una medida del grado de asociación que existen entre las variables aleatorias es de decir los parámetros a evaluar; ya que estas no están bajo el control del investigador y por lo tanto pueden estar sujetas a un error asociado, para esto se establece el cálculo del coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

### **3.4.3 Fase III. Métodos y procedimientos para la realización del aforo.** Este

Procedimiento se adelanta de acuerdo al Instructivo Para La Toma De Muestras De Aguas Residuales propuesto por el IDEAM, 2007; Con el fin de aforar el caudal de la entrada y salida del sistema de remoción de la laguna de oxidación.

El método a implementar es el volumétrico mediante balde o caneca, ya que el vertimiento presenta una caída de agua la cual permite utilizar un recipiente, para esto se requiere un cronómetro y un recipiente aforado (balde de 10 o 20 litros con graduaciones de 1 L). El recipiente se purga dos o tres veces con porciones de aproximadamente 1 L (para el balde).

Luego se coloca el recipiente bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo; de manera simultánea se activa el cronómetro. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo, ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella.

Para calcular el caudal, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = V/t$$

Siendo:

Q: caudal

V: Volumen

T: Tiempo

Teniendo en cuenta que se toma el volumen de la muestra dependiendo de la velocidad de llenado y se mide el tiempo transcurrido desde que se introduce la descarga hasta que se retira de ella.

**3.4.4. Fase IV. Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento.** Se plantea la evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa César, la cual se desconoce ya que se presentan dificultades de diseño lo que impide conocer volúmenes de entrada de agua residual al sistema, por ello es necesario la medición de caudales, análisis de los parámetros en laboratorio y el conocimiento de la respectiva carga contaminante. Se hace necesario:

Caracterizar el vertimiento: por medio de la caracterización del vertimiento, se recopila los datos necesarios para validarlos según los parámetros establecidos anteriormente en la normatividad vigente.

Determinar la eficiencia de remoción: para conocer este criterio, es necesario a partir de la caracterización del vertimiento conocer los resultados del análisis del laboratorio y así proceder a calcular la remoción en términos de DBO Y DQO.

$$\varepsilon = (C_{cai} - C_{cei}) \times 100 / C_{cai}$$

Dónde:  $\varepsilon$ : % de remoción de carga de la sustancia de interés i.

$C_{cai}$ : Carga contaminante del afluente para la sustancia de interés i.

$C_{cei}$ : Carga contaminante del efluente para la sustancia de interés i.

## Capítulo 4. Presentación de Resultados

### 4.1 Diagnosticar el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación ubicada en el corregimiento de Zapatosa, Cesar.

**4.1.1. Revisión bibliográfica como guía para la recolección de información.** En primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica sobre los tipos de lagunas de estabilización existentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, los procesos y procedimientos que conllevan en su operación, los resultados obtenidos durante su estudio y demás información sobre su funcionamiento.

Es importante reconocer la elección e implementación de tecnologías que garanticen una disminución a la problemática socio-ambiental que viven diariamente las comunidades debido a la necesidad de manejar y darle una solución eficiente a la problemática de aguas residuales que afecta directamente al componente ambiental y social por causa de los diferentes vertimientos generados por los habitantes. De igual manera, se hace necesario evaluar la tecnología más adecuada en términos técnicos, ambientales y económicos.

En cuanto a lo económico se refiere, las lagunas de estabilización u oxidación se encuentran entre las técnicas de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales, estas poseen formas rectangulares o cuadradas, constan de una excavación con poca profundidad rodeada por taludes de tierra. Este tipo de tecnología cumple funciones básicas e importantes como lo es la

remoción de materia orgánica en el agua y la eliminación de microorganismos patógenos perjudiciales para la salud.

**4.1.2 Generalidades del diagnóstico.** El diagnóstico se realizó basado en reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS, 2000). En este reglamento se establecen las disposiciones de obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional en las etapas de conceptualización, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y seguimiento de todas y cada una de las obras, de tal manera que se garantice su efectividad, seguridad, estabilidad, durabilidad, adecuabilidad, sostenibilidad y redundancia a lo largo de su vida útil. Todas las prescripciones establecidas deben ser aplicadas por todos los niveles de complejidad del sistema, a menos que se especifique lo contrario. (RAS, 2000, D, 19).

**4.1.3 Definición del nivel de complejidad del sistema.** El nivel de complejidad del sistema se definió de acuerdo a lo expuesto en el numeral A.3.1 del reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico; de acuerdo a esto en el territorio nacional se establecen cuatro niveles de complejidad que son:

- BAJO
- MEDIO
- MEDIO ALTO
- ALTO

Para el cálculo del nivel de complejidad del sistema se hizo necesario conocer el número de pobladores y tener un estímulo de la capacidad económica de la población usuaria del servicio de alcantarillado. Después se establecieron los dos parámetros anteriores para la definición del

nivel de complejidad que se realizó como se observa en la tabla A.3.1. del RAS. Es importante resaltar que el nivel de complejidad fue el resultado mayor entre la clasificación obtenida y aquel que se obtuvo de acuerdo a la capacidad económica de los usuarios. La estimación de la población es el aspecto principal en la definición del nivel de complejidad.

Tabla 7

*Asignación del nivel de complejidad*

| Nivel de complejidad del sistema de tratamiento | Población (HABITANTES) | Capacidad Económica de los Usuarios |
|---|------------------------|-------------------------------------|
| BAJO  | <2.500                 | Baja                                |
| MEDIO   | 2.501 a 12.500         | Baja                                |
| MEDIO-ALTO                                      | 12.502 a 60.000        | Media                               |
| ALTO  | >60.000                | Alta                                |

*Nota:* En la tabla se evidencia el nivel de complejidad del sistema de acuerdo a los habitantes y a su capacidad económica. Fuente: RAS, 2017

Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria. En caso de falta de datos se recomienda la revisión de los datos de la proyección con los disponibles en poblaciones cercanas que tengan un comportamiento similar al de la población en estudio. La zona de estudio presenta un nivel de complejidad medio teniendo en cuenta que su población es de 2,687 habitantes, con una capacidad económica baja dado a que en sus pobladores la principal fuente de sustento se deriva de la pesca, agricultura y ganadería a baja escala.

**4.1.4 Justificación.** Uno de los problemas ambientales y de salubridad que aqueja a la comunidad Zapatocera esta relacionando con la recolección y el tratamiento de las aguas residuales, pues ambos sistemas presentan fallas en su funcionamiento y sus aguas son vertidas directamente al cuerpo de agua llamado “caño de caimancito” que desemboca en la ciénaga

Alfaro. Estas fuentes de agua son utilizadas por numerosas personas para el consumo, riego y abrevaderos convirtiéndose de esta forma en un foco de infección para los pobladores de este corregimiento mostrando en sus estadísticas dadas por el funcionario del puesto de salud que el número de pacientes con enfermedades gastrointestinales y por muertes de cáncer de estómago superan el 60%.

**4.1.5 Descripción del problema.** La prestación del servicio de alcantarillado es insuficiente en cuanto a calidad, continuidad y cobertura. Todo lo anterior se debe a las malas condiciones de la infraestructura existente. En varias ocasiones se ha presentado que el sistema de alcantarillado llega a su tope máximo y sus aguas bañan calles completas y así mismo el sistema de tratamiento vierte sus aguas en condiciones no aptas al caño de caimancito que desemboca en la ciénaga Alfaro, notándose deterioro en el medio ambiente, el recurso hídrico y problemas de salud pública anteriormente manifestados; el terreno donde se encuentra ubicada la laguna de oxidación fue adquirido por la administración municipal quien no ejecuta su operación y mantenimiento necesario como lo son: cercamiento del predio, limpieza de la hierba, mantenimiento de la geo membrana, etc., notándose así el deterioro con el pasar del tiempo.

A continuación, se presenta la comparación desde que se empezó a realizar las visitas al lugar.



*Figura 8.* Fotografía de la laguna de oxidación cubierta por la geo membrana el 20 de abril 2019.  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 9.* Fotografía de la laguna de oxidación cubierta por la geo membrana el 20 de abril 2019.  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 11.* Fotografía laguna de oxidación cubierta en poca extensión por la geo membrana. 12 de marzo de 2020  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 10* Fotografía laguna de oxidación cubierta solo en el fondo por la geo membrana. 22 de julio de 2020  
Fuente: Autores (2020)

**4.1.6 Saneamiento básico.** La Zona de estudio del presente trabajo es la laguna de oxidación que se encuentra en la parte norte del corregimiento de Zapatosa Cesar que trata las aguas vertidas por el 90% de la población de este corregimiento que obtiene el agua potable del sistema de acueducto instalado que consta de un pozo, un tanque elevado de almacenamiento y un sistema de distribución. La disposición de los desechos orgánicos e inorgánicos se efectúa mediante inodoros, letrinas a cielo abierto o incineradas.

**4.1.7 Sistemas existentes de recolección y evacuación de aguas residuales.** De acuerdo al RAS en su título D sección II los parámetros a tener en cuenta para la determinación del sistema de recolección y evacuación de aguas existentes en la zona de estudio son:

**4.1.7.1 Entidad responsable de la prestación del servicio.** La prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado está a cargo de la empresa de servicios públicos de acueducto y alcantarillado SEMSA ESP, quien desde el casco municipal de Tamalameque asigna a un encargado para el suministro de agua potable por sectores desde el tanque de almacenamiento y a su vez se encarga de encender el sistema de bombeo que permite que el agua residual almacenada en el colector llegue hasta la laguna de oxidación.

**4.1.7.2 Alcantarillado.** De acuerdo al PSMV del corregimiento de Zapatosa el alcantarillado existente en la zona es de tipo sanitario y trabaja por gravedad. Está construido en tubería de PVC y con estructuras complementarias en concreto y mampostería. El sistema de redes alcantarillado existente en el corregimiento de Zapatosa, es un sistema semi-combinado, no existen redes de aguas lluvias ni sumideros en las vías.

**4.1.7.3 Operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.** El mantenimiento al sistema de alcantarillado es de tipo correctivo, dando lugar a pérdidas tanto en agua potable, como por conexiones erradas en el sistema de alcantarillado; muchos de los problemas causados por la falta de un mantenimiento preventivo de las redes de conexión han sido detectados por la comunidad cuando se han presentado casos extremos como: inundaciones, hundimientos de calles y de viviendas entre otros.

**4.1.7.4 Componentes del sistema.** La identificación del tipo de sistema de alcantarillado existente se llevó a cabo a través de la observación directa y por medio de información suministrada por la oficina de planeación municipal. La carencia de datos actualizados no permite hacer una descripción pormenorizada de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y de cada uno de sus componentes, tales como: edad, materiales, redes de colectores, pozos y cajas de inspección, entre otros. Para la descripción detallada de todos los componentes del sistema se hace necesaria la realización de un inventario de redes, el cual no se efectuó en el presente estudio por falta de recursos.

El sistema de tratamiento a nivel general se encuentra compuesto de un colector, que por medio de un sistema de bombeo hace llegar las aguas residuales a la laguna de oxidación, como se muestra en las Figuras 12 y 13.

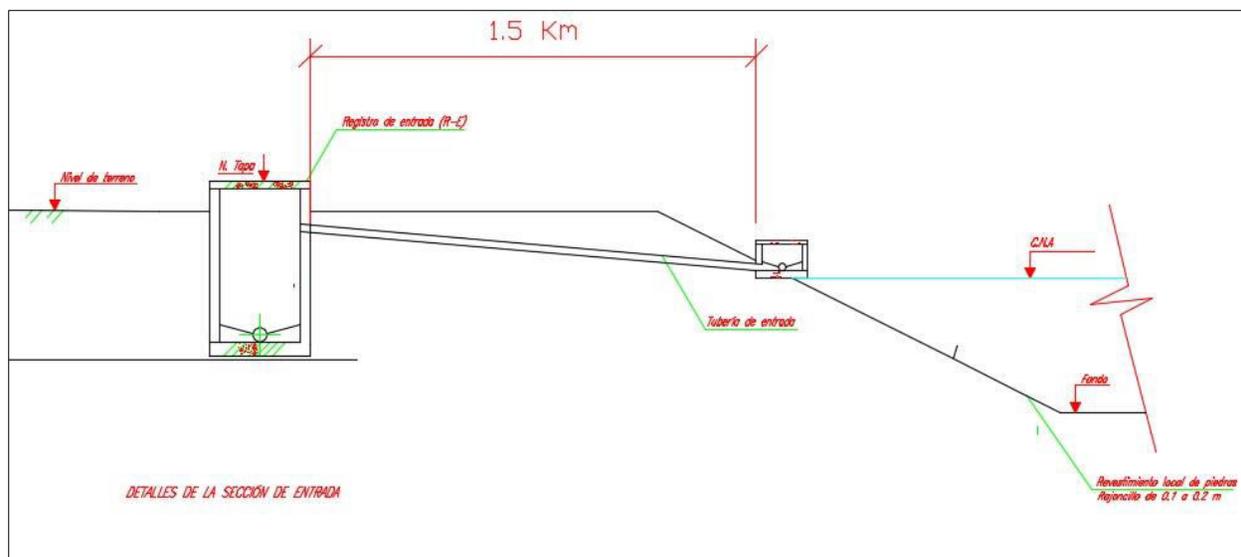


Figura 12. Detalle de planta laguna de oxidación de Zapatos cesar y detalle de perfil colector de entrada al STAR. Fuente: Autores del proyecto.

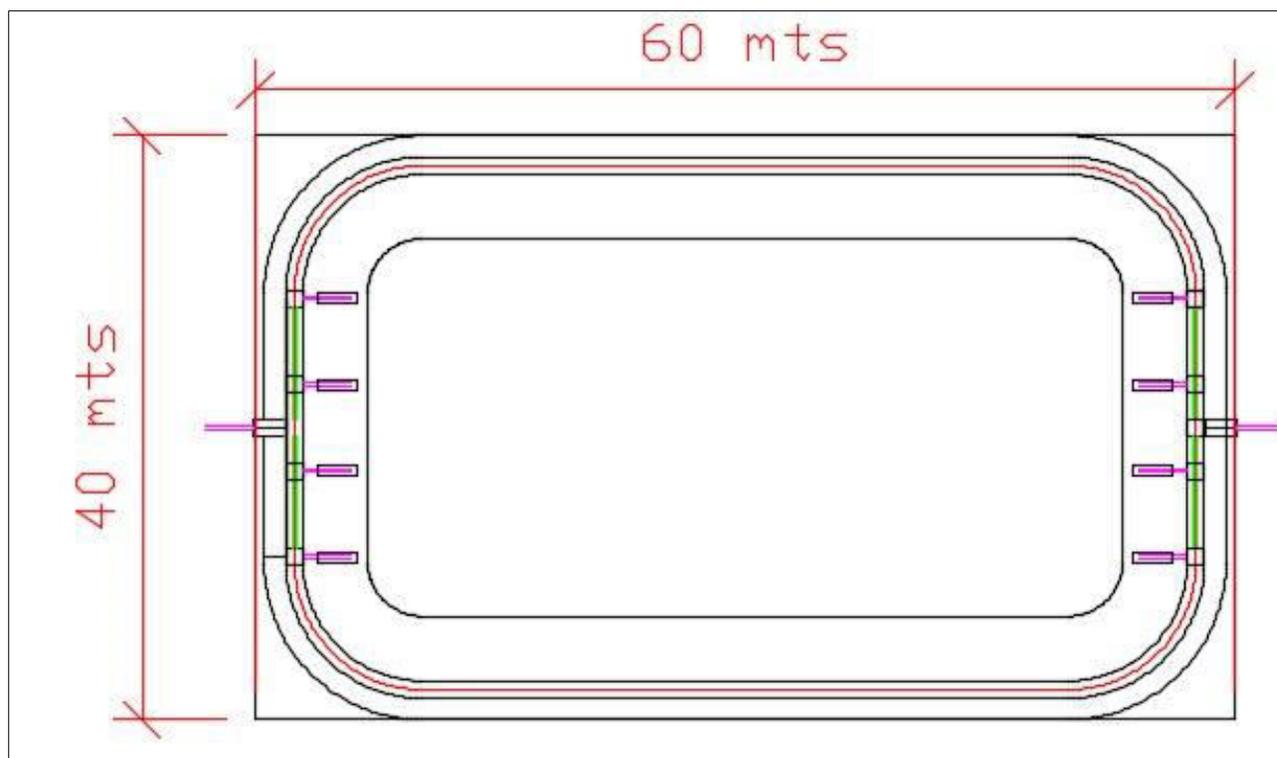


Figura 13. Detalle de planta laguna de oxidación de Zapatos cesar y detalle de perfil colector de entrada al STAR. Fuente: Autores del proyecto.

**4.1.7.5 Deficiencias del servicio de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales.** El servicio de alcantarillado presenta deficiencias en cuanto a la cobertura, calidad y continuidad prestacional del servicio, originado en gran medida por la falta de interés municipal e institucional.

Gracias a varios recorridos realizados dentro del corregimiento se pudieron establecer las alcantarillas que durante años han presentado fallas en su funcionamiento y que la misma comunidad señaló como focos de problemas ambientales y de salubridad. Ver Figura (14)



Figura 14. Evidencia alcantarillas en mal estado.

Fuente: Autores del proyecto, 2020.

En la laguna de oxidación se presenta problemas por la falta de cercamiento y limpieza del terreno convirtiéndose en un latente peligro para animales o personas que allí se acercan. Los olores emanados son fuertes y el agua que sale por el vertimiento es de color verde claro y con presencia de espuma. Por la continua desaparición de la geo membrana y el levantamiento de ella

en gran parte de laguna se crea la hipótesis que puede existir problemas de infiltración pero que por recursos económicos no se pudo realizar este estudio.

**4.1.7.6 Percepción de la comunidad.** Es importante empezar diciendo que quien fuera el propietario del terreno donde se encuentra ubicada la laguna de oxidación expresa mucho inconformismo por el deterioro de su predio en general y por el daño ambiental y económico que esto le ha repercutido pues los animales que beben agua del caño se enferman por la condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de la misma, de igual forma los olores emanados y la poca fe que le tiene al agua de su consumo por posibles problemas de infiltración son algunas de las quejas dadas por el propietario. Es así que aguas abajo del vertimiento se ve el deterioro de paisaje ya que el agua permanece casi que estancada por tal razón no se pudo aforar, su color es verde oscuro y no se observa presencia de peces.



*Figura 15* Ubicación de la laguna dentro de la Finca.

Fuente: Autores (2020)

La percepción de la comunidad con relación al estado actual del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales del corregimiento de Zapatosa cesar se midió a través de una encuesta realizada a una parte de la población objeto de estudio con un total de 332 encuestas.

El resultado general de dicha encuesta demuestra el inconformismo de la comunidad por la poca o nula atención que la administración municipal y la empresa encargada muestran ante este tema. Nota: el total de muestras que se realizaron fue el resultado obtenido de la aplicación la siguiente formula:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q}$$

Donde;

K: nivel de confianza: posibilidad de no cometer errores.

P y Q: Probabilidades a favor y en contra del evento.

N: tamaño de la población.

E: error experimental, oscila de 0% a 10%

A continuación, se presentan las preguntas realizadas en la encuesta con sus respectivas respuestas y estadísticas. Ver Figuras 16 hasta la 24.

1. ¿Sabe usted que son las aguas residuales?



Figura 16. Gráfica sobre el conocimiento que posee los habitantes del corregimiento respecto al concepto de agua residual. Fuente: Autores del proyecto.

2. ¿Conoce que es la contaminación por vertimientos de aguas residuales?



Figura 17. Gráfica sobre la población representativa encuestada que conoce y desconoce la contaminación por vertimientos de aguas residuales. Fuente: Autores del proyecto.

3. ¿Conoce la diferencia entre los tipos de aguas residuales, ARD Y ARND?



Figura 18. Gráfica, población que conoce y desconoce los tipos de ARD Y ARND. Fuente: Autores del proyecto.

4. ¿Qué tipo de agua residual genera en su hogar?

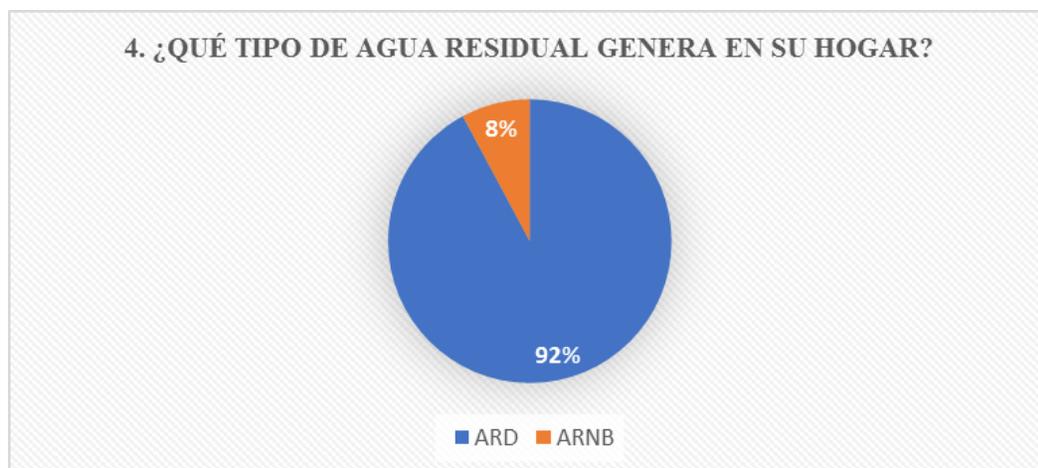
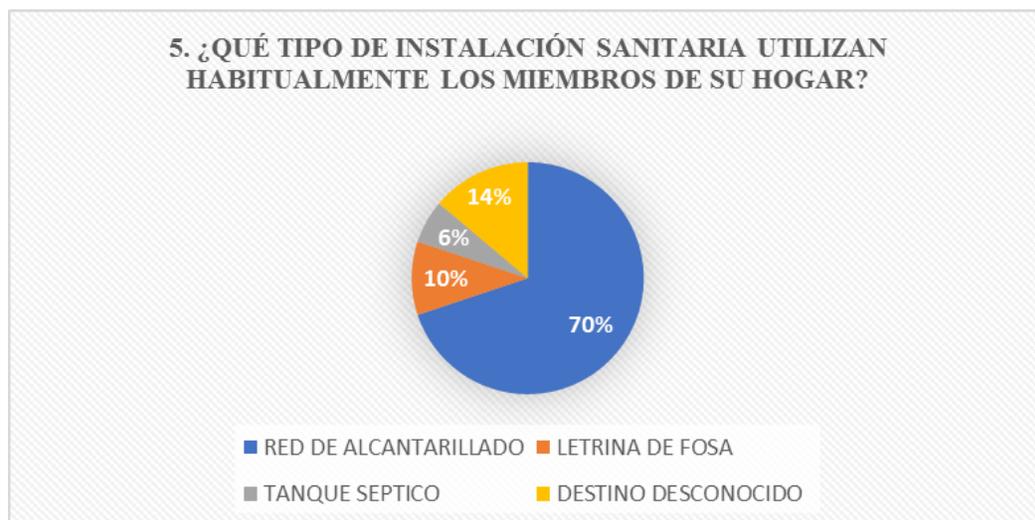


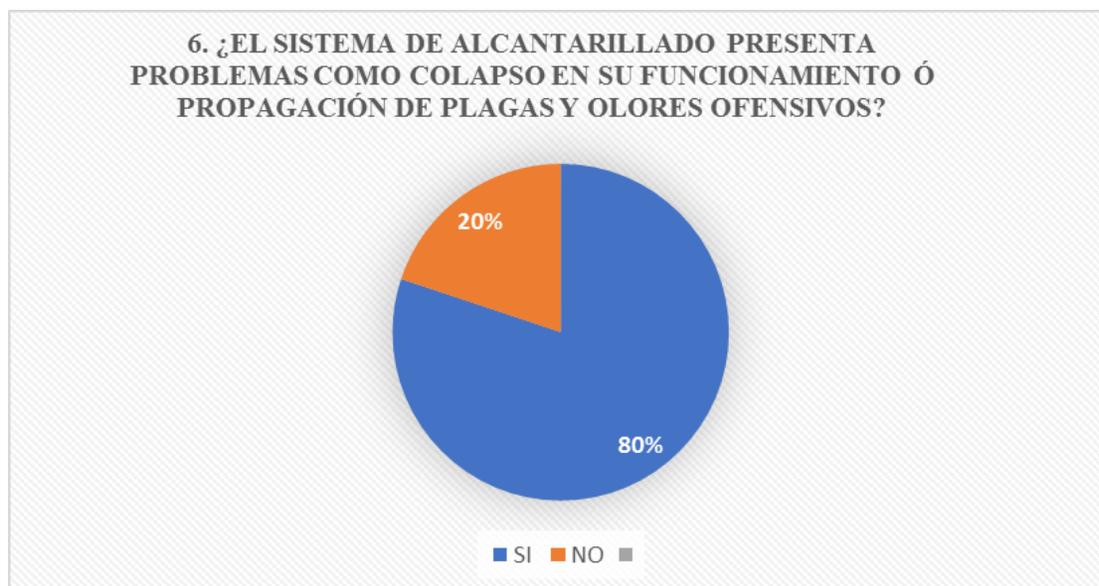
Figura 19. Gráfica sobre el conocimiento del tipo de agua residual que se genera en cada vivienda encuestada. Fuente: Autores del proyecto.

5. ¿Qué tipo de instalación sanitaria utilizan habitualmente los miembros de su hogar?



*Figura 20.* Gráfica sobre el tipo de instalación sanitaria que utilizan las familias encuestadas. Fuente: Autores del proyecto.

6. ¿El sistema de alcantarillado presenta problemas como colapso en su funcionamiento o propagación de plagas y olores ofensivos?



*Figura 21.* Gráfica sobre el funcionamiento del sistema de alcantarillado según percepción de la comunidad. Fuente: Autores del proyecto.

7. ¿Qué sistema de tratamiento de aguas residuales hay en el corregimiento?

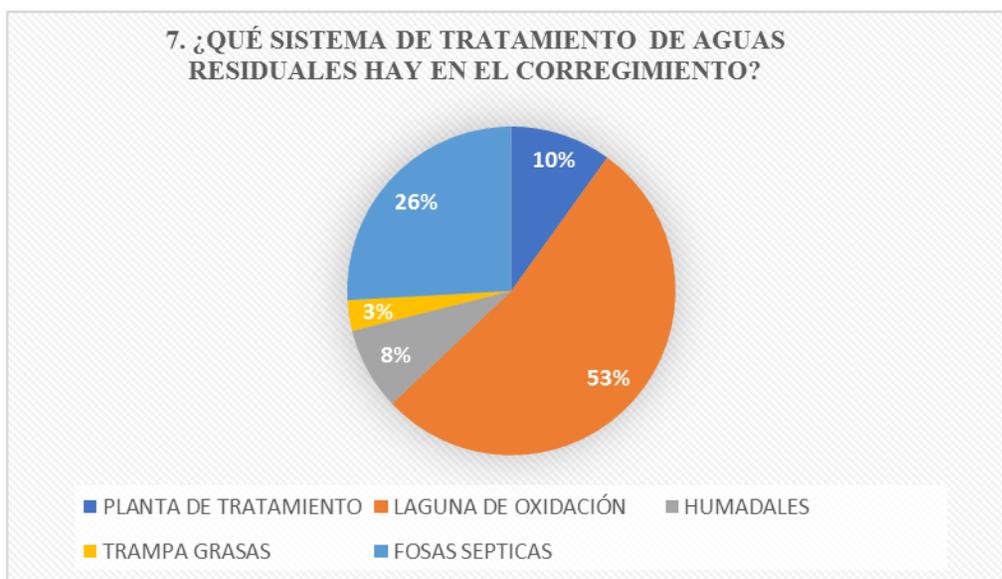


Figura 22. Gráfica sobre el conocimiento del sistema de tratamiento del corregimiento. Fuente: Autores del proyecto.

8. ¿Dónde son vertidas las aguas residuales que pasan por el sistema de alcantarillado y el sistema de tratamiento del corregimiento?

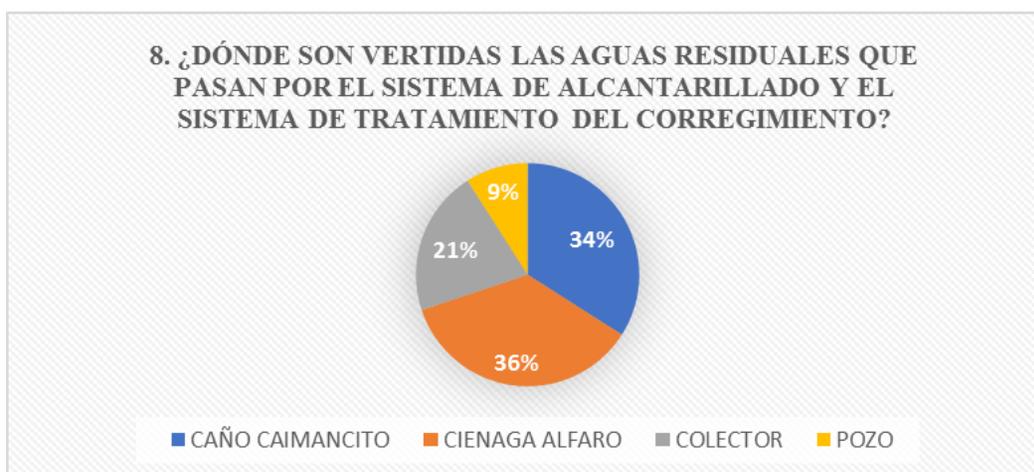
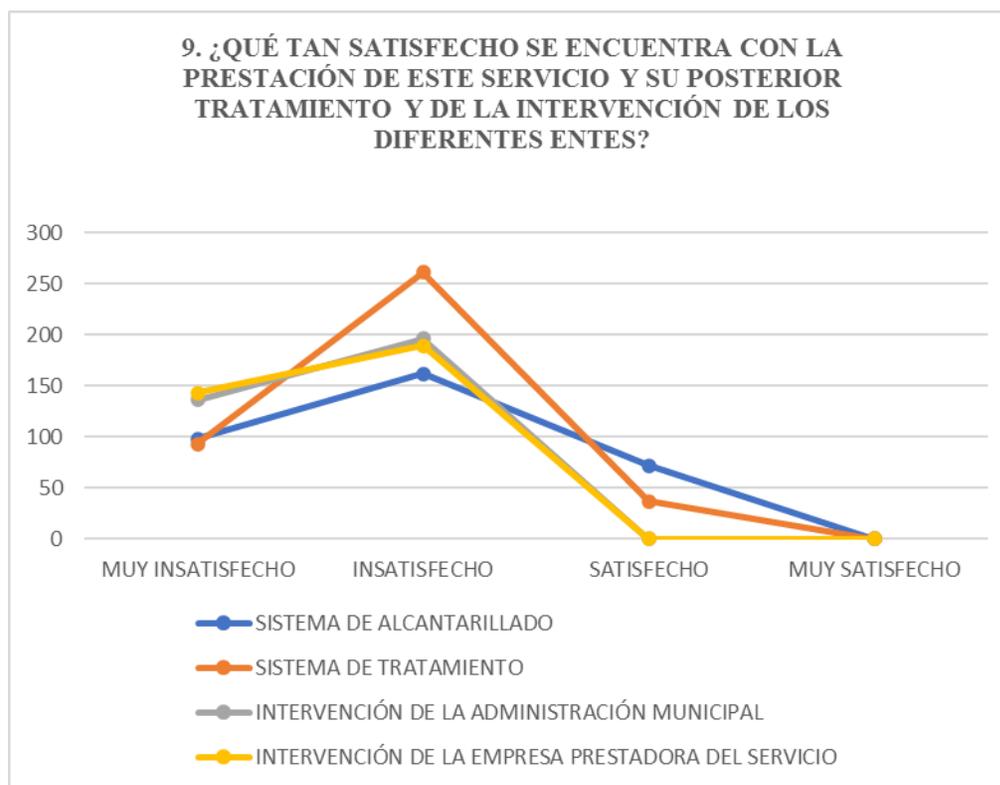


Figura 23. Gráfica conocimiento según la población del vertimiento de las aguas residuales después del tratamiento. Fuente: Autores del proyecto.

9. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la prestación de este servicio y su posterior tratamiento y de la intervención de los diferentes entes?



*Figura 24.* Gráfica sobre la satisfacción por parte de la población encuestada respecto al tratamiento a las aguas residuales y el compromiso institucional. Fuente: Autores del proyecto.

Posteriormente se tabuló la información tal y como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

*Encuesta realizada a la población del Corregimiento de Zapatosa Cesar*

| ENCUESTA  |                       |            |  |
|---|-----------------------|------------|--|
| PREGUNTAS   | RESPUESTAS            | RESULTADOS | ANALISIS   |
| 1. ¿Sabe qué son las aguas residuales?  | SI                    | 262        | de acuerdo a los resultados se puede evidenciar que la población sabe que son aguas residuales   |
|   | NO                    | 70         |  |
| 2. ¿Conoce qué es la contaminación por vertimientos de aguas residuales?  | SI                    | 249        | la población es consciente de que es contaminación por vertimiento de aguas residuales de acuerdo al resultado obtenido                                  |
|   | NO                    | 83         |  |
| 3. ¿Conoce la diferencia entre los tipos de aguas residuales, la ARD y ARND?  | SI                    | 232        | la población conoce la diferencia entre agua residual doméstica y agua residual no domestica   |
|   | NO                    | 100        |  |
| 4. ¿Qué tipo de agua residual genera en su vivienda?  | ARD                   | 306        | la población conoce en su mayoría el tipo de agua residual que genera de acuerdo con el resultado  |
|   | ARND                  | 26         |  |
| 5. ¿Qué tipo de instalación sanitaria utilizan habitualmente los miembros de su hogar?  | Red de Alcantarillado | 232        | la población en su mayoría utiliza por instalación sanitaria la red de alcantarillado  |
|   | Letrina de fosa       | 34         |  |
|   | Tanque séptico        | 20         |  |
|   | Destino desconocido   | 46         |  |
| 6. ¿El sistema de alcantarillado presenta problemas tales como el colapso en su funcionamiento o la propagación de plagas y olores ofensivos? | SI                    | 266        | la población manifiesta que los sistemas de alcantarillado presentan fallas en su funcionamiento que produce la propagación de plagas y olores ofensivos |
|   | NO                    | 66         |  |
| 7. ¿Qué sistema de tratamiento de aguas residuales hay en el corregimiento?   | Planta de tratamiento | 33         | la población conoce que el sistema de tratamiento que existe en el corregimiento para el tratamiento de las aguas residuales es laguna de oxidación      |
|   | laguna de oxidación   | 176        |  |
|   | Humedales             | 27         |  |
|   | Trampas grasas        | 10         |  |
|   | Fosas sépticas        | 86         |  |

Continuación Tabla 8

|  |   |              |   |
|--|---|--------------|---|
| 8. ¿Dónde son vertidas las AR que pasan por el sistema de alcantarillado y el sistema de tratamiento del corregimiento?                          | Caño de caimancito                                  | 113          | la población manifiesta que las aguas que pasan por los sistemas de alcantarillado y posterior tratamiento es la ciénaga Alfaro y está bien pero el vertimiento se hace en primera instancia en el caño caimancito que a su vez desemboca en la ciénaga alfaro.     |
|  | Ciénaga Alfaro                                      | 119          |   |
|  | Colector  | 70           |   |
|  | Pozo  | 30           |   |
| 9. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la prestación del servicio de alcantarillado y su tratamiento y la intervención de los diferentes entes? | Sistema de alcantarillado                           | INSATISFECHO | la insatisfacción presentada por la población en los 4 ítems se debe principalmente por la poca atención brindada por parte de los diferentes entes administrativos y ambientales a un tema de suma importancia en cuanto a saneamiento básico en el corregimiento. |
|  | Sistema de tratamiento                              | INSATISFECHO |   |
|  | intervención de la administración municipal         | INSATISFECHO |   |
|  | intervención de la empresa prestadores del servicio | INSATISFECHO |   |

*Nota.* La tabla No. 8 muestra la percepción de la comunidad frente a la problemática de aguas residuales que enfrenta el corregimiento de Zapatoza Cesar. Fuente: Autores del proyecto.

**4.1.7.7 Delimitación del perímetro sanitario.** Según el PSMV el perímetro sanitario del corregimiento se localiza entre las coordenadas Latitud= 9° 0'53.948 "N, y Longitud= 73°45'36.457"O.

**4.1.8 Población.** A continuación, se detalla la población analizada.

**4.1.8.1 Población actual.** El área de estudio tiene en la actualidad una población aproximada de 2540 habitantes según datos del Sisbén y planeación municipal.

**4.1.8.2 Población futura.** De acuerdo al PSMV de Zapatosa para el corregimiento se puede observar un nivel de complejidad MEDIO, esto se debe a que el número de población en esta zona es de 2540 habitantes según datos del Sisbén y planeación municipal; para efectos se realiza la proyección de los 10 años por el método Geométrico:

$$Pf = Puc + Puc - Pci \times (Tf - Tuc) \text{ Tuc} - Tci$$

Donde;

Pf: población proyectada o futura.

Puc: población de último año censado.

r: Tasa de crecimiento anual.

Tf: año de proyección población.

Tuc: último año censado.

#### **4.1.9 Lista de chequeo para análisis de funcionamiento del sistema de tratamiento.**

Para realizar el análisis del funcionamiento del sistema de tratamiento se implementó una lista de chequeo que permitió verificar el funcionamiento, operación, mantenimiento y las sustancias químicas requeridas para el tratamiento de las aguas residuales.

Además de conocer y verificar el funcionamiento del sistema de tratamiento de Agua Residuales de la laguna de oxidación, permitió realizar un seguimiento y verificar el cumplimiento de la normatividad legal vigente aplicable a los vertimientos. Ver Tablas 9 y 10.

Tabla 9

*Proyección de la población de Zapatosa Cesar*

| <b>PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE ZAPATOSA</b> |                        |
|---|------------------------|
| <b>AÑO</b>                                    | <b>Población (Hab)</b> |
| <b>2019</b>                                   | 2540                   |
| <b>2020</b>                                   | 2615                   |
| <b>2021</b>                                   | 2691                   |
| <b>2022</b>                                   | 2819                   |
| <b>2023</b>                                   | 2978                   |
| <b>2024</b>                                   | 3201                   |
| <b>2025</b>                                   | 3492                   |
| <b>2026</b>                                   | 3864                   |
| <b>2027</b>                                   | 4339                   |
| <b>2028</b>                                   | 4943                   |
| <b>2029</b>                                   | 5713                   |

*Nota.* La tabla No, 9 determina la proyección de la población para el corregimiento de Zapatosa. Fuente: PSMV, (2019).

Tabla 10

*Lista de chequeo*

| <b>LISTA DE CHEQUEO</b>             |  |               |   |
|-------------------------------------|--|---------------|---|
| Nombre del sistema de Tratamiento   | Laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa Cesar                                      |               |   |
| Objetivo de la Visita               | Verificar el Funcionamiento y Operación del Sistema de Tratamiento de la laguna de oxidación |               |   |
| Dirección                           | ZAPATOSA   |               |   |
|                                     |  | <b>Cumple</b> |   |
|                                     | <b>Indicadores/ Variables</b>  | <b>SI</b>     | <b>NO</b>   |
| El Mantenimiento General se realiza | Trimestral   |               |   |
|                                     | Semestral  |               |   |
|                                     | Anual  |               |   |
|                                     | Nunca  | X             |   |
|                                     |  |               | <b>OBSERVACIONES</b>  |
|                                     |  |               | Dentro del sistema según es manifestado nunca se le ha realizado ningún tipo de mantenimiento |

Continuación Tabla 10

| Permiso de Vertimientos | Concedido<br>En Tramite   |   | No se tiene permiso de vertimientos   |
|-------------------------|---|---|---|
|                         | Tiene   | X |   |
| Procesos                | ¿Se cuenta con un tratamiento preliminar en el sistema?   | X | El sistema no cuenta con un tratamiento preliminar que ayude a optimizar el tratamiento de las aguas residuales que allí son vertidas   |
|                         | ¿Cuenta con sustancias químicas necesarias para el adecuado tratamiento?                        | X | No se cuenta con ninguna sustancia química que ayude en el tratamiento de las aguas   |
|                         | ¿se realiza de manera adecuada el control de la biomasa?  | X | dentro del sistema no se realiza el control de la biomasa   |
|                         | ¿El sistema cuenta con un sistema de bombeo eficiente?  | X | cuenta con equipos de bombeo eficiente en su sistema de tratamiento que ayuda a que el agua que llega al colector sea transportada a la laguna  |
|                         | ¿El sistema de tratamiento presenta fugas de Agua residual?                                     | X | No existen fugas visibles   |
|                         | ¿Se realiza control diario a la calidad del vertimiento?  | X | No se realiza ningún tipo de análisis en el vertimiento diariamente   |
|                         | ¿Se realiza monitoreo al sistema de tratamiento por parte de un laboratorio externo acreditado? | X | Cuando la administración municipal tomo las muestras fueron llevadas a un laboratorio acreditado, de igual forma en nuestro proyecto los análisis fueron hechos en laboratorios acreditados |
|                         | ¿Se realiza control sobre la vegetación en las instalaciones?                                   | X | Son realizadas por el señor que vendió el predio para la ocupación del mismo, pero ni administración municipal ni la empresa prestadora del servicio se ocupan de ello                      |
|                         | Mantenimiento a las instalaciones eléctricas  | X | Observaciones: No la manejan ellos  |

*Nota:* La tabla No. 10 muestra la lista de chequeo la cual permite la verificación de los procesos. Fuente: autores del proyecto

**4.1.10 Evaluación ambiental del área de influencia de la laguna.** De igual forma se realizó una evaluación ambiental del área de influencia de la laguna por medio de dos matrices de impacto ambiental, la primera matriz es de la evaluación por componentes ambientales y etapas que se presentan en el funcionamiento del sistema de evacuación y tratamiento de las

aguas residuales y la segunda matriz es basada en la metodología de Vicente Conesa. a continuación, se presentan las dos matrices y sus respectivos análisis. (Tabla 11)

Tabla 11

*Matriz por componentes y etapas de la Laguna*

|          |   | ETAPAS  |          |        |             |             |     |     |
|----------|---|---|----------|--------|-------------|-------------|-----|-----|
|          |   | Alcantarillado  | Colector | Laguna | Vertimiento | Porcentajes |     |     |
| ABIOTICO | AIRE  | ¿Se Presenta contaminación por ruido?   |          | X      |             | 5           | 10% |     |
|          |   | ¿Se presenta contaminación por olores ofensivos?                                      | x        | X      | x           |             |     | x   |
|          | ¿Se presenta alteración de las propiedades fisicoquímicas?  | x   |          |        | x           |             |     |     |
|          | ¿Se presenta activación o aceleración de procesos erosivos? | x   |          | x      | x           |             |     |     |
|          | SUELO   | ¿Se presenta contaminación del suelo?   | x        |        | x           | x           | 11  | 23% |
|          |   | ¿Se presentan desestabilización o desprendimientos de taludes o formaciones de suelo? | x        |        | x           | x           |     |     |

Continuación Tabla 11

|                |                       |   |          |          |          |          |           |             |
|----------------|-----------------------|---|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|
|                |                       | ¿Se presenta contaminación del agua por sustancias tóxicas?                 |          | X        | x        | x        |           |             |
|                | <b>AGUA</b>           | ¿Se presenta contaminación del agua por sustancias biodegradables?          | x        | X        | x        | x        | 12        | 25%         |
|                |                       | ¿Se presenta disminución o aumento de caudales?                             |          |          |          | x        |           |             |
|                |                       | ¿Se presenta deterioro de la calidad del agua?                              | x        | X        | x        | x        |           |             |
|                | <b>FAUNA</b>          | ¿Se presenta pérdida de fauna terrestre?                                    | x        | X        | x        |          | 5         | 10%         |
|                |                       | ¿Se presenta deterioro en la composición y estructura faunística?           |          |          | x        | x        |           |             |
|                | <b>FLORA</b>          | ¿Se modificación de la cobertura vegetal herbácea?                          | x        |          |          |          | 4         | 8%          |
| <b>BIOTICO</b> |                       | ¿Se presenta modificación de la cobertura vegetal boscosa?                  | x        |          | x        | x        |           |             |
|                | <b>BIOTA ACUATICA</b> | ¿Se presenta pérdida o disminución de recurso hidrobiológico?               |          |          | x        | x        | 3         | 6%          |
|                |                       | ¿Se presenta deterioro en la composición y estructura de la biota acuática? |          |          |          | x        |           |             |
|                | <b>SOCIAL</b>         | ¿con la operación del proyecto se generará empleo?                          | x        | X        | x        | x        | 4         | 8%          |
|                |                       | ¿con la ejecución del proyecto afecta la salud de la población?             | x        | X        | x        | x        | 4         | 8%          |
| <b>TOTAL</b>   |                       |   | <b>6</b> | <b>5</b> | <b>2</b> | <b>6</b> | <b>48</b> | <b>100%</b> |
|                |                       |   | 31,58    | 26       | 11       | 32       | 19        |             |
|                |                       |   | 100%     |          |          |          |           |             |

*Nota.* La tabla No. 11 muestra la matriz por componentes y etapas de la laguna. Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a la matriz por componentes y etapas de la laguna de oxidación se puede determinar que los componentes más afectados son el agua y el suelo con porcentajes de afectación del 25% y 23% respectivamente; de igual manera se observa que existe un impacto positivo en cuanto a la generación de empleo en los habitantes de la población ya que se requiere un operario para vigilar el funcionamiento y las instalaciones de la laguna de oxidación.

En cuanto a las etapas o procesos que hay en el sistema se evidencia que la laguna de oxidación obtuvo un porcentaje de afectación de 32% seguido del sistema de alcantarillado con un porcentaje de afectación de 31,58. Que el sistema de alcantarillado se ubique de segundo en esta matriz indica que durante el transporte de las aguas residuales existen falencias como:

- el taponamiento de alcantarillas
- rebose de letrinas
- alcantarillas destapadas emanando olores ofensivos
- proliferación de vectores cuando las alcantarillas se rebosan o emanan el agua a las calles y demás efectos indirectos que de ellos se desprende.

La siguiente matriz es la basada en la metodología de Vicente Conesa. (Tabla 12)

Tabla 12

Matriz de acuerdo a la metodología de Vicente Conesa.

| MEDIO    | COMPONENTE | IMPACTOS  | NATURALEZA  | INTENSIDAD | EXTENSION | MOMENTO | PERSISTENCIA | REVERSIBILIDAD | SINERGIA | ACUMULACION | EFECTO | PERIODICIDAD | RECUPERABILIDAD | IMPORTANCIA | VALORACIÓN  |
|----------|------------|---|---|------------|-----------|---------|--------------|----------------|----------|-------------|--------|--------------|-----------------|-------------|-------------|
| ABIOTICO | AIRE       | ¿Se Presenta contaminación por ruido?   | N   | 2          | 2         | 1       | 1            | 1              | 1        | 1           | 1      | 2            | 1               | 19          | irrelevante |
|          |            | ¿Se presenta contaminación por olores ofensivos?                                      | N   | 4          | 2         | 5       | 2            | 2              | 4        | 4           | 4      | 4            | 4               | 45          | moderado    |
|          |            | ¿Se presenta alteración de las propiedades fisicoquímicas?                            | N   | 4          | 1         | 2       | 1            | 1              | 2        | 4           | 4      | 2            | 2               | 32          | moderado    |
|          | SUELO      | ¿Se presenta activación o aceleración de procesos erosivos?                           | N   | 2          | 2         | 2       | 1            | 1              | 2        | 4           | 4      | 2            | 2               | 28          | moderado    |
|          |            | ¿Se presenta contaminación del suelo?   | N   | 2          | 2         | 1       | 2            | 1              | 2        | 4           | 4      | 2            | 4               | 30          | moderado    |
|          |            | ¿Se presentan desestabilización o desprendimientos de taludes o formaciones de suelo? | N   | 2          | 2         | 1       | 2            | 1              | 2        | 4           | 4      | 2            | 2               | 28          | moderado    |
|          |            | AGUA  | ¿Se presenta contaminación del agua por sustancias tóxicas? | N          | 2         | 1       | 4            | 2              | 2        | 4           | 4      | 4            | 4               | 4           | 36          |

Continuación Tabla 12

|  |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |          |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----------|
|  |                       | ¿Se presenta contaminación del agua por sustancias biodegradables?          | N | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 36 | moderado |
|  |                       | ¿Se presenta disminución o aumento de caudales?                             | N | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 31 | moderado |
|  |                       | ¿Se presenta deterioro de la calidad del agua?                              | N | 8 | 1 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 57 | severo   |
|  |                       | ¿Se presenta pérdida de fauna terrestre?                                    | N | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 29 | moderado |
|  | <b>FAUNA</b>          | ¿Se presenta deterioro en la composición y estructura faunística?           | N | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 31 | moderado |
|  |                       | ¿Se modificación de la cobertura vegetal herbácea?                          | N | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 32 | moderado |
|  | <b>FLORA</b>          | ¿Se presenta modificación de la cobertura vegetal boscosa?                  | N | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 30 | moderado |
|  |                       | ¿Se presenta pérdida o disminución de recurso hidrobiológico?               | N | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 31 | moderado |
|  | <b>BIOTA ACUÁTICA</b> | ¿Se presenta deterioro en la composición y estructura de la biota acuática? | N | 2 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 31 | moderado |
|  |                       | ¿con la operación del proyecto se generará empleo?                          | p | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 29 | moderado |
|  | <b>SOCIAL</b>         | ¿con la ejecución del proyecto afecta la salud de la población?             | N | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 41 | moderado |

*Nota.* La tabla No. 12 muestra la matriz de acuerdo a la metodología establecida por Vicente Conesa.  
Fuente: Autores del proyecto.

Para la matriz basada en la metodología de Vicente Conesa se establecen 11 criterios a partir de los cuales se determina la importancia del impacto. Dichos criterios se pueden ver en las Figuras 25y 26.

| <b>NATURALEZA</b>                                       |      | <b>INTENSIDAD – I (Grado de destrucción)</b>    |      |
|---|------|---|------|
| - Impacto beneficioso                                   | +    | - Baja  | 1    |
| - Impacto perjudicial                                   | -    | - Media   | 2    |
|   |      | - Alta  | 4    |
|   |      | - Muy alta                                      | 8    |
|   |      | - Total   | 12   |
| <b>EXTENSION – EX (Area de influencia)</b>              |      | <b>MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)</b>    |      |
| - Puntual   | 1    | - Largo plazo                                   | 1    |
| - Parcial   | 2    | - Medio plazo                                   | 2    |
| - Extenso   | 4    | - Inmediato                                     | 4    |
| - Total   | 8    | - Critico                                       | (+4) |
| - Critica   | (+4) |   |      |
| <b>PERSISTENCIA - PE (Permanencia del efecto)</b>       |      | <b>REVERSIBILIDAD (RV)</b>                      |      |
| - Fugaz   | 1    | - Corto plazo                                   | 1    |
| - Temporal  | 2    | - Medio plazo                                   | 2    |
| - Permanente  | 4    | - Irreversible                                  | 4    |
| <b>SINERGIJA – SI (Regularidad de la manifestación)</b> |      | <b>ACUMULACION – AC (Incremento progresivo)</b> |      |
| - Sin sinergismo (simple)                               | 1    | - Simple  | 1    |
| - Sinérgico   | 2    | - Acumulativo                                   | 4    |
| - Muy sinérgico   | 4    |   |      |

Figura 25. Criterios de evaluación para la metodología de Vicente Conesa.

Fuente: Metodología Vicente Conesa.

| EFECTO – EF (Relación causa-efecto)                         |   | PERIODICIDAD – PR (Regularidad de la manifestación) |   |
|---|---|---|---|
| - Indirecto (secundario)                                    | 1 | - Irregular o no periódico y discontinuo            | 1 |
| - Directo   | 4 | - Periódico   | 2 |
|   |   | - Continuo  | 4 |
| RECUPERABILIDAD – MC<br>(Reconstrucción por medios humanos) |   | IMPORTANCIA – I :                                   |   |
| - Recuperable de manera inmediata                           | 1 | $I = + (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$            |   |
| - Recuperable a medio plazo                                 | 2 |   |   |
| - Mitigable   | 4 |   |   |
| - Irrecuperable   | 8 |   |   |

Figura 26. criterios de evaluación para la metodología de Vicente Conesa.

Fuente: Metodología Vicente Conesa.

Siguiendo los resultados obtenidos con la aplicación de la ecuación de importancia, los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes. Los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50. Finalmente, los impactos se consideran severos cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando ésta rebase los 75 puntos.

De acuerdo a los valores de importancia arrojados por la matriz de Vicente Conesa se puede establecer que el deterioro de la calidad del agua en los diferentes procesos que se presenta en el sistema arroja una valoración de tipo severo, esto conduce a que existe la necesidad de aplicar de medidas a que ayuden bien sea a mitigar, compensar o corregir los daños que se desprenden de este impacto.

Los demás impactos están agrupados en una valoración de moderado, con excepción del impacto de contaminación por ruido que presenta una valoración de irrelevante.

De acuerdo a los resultados arrojados por las dos matrices se recomienda implementar las siguientes medidas:

Medidas para el componente agua: Se recomienda efectuar mediciones de las concentraciones de los diferentes parámetros físico químicos para lograr un control más estricto y un mayor rendimiento parámetros tales como: DBO, fluctuaciones de pH y oxígeno disuelto, pH del agua del afluente y efluente, SST, Nitratos y fosfatos.

Medidas para el componente suelo: se deben reutilizar las capas orgánicas que son extraídas del suelo en el descapote y las posibles excavaciones que se presenten en el área de la laguna, de igual forma en la empradizada de los taludes.

Medidas para el componente aire: los olores frecuentemente se presentan por la descomposición de masa de algas acumuladas por la acción del viento en una esquina de la laguna, que pueden crecer muy rápidamente y extenderse por toda la superficie lagunar y reducir la penetración de la luz en el agua. para mitigar el efecto de la generación de olores se debe implementar la siembra de árboles alrededor de esta, de tal manera que permitan la formación de una barrera de protección que impida a la vez la agitación de la superficie.

#### **4.2 Calcular los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el sistema de tratamiento de la laguna de oxidación.**

Una vez realizado el diagnóstico del sistema de tratamiento de las aguas residuales del corregimiento de Zapatosa Cesar y posterior evaluación de los impactos ambientales se procedió con la segunda fase que consistió en calcular los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua residual.

Para llevar a cabo este segundo ciclo, fue necesario ejecutar un plan de muestreo simple en diversos puntos del sistema con el fin de caracterizar el agua residual, este muestreo se llevó a cabo en la entrada y salida del sistema, así mismo aguas arriba y aguas abajo del cuerpo de agua receptor llamado “Caño Caimancito”

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización físico química y microbiológica realizada a las aguas residuales domésticas y al cuerpo de agua receptor “Caño Caimancito” del corregimiento de Zapatosa Cesar, según el muestreo realizado en el mes de marzo y julio, según los procedimientos establecidos en el *Standard Methods* edición 21 de 2005.

**4.2.1 Descripción del área de estudio.** El muestreo de las aguas residuales domésticas y del cuerpo de agua receptor (caño Caimancito) del corregimiento de Zapatosa César, se llevó a cabo los días 12 de marzo y 22 de julio de 2020 según el plan de muestreo planteado.

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del corregimiento de Zapatosa, cesar está compuesto por una piscina de estabilización de procesos aerobios, a la cual llegan las aguas servidas del corregimiento desde hace 5 años. Esta agua tratada vierte a la ciénaga de “Alfaro” mediante un caño pequeño llamado “Caimancito”.

A continuación, en la Tabla 13 se detallan los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas geográficas.

Tabla 13

*Georreferenciación sitios de muestreo del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación del corregimiento de Zapatosa César.*

| PUNTO  | COORDENADAS                        |              | ALTITUD   |
|--|------------------------------------|--------------|-----------|
|  | N                                  | W            |           |
|  | <b>AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</b> |              |           |
| <b>Colector de las aguas</b>                 | 9° 0'34.27"                        | 73°45'33.89" | 32.1 msnm |
| <b>Vertimiento de la laguna de oxidación</b> | 9° 0'53.54"                        | 73°45'36.36" | 33.9 msnm |
|  | <b>AGUAS SUPERFICIALES</b>         |              |           |
| <b>Aguas arriba del caño el “Caimancito”</b> | 9° 0'54.13"                        | 73°45'36.65" | 34.3 msnm |
| <b>Aguas abajo del caño</b>                  | 9° 0'54.49"                        | 73°45'36.05" | 33.5 msnm |

*Nota.* La tabla muestra los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas geográficas. Fuente: Autores del proyecto.

Las observaciones presentadas durante la jornada de muestreo de las aguas residuales domésticas y del cuerpo de agua receptor (caño caimancito) del corregimiento de Zapatosa, se relacionan a continuación:

**Condición climática.** El día 12 de marzo durante el muestreo se presenció un día despejado seco, sin embargo, el día 22 de julio se presenció lluvia la noche anterior, con una sensación térmica de 25°C.

**Condición laguna de estabilización.** La piscina se encuentra en un deterioro constante, ya que se han venido presentando robos de la geo-membrana y prácticamente ya no existe para recubrir la zona, también la presencia de abundante vegetación dentro de la laguna es evidente.

**Condición del punto de vertimiento con el cuerpo de agua.** El punto exacto donde se encuentran las aguas permanece con un color verde-café, con formación in situ de iridiscencia, cabe resaltar que este cuerpo de agua pequeño es utilizado para abastecer a los animales que se encuentran dentro de la finca donde está ubicada la laguna.

**Caudal.** No fue posible medir caudales en la entrada al sistema de tratamiento ni en el cuerpo de agua receptor, ya que la entrada al sistema cuenta con un pozo donde la profundidad es considerable y existe un riesgo al manipularlo, en segundo lugar, no se pudo medir caudal en el caño ya que el ecosistema es totalmente lentic.

En las siguientes figuras se muestran los puntos muestreados en el sistema de tratamiento de las aguas residuales.



*Figura 27* Entrada de las aguas residuales al sistema de tratamiento. (colector)  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 28* Entrada de las aguas residuales al sistema de tratamiento. (colector)  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 30* Cámara de entrada agua residual a la laguna de oxidación.  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 29* Cámaras de entrada agua residual a la laguna de oxidación.  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 31.* Punto vertimiento (salida del sistema)  
Fuente: Autores (2020)



*Figura 32.* Zona de mezcla Caño Caimancito  
Fuente: Autores (2020)

**4.2.2 Descripción general de las muestras.** La recolección de las muestras estuvo a cargo de los autores del proyecto, siguiendo las especificaciones establecidas de acuerdo a lo estipulado por el Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000 en su documento RAS 2000 en su sección II título E capítulo E2; 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.

Para la toma de muestras se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

**Recipientes.** Para la toma de las muestras fue necesario realizar una preparación a cada uno de los recipientes según el procedimiento establecido por el Laboratorio de Aguas UFPSO, siguiendo las especificaciones del Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000.

La rotulación de los recipientes se realizó antes del muestreo, teniendo cada rótulo la siguiente información: nombre de la muestra, fecha, hora, responsable, T°, lugar, época, tipo de análisis, coordenadas.

Tabla 14

*Preservación y tiempo de almacenamiento de las muestras*

| PARÁMETRO                                | VOLUMEN (ML) | RECIPIENTE   | PRESERVATIVO   | TIEMPO DE ALMACENAMIENTO     |
|--|--------------|--------------|--|------------------------------|
| <b>Análisis in situ</b>                  |              |              |  |                              |
| Oxígeno disuelto                         | 25           | Vidrio       | No requiere  | In situ                      |
| Ph                                       | 25           | Plástico     | No requiere  | In situ                      |
| Temperatura del agua                     | 25           | Vidrio       | No requiere  | In situ                      |
| Temperatura ambiente                     | 25           | Vidrio       | No requiere  | In situ                      |
| <b>Análisis de laboratorio</b>           |              |              |  |                              |
| Sólidos disueltos, suspendidos y totales | 1000         | Plástico     | Refrigerar   | 7 d/2 - 7 días               |
| Dureza                                   | 100          | Plástico     | Adicionar HNO <sub>3</sub> a pH< 2   | 6 meses/ 6 meses             |
| Nitrógeno amoniacal                      | 500          | Plástico     | H <sub>2</sub> S <sub>04</sub> a pH< 2; refrigerar Analizar tan pronto como sea posible o refrigerar | 7 d / 28 días                |
| Color real                               | 500          | Plástico     | Refrigerar   | 48 h / 48 h                  |
| Nitritos                                 | 200          | Plástico     | Adicionar H <sub>2</sub> S <sub>04</sub> Refrigerar, adicionar H <sub>2</sub> S <sub>04</sub> a pH   | ninguno/ 48 días             |
| Sulfatos                                 |              | Plástico     |  | 28 d / 28 días               |
| Hierro                                   |              | Plástico     |  |                              |
| Conductividad                            | 500          | Plástico     | Refrigerar   | 28 d / 28 días               |
| Alcalinidad                              | 200          | Plástico     | Refrigerada  | 24 h /14 días                |
| DQO                                      | 100          | Plástico     | Analizar tan pronto como sea posible o adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH < 2; refrigerar | 7 d / 28días                 |
| DBO <sub>5</sub>                         | 1000         | Plástico     | Refrigerada  | 6 h / 48 h                   |
| Fosfatos                                 | 100          | Plástico     | Para fosfatos disueltos, filtrar inmediatamente; refrigerar  | 48 h /N. S                   |
| Cobre                                    | 500          | Plástico     | Adicionar HNO <sub>3</sub> a pH<2, refrigerar a 4°C.   | 24 h/ 24 h<br>28 d / 28 días |
| <b>Análisis microbiológicos</b>          |              |              |  |                              |
| Escherichia coli                         | 100          | Plástico (B) | Refrigerar   | 48h                          |
| Coliformes totales                       | 100          | Plástico (B) | Refrigerar   | 48h                          |

*Nota.* La tabla detalla los recipientes y la preservación adecuada que se le debe realizar a las muestras de acuerdo a cada parámetro a analizar. Fuente: Autores del proyecto.

**Tipo de muestreo.** El tipo de muestreo realizado a las aguas residuales domésticas y superficiales del corregimiento de Zapatosa Cesar fue puntual.

**Procedimiento realizado.** En primer lugar, se tomó las muestras físico-químicas y microbiológicas en el colector, lugar previo donde se captan las aguas residuales provenientes de la comunidad de Zapatosa. En este primer paso, se midió el pH y la temperatura del agua y del ambiente, en cuanto a la medición del caudal no fue posible debido a las condiciones en las que se encontraba el sitio ya que el colector es un pozo con una profundidad considerable que al abordarlo conllevaba un riesgo. Luego se tomaron las muestras físico-químicas y microbiológicas en el punto de vertimiento de la laguna de oxidación, allí mismo se midió el pH y la temperatura del agua y del ambiente. La medición del caudal en este punto se realiza mediante método volumétrico donde fue necesario utilizar un recipiente con un volumen de 10 litros. En tercer lugar, se tomó las muestras físico-químicas y microbiológicas en los puntos de contacto del vertimiento de la laguna de oxidación con el caño “Caimancito” y aguas arriba del mismo, igualmente se midió la temperatura ambiente y del agua. En este sitio no fue posible medir caudales ya que el cuerpo de agua es totalmente lenticó.

Por último, se hizo el envío de las 4 muestras simples puntuales al Laboratorio de Aguas de la UFPSO para el respectivo análisis de parámetros.

**4.2.3 Cuadro comparativo entre los parámetros obtenidos y la resolución.** En la Tabla 15 se muestra el cuadro comparativo.

Tabla 15

## Cuadro comparativo

| AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y AGUAS SUPERFICIALES CORREGIMIENTO DE ZAPATOSA CÉSAR | IDENTIFICACIÓN MUESTRA | (OLECTOR  | CC Kg/día | SALIDA LAGUNA | CC Kg/día | % REMOCIÓN | RESOLUCIÓN 631 DE 2015 | CAÑO "CAIMANCITO" AGUAS ARRIBA | CAÑO "CAIMANCITO" AGUAS ABAJO | RESOLUCIÓN 631 DE 2015 |
|---|------------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
|   |                        |           |           |               |           |            | 12-mar-20              | 12-mar-20                      | 12-mar-20                     | 12-mar-20              |
| SUBMISSION:   | FECHA DE MUESTREO      | 12-mar-20 |           | 12-mar-20     |           |            |                        | 12-mar-20                      | 12-mar-20                     |                        |
| Componente  | Unidad                 |           |           |               |           |            |                        |                                |                               |                        |
| ANÁLISIS IN SITU  |                        |           |           |               |           |            |                        |                                |                               |                        |
| CAUDAL  | L/s                    | 1,32      |           | 1,32          |           |            | NR                     | NM                             | NM                            | NR                     |
| OXÍGENO DISUELTO  | mg/L O2                | 1,79      | 0,204     | 0,23          | 0,026     | 87,25      |                        |                                |                               |                        |
| TEMPERATURA DEL AGUA  | °C                     | 26,8      |           | 26,6          |           |            | ≥40                    | 26,5                           | 26,2                          | NR                     |
| TEMPERATURA AMBIENTE  | °C                     | 28,5      |           | 28,5          |           |            | NR                     | 28,6                           | 28,6                          | NR                     |
| PH  | pH                     | 7,81      |           | 7,76          |           |            | 6.00 a 9.00            | 7,01                           | 7.80                          | 6.00 a 9.00            |
| ANÁLISIS DE LABORATORIO   |                        |           |           |               |           |            |                        |                                |                               |                        |
| ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS  |                        |           |           |               |           |            |                        |                                |                               |                        |
| COLOR REAL  | UPtCo                  | 202       | 23,04     | 190           | 21,67     | 7,39       | NR                     | 545                            | 166                           | NR                     |
| NITRITOS  | mg/L N-NO2-            | 0,2046    | 0,023     | 0,2805        | 0,032     | -39,13     | NR                     | 0,3861                         | 0,2607                        | NR                     |
| DUREZA  | mg/L CaCO3             | 58        | 6,61      | 59            | 6,73      | -1,82      | NR                     | 110                            | 48                            | NR                     |
| SULFATOS  | mg/L SO42-             | 20        | 2,28      | 44            | 5,02      | -120       | NR                     | 39                             | 31                            | NR                     |
| FOSFATOS  | mg/L PO43-             | 5         | 0,57      | 3             | 0,34      | 40,35      | NR                     | 2,49                           | 5.9                           | NR                     |
| ALCALINIDAD   | mg/L CaCO3             | 335       | 38,21     | 250           | 28,51     | 25,39      | NR                     | 350                            | 230                           | NR                     |
| CONDUCTIVIDAD   | µS/cm                  | 805       | 91,81     | 595           | 67,86     | 26,09      | NR                     | 471                            | 581                           | NR                     |
| NITRÓGENO AMONIAICAL  | mg/L N-NH3             | >3,5      |           | >3.5          |           |            | NR                     | >3,5                           | >3.5                          | NR                     |

Continuación Tabla 15

|                                    |            |      |       |             |       |         |     |      |      |     |
|------------------------------------|------------|------|-------|-------------|-------|---------|-----|------|------|-----|
| <b>DBO5</b>                        | mg/L O2    | 25   | 2,85  | 21          | 2,4   | 15,79   | NR  | 6    | 28   | 90  |
| <b>DQO</b>                         | mg/L O2    | 131  | 14,94 | 172         | 19,62 | -31,33  | 200 | 202  | 117  | 180 |
| <b>Nitrógeno Kjeldahl</b>          | mg NTK/L   | NM   | NM    | 32          | 3,64  |         | NR  | NM   | NM   | NR  |
| <b>Fósforo total</b>               | mgP/L      | NM   | NM    | 4,89        |       |         | NR  | NM   | NM   | NR  |
| <b>GRASAS Y ACEITES</b>            | mg GyA/L   | NM   | NM    | <10.0(6.71) | 0,77  |         | 20  | NM   | NM   | 20  |
| <b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>       | mg/L       | 4,4  | 0,5   | 1,7         | 0,19  | 61.36   | 5   | 1,8  | 1.6  | 5   |
| <b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b> | mg/L       | 513  | 58,51 | 457         | 52,12 | 10,92   | 100 | 611  | 389  | 90  |
| ANÁLISIS DE METALES                |            |      |       |             |       |         |     |      |      |     |
| <b>COBRE</b>                       | mg/L Cu    | 1,53 | 0,17  | 1,48        | 0,16  | 5,88    | 1   | 1,18 | 0,91 | NR  |
| <b>HIERRO</b>                      | mg/L Fe    | 0,66 | 0,075 | 1,8         | 0,2   | -166,66 | 1   | 12,7 | 1,93 | NR  |
| ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS           |            |      |       |             |       |         |     |      |      |     |
| <b>ESCHERICHIA COLI</b>            | UFC/100 mL | >300 | NM    | >300        | NM    | NM      | NR  | >300 | 31   | NR  |
| <b>COLIFORMES TOTALES</b>          | UFC/100 mL | >300 | NM    | >300        | NM    | NM      | NR  | >300 | >300 | NR  |

*Nota.* La tabla 15 muestra la comparación de los cálculos realizados. Fuente: Autores (2019).

### 4.3 Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de la laguna de oxidación.

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del corregimiento de Zapatosa César se evaluó según el Artículo 8 de la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, igualmente la calidad del agua superficial del caño “Caimancito” (cuerpo de agua receptor) por la cual se establecieron los parámetros y los 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.

Para evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas se determinó la remoción en carga de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos (SS) y Grasas & Aceites (G&A), teniendo en cuenta el cálculo de la carga contaminante de estos parámetros. A continuación, se describe la metodología para este cálculo.

**Cálculo de la Carga Contaminante:** La carga orgánica a la entrada y salida del sistema corresponde a la carga orgánica de los residuos líquidos domésticos que se tratan diariamente en la piscina de estabilización del municipio de Abrego. El cálculo de la carga contaminante requerido para determinar la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento ARD se realiza según la ecuación 1:

$$C_c = Q * C * 0.003688(t) \text{ (ecuación 1)}$$

Donde:

$C_c$  = Carga contaminante (Kg/día)

$Q$  = Caudal (L/s)

C= Concentración del contaminante determinada por el laboratorio (mg/L)

0.0864 = Factor de conversión

t = tiempo de vertimiento por día

Para el cálculo de la carga contaminante se dividió en dos el proceso, es decir, en la tabla 17 se evidencia el cálculo para la entrada del sistema, en esa tabla no se encuentran los parámetros de Nitrógeno Kjeldahl, Fósforo total ni grasas y aceites porque estos no fueron tomados en este punto y el NO APLICA para ESCHERICHIA COLI y COLIFORMES TOTALES hace referencia a que el cálculo no se pudo realizar porque sus resultados aparecen registrados como >300, lo mismo paso con NITROGENO AMONIACAL ya que su resultado registrado es >3.5. La Tabla 16 evidencia el cálculo de la carga contaminante para la salida del sistema de tratamiento.

Tabla 16

*Cálculo de la carga contaminante en la entrada del sistema*

| PARAMETRO                   | CARGA CONTAMINANTE (Kg/día) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| COLOR REAL                  | 23,04                       |
| NITRITOS                    | 0,023                       |
| DUREZA                      | 6,61                        |
| SULFATOS                    | 2,28                        |
| FOSFATOS                    | 0,57                        |
| ALCALINIDAD                 | 38,21                       |
| CONDUCTIVIDAD               | 91,81                       |
| NITRÓGENO AMONIACAL         | NO APLICA                   |
| DBO5                        | 2,85                        |
| DQO                         | 14,94                       |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES       | 0,5                         |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | 58,51                       |

Continuación Tabla 16

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| COBRE              | 0,17      |
| HIERRO             | 0,075     |
| ESCHERICHIA COLI   | NO APLICA |
| COLIFORMES TOTALES | NO APLICA |

*Nota:* la tabla 16 muestra la relación de los parámetros y la carga contaminante en la entrada sistema de tratamiento. Fuente. Autores, 2020

Tabla 17

*Cálculo de la carga contaminante a la salida del sistema de tratamiento*

| <b>PARAMETRO</b>            | <b>CARGA CONTAMINANTE (Kg/día)</b> |
|-----------------------------|------------------------------------|
| COLOR REAL                  | 21,67                              |
| NITRITOS                    | 0,032                              |
| DUREZA                      | 6,73                               |
| SULFATOS                    | 5,02                               |
| FOSFATOS                    | 0,34                               |
| ALCALINIDAD                 | 28,51                              |
| CONDUCTIVIDAD               | 67,86                              |
| NITRÓGENO AMONIACAL         | NO APLICA                          |
| DBO5                        | 2,4                                |
| DQO                         | 19,62                              |
| Nitrógeno Kjeldahl          | 3,65                               |
| Fósforo total               | 0,56                               |
| GRASAS Y ACEITES            | 0,77                               |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES       | 0,19                               |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | 52,12                              |
| COBRE                       | 0,16                               |
| HIERRO                      | 0,2                                |
| ESCHERICHIA COLI            | NO APLICA                          |
| COLIFORMES TOTALES          | NO APLICA                          |

*Nota:* la tabla 17 muestra la relación de los parámetros y la carga contaminante en la salida del sistema de tratamiento. Fuente. Autores, 2020

Una vez calculada la carga contaminante a la entrada y salida del sistema de tratamiento, se calcularon los porcentajes de remoción para DBO5, SS y G&A de acuerdo a la ecuación 2:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Centrada} - \text{C salida}}{\text{Centrada}} * 100 \text{ (ecuación 2)}$$

C = Carga (Kg/día) de entrada y salida en el sistema de tratamiento.

Una vez realizado el cálculo de los parámetros objeto de estudio, se procedió a analizar los resultados dados y verificar el cumplimiento de los requerimientos exigidos por la normatividad ambiental vigente en cuanto a la eficiencia del sistema de tratamiento y la calidad del vertimiento, así como el cuerpo de agua receptor, según la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015.

Para ello fue importante realizar los respectivos cálculos de la carga contaminante diaria que entra y sale al sistema de tratamiento de las aguas residuales del corregimiento, igualmente conocer el nivel de remoción de los contaminantes con el propósito de verificar la efectividad del sistema teniendo en cuenta los porcentajes de remoción, la carga removida y el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015.

En cuanto a la temperatura se refiere, se determinó que el agua residual antes y después del tratamiento no supera los 40°C como lo establece la norma.

Las aguas residuales que se tratan en la laguna de oxidación son provenientes del sector doméstico, contando con altos contenidos de materia orgánica, la cual se puede medir en términos de DBO<sub>5</sub> y DQO. En las siguientes tablas se presentan los resultados de la remoción para estos dos parámetros.

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.

Tabla 18

*Resultados para Demanda Bioquímica de Oxígeno.*

| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO |         |           |         |   |  |                               |  |
|-------------------------------|---------|-----------|---------|---|--|-------------------------------|--|
| Standard Methods              |         |           |         |   |  |                               |  |
| Unidad mg/L O <sub>2</sub>    |         |           |         |   |  |                               |  |
| Muestra                       | Jornada | Variables |         | Evaluación                              |  | Resultado                     |  |
|                               |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | Valor Salida<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | Porcentaje de<br>remoción (%) | Carga removida<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) |
| 1                             | Mañana  | 1.5L      | 6:10 am | 25                                      | 21                                     | 15,79                         | 3,95                                     |

*Nota.* La tabla No. 18 muestra la relación DBO<sub>5</sub> entrada y salida del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida por cada unidad experimental. Fuente: Autores, 2020.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es un importante indicador de cantidad de oxígeno necesario para la degradación de la materia orgánica, durante 5 días a una temperatura de 20°C. En cuanto al momento de la concentración más representativa de materia orgánica se dio en el punto de entrada al sistema de tratamiento del agua residual.

Al comparar los valores obtenidos con los establecidos en la norma (Resolución 0631 de 2015, en su artículo 8) la cual determina que el valor límite máximo permisible (VLMP) es de 90 mg/L O<sub>2</sub>, se determinó que en este parámetro se cumple con la normatividad arrojando valores por debajo del límite, sin embargo, el sistema de tratamiento no logra realizar una remoción eficiente de los contaminantes.

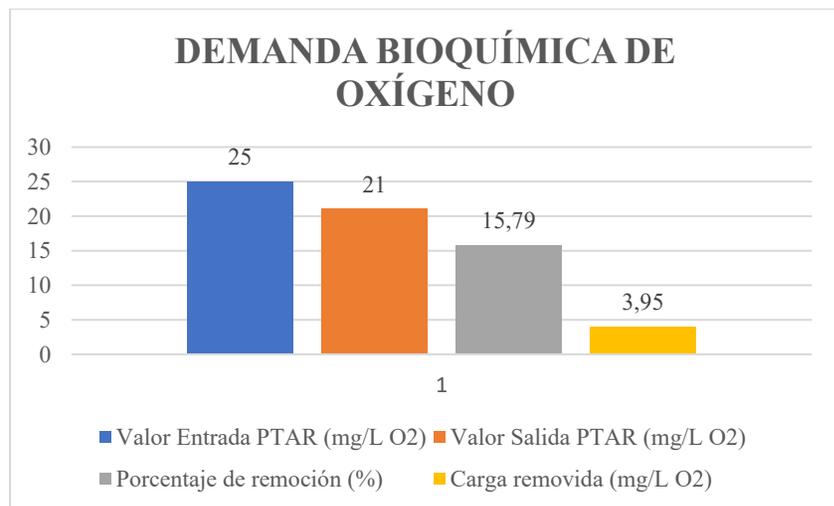


Figura 33. Resultados obtenidos para DBO<sub>5</sub>. En la gráfica se observan los porcentajes de remoción.

Fuente: Autores, 2020.

Tabla 19

*Resultados Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

| DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO                          |         |           |         |   |                                     |                            |                                       |
|---|---------|-----------|---------|---|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Standard Methods 8000<br>Unidad mg/L O <sub>2</sub> |         |           |         | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000<br>Procedimiento:430 |                                     |                            |                                       |
| Muestra   | Jornada | Variables |         | Evaluación  |                                     | Resultado                  |                                       |
|   |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada (mg/L O <sub>2</sub> )                      | Valor Salida (mg/L O <sub>2</sub> ) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L O <sub>2</sub> ) |
| 1   | Mañana  | 1.5L      | 6.10 am | 131   | 172                                 | -31,33                     | -41,04                                |

Nota. La tabla No. 19 relaciona el parámetro de DQO antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad de carga removida por cada unidad experimental. Fuente: Autores, 2020.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) al representar la cantidad de sustancias que son susceptibles de ser oxidadas por medios químicos las cuales pueden encontrarse disueltas o en suspensión, se utiliza para medir principalmente el grado de contaminación y concentración de materia orgánica. A partir de la tabla No. 19, se puede inferir que existe una remoción ineficiente en el sistema de tratamiento durante el paso por el sistema.

Al comparar los valores obtenidos con los establecidos en la norma (Resolución 0631 de 2015, en su artículo 8) la cual determina que el valor límite máximo permisible (VLMP) es de 180 mg/L O<sub>2</sub>, se puede establecer que a pesar de que las concentraciones de la carga contaminante a la salida están cumpliendo con la normatividad arrojando valores por debajo del límite, el sistema de tratamiento no logra realizar una remoción eficiente de los contaminantes.

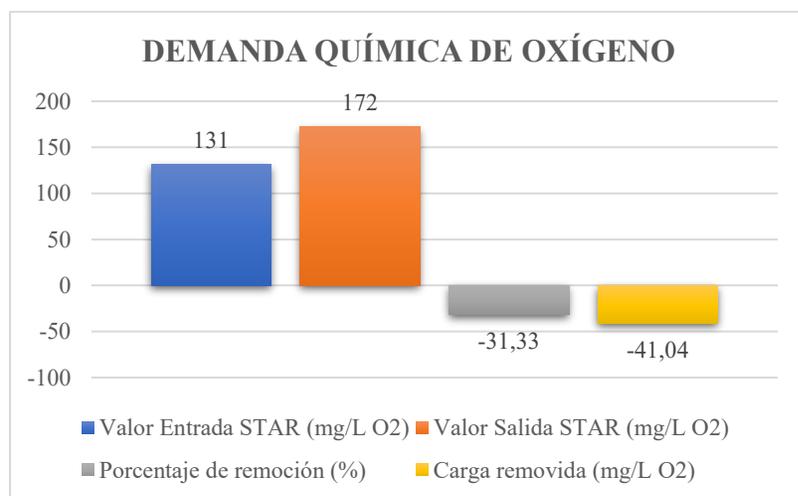


Figura 34. Resultados obtenidos para DQO. En la gráfica se observa el porcentaje de remoción.

Fuente: Autores, 2020.

En el agua residual se presentan diferentes tipos de sólidos, ellos se clasifican en sólidos sedimentables, suspendidos, disueltos y totales. A partir de las aguas residuales de las actividades industriales o domésticas, estos pueden llegar a ser de tipo orgánico e inorgánico, afectando directamente el volumen de lodos generados en el sistema de tratamiento.

Tabla 20

*Resultados para SST*

| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES           |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
|---------------------------------------|---------|-----------|---------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 2540 D/ Gravimétrico |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L ST                        |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Muestra                               | Jornada | Variables |         | Evaluación           |                     | Resultado                  |                       |
|                                       |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada (mg/L) | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1                                     | Mañana  | 1.5L      | 6:10 am | 513                  | 457                 | 10,52                      | 53,97                 |

*Nota.* La tabla No. 20 muestra la relación de SST entrada y salida del tratamiento, determinando al porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores, 2020.

Se entiende por Sólido Suspendido Total al parámetro utilizado para medir la calidad del agua de acuerdo a la cantidad de sólidos medidos en mg/L, presentes en suspensión y a los cuales se les realiza una separación por medios mecánicos.

Durante la jornada, se evidencia gran cantidad de sólidos en suspensión en la entrada y salidas del sistema de tratamiento. De acuerdo a la norma, el VLMP para los SST es de 90 mg/L determinando que el parámetro no cumple con la norma, sin embargo, hubo una remoción del 10,52% de la carga contaminante.

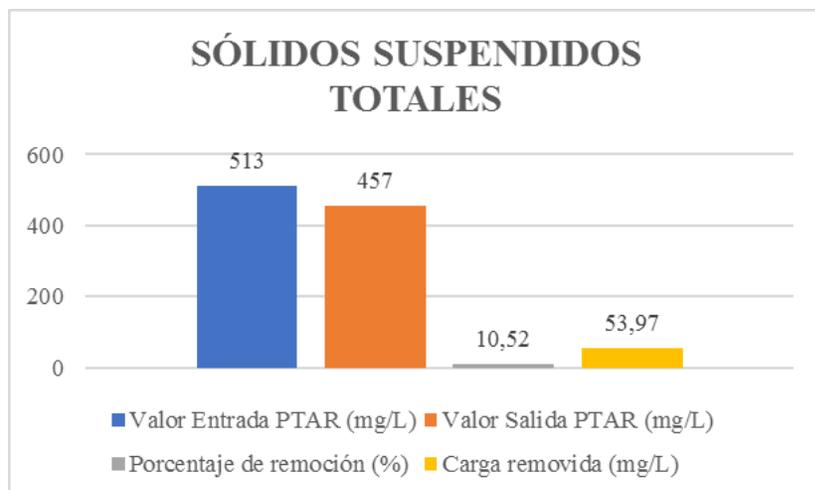


Figura 35. La gráfica muestra el porcentaje de remoción para los SST.

Fuente. Autores del proyecto

Los Sólidos sedimentables son la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente.

Tabla 21

Resultados para Sólidos sedimentables

| SOLIDOS SEDIMENTABLES                 |         |           |            |                      |                     |                            |                       |
|---------------------------------------|---------|-----------|------------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 2540 D/ Gravimétrico |         |           |            |                      |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L ST                        |         |           |            |                      |                     |                            |                       |
| Muestra                               | Jornada | Variables |            | Evaluación           |                     | Resultado                  |                       |
|                                       |         | Volumen   | Tiempo     | Valor Entrada (mg/L) | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1                                     | Mañana  | 1.5L      | 6:10 a. m. | 4,4                  | 1,7                 | 61,36                      | 2,7                   |

Nota. La tabla No. 21 muestra la relación de SSED entrada y salida del tratamiento, determinando al porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores, 2020.

Durante la jornada se evidencia que los valores para los SSED tanto en la entrada como en la salida del sistema de tratamiento se encuentran por debajo del valor máximo permisible establecido en el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015, lo que indica un cumplimiento a la normatividad; obteniendo un porcentaje de remoción de 61,36% que evidencia que el sistema de tratamiento es capaz de hacer la remoción parcial de este contaminante.

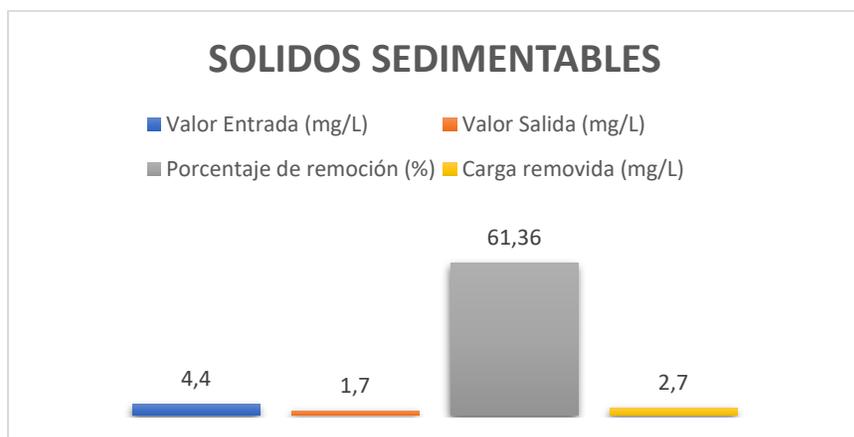


Figura 36. Resultados para SSED antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

Tabla 22

*Resultados para Grasas y Aceites*

| GRASAS Y ACEITES        |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
|-------------------------|---------|-----------|---------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 5520 B |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L             |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Muestra                 | Jornada | Variables |         | Evaluación           |                     | Resultado                  |                       |
|                         |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada (mg/L) | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1                       | Mañana  | 1 L       | 6:25 am | No aplica            | <10 (6,71)          | No aplica                  | No aplica             |

Nota. La tabla N° 22 muestra la relación de grasas y aceites después del tratamiento. Fuente: Autores (2020).

Las Grasas y Aceites son un parámetro importante a estudiar en las aguas residuales debido a la capacidad que tienen estas sustancias de generar dificultades en los sistemas de tratamiento por causa de las características que las definen, ejemplo: densidad inferior a la del agua, mayor oxidación de las grasas etc.

La presencia de grasas y aceites en los efluentes no sólo provocan problemas en el tratamiento de éstas, sino que también dan lugar a la contaminación del suelo y los cuerpos de agua donde éstas son descargadas. Las grasas y aceites que son altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades. Al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas entorpecen cualquier tipo de tratamiento, biológico o físico-químico, por lo que es recomendable que las grasas y aceites sean eliminados en los primeros pasos del tratamiento de las aguas residuales. (M. P. Amelia Vidales Olivo<sup>1</sup>, 2010).

Es importante aclarar que para el cálculo de este parámetro solo se tomó una muestra a la salida del sistema por razones financieras y de logística, es por ello que no se pudo establecer el porcentaje de remoción y carga removida del mismo.

De acuerdo a la norma, el VLMP para Grasas y Aceites establecido en el artículo 8 de la Resolución 0631 de 2015 es de 20 mg/L, esto quiere decir al compararlo con el resultado dado en la salida del sistema de tratamiento está cumpliendo con lo estipulado en la resolución.

Tabla 23

*Resultado para Fosforo Total.*

| FÓSFORO TOTAL                |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
|------------------------------|---------|-----------|---------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 4500-P B, E |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L                  |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Muestra                      | Jornada | Variables |         | Evaluación           |                     | Resultado                  |                       |
|                              |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada (mg/L) | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1                            | Mañana  | 1 L       | 6:25 am | No aplica            | 4,89                | No aplica                  | No aplica             |

*Nota.* La tabla No. 23 muestra el resultado obtenido de fosforo total después del tratamiento. Fuente: Autores, 2020.

El fósforo existe en forma orgánica e inorgánica y se presenta en tres formas: ortofosfatos solubles, poli fosfatos inorgánicas y fosfatos orgánicos, así mismo el fósforo total es la suma de estos tres. El fósforo en aguas naturales es fuente de la eutrofización ya que el crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras causa disminución del oxígeno disuelto, por ello se debe controlar la cantidad de P que entra a los sistemas de tratamiento de aguas residuales usualmente como componente de los detergentes.

Este parámetro solo se tomó para la salida del sistema por lo cual no se pudo establecer su porcentaje de remoción ni su carga removida. Por otra parte, la resolución 0631 de 2015 no establece un valor máximo permisible que ayude a determinar si se encuentra en un rango que pueda o no afectar al ambiente, solo sugiere hacer su reporte y posterior análisis.

Tabla 24

*Resultados para Nitrógeno Kjeldahl*

| NITRÓGENO KJELDAHL                           |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
|--|---------|-----------|---------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 4500-Norg B- SM4500 NH3 B C |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L                                  |         |           |         |                      |                     |                            |                       |
| Muestra                                      | Jornada | Variables |         | Evaluación           |                     | Resultado                  |                       |
|  |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada (mg/L) | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1  | Mañana  | 1 L       | 6:25 am | No aplica            | 32,0                | No aplica                  | No aplica             |

*Nota.* La tabla No. 24 muestra el resultado obtenido para Nitrógeno Kjeldahl después del tratamiento.  
Fuente: Autores, 2020.

El nitrógeno es un indicador relevante en los estudios medioambientales, debido a la importancia que este tiene en los procesos de tratamiento, en el control de la calidad de las aguas y de las descargas de las aguas residuales al medio. El método Kjeldahl es el más ampliamente utilizado para la determinación de nitrógeno total (Ntotal) y en las aguas residuales se encuentran diferentes especies nitrogenadas, como son: nitrógeno orgánico y amoniacal, nitritos, nitratos, entre otras (Espinosa, Hernández & Rodríguez, 2013)

El Nitrógeno Kjeldahl determina el Nitrógeno en estado tri negativo; el “Nitrógeno Kjeldahl” es la suma del Nitrógeno Orgánico y el Nitrógeno Amoniacal.

Para la evaluación de este parámetro se tomó solamente muestra en la salida del sistema, razón por la cual no se pudo determinar su porcentaje de remoción ni su carga removida. En el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 no se encuentra establecido un valor máximo permisible para el nitrógeno Kjeldahl.

Tabla 25

Resultados para Fosfatos.

| FOSFATOS                                  |         |           |         |                                      |                     |                            |                       |
|---|---------|-----------|---------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 8048                     |         |           |         | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |         |           |         | Procedimiento:490                    |                     |                            |                       |
| Muestra                                   | Jornada | Variables |         | Evaluación                           |                     | Resultado                  |                       |
|   |         | Volumen   | Tiempo  | Valor Entrada (mg/L)                 | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1   | Mañana  | 1.5 L     | 6:10 am | 5                                    | 3                   | 40,35                      | 2,02                  |

Nota. La tabla No. 25 muestra el resultado obtenido para Fosfatos antes y después del tratamiento.

Fuente: Autores, 2020.

Los Fosfatos presentes en el agua residual provienen de diferentes tipos de productos pertenecientes a la línea de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos entre otros. En el artículo 8 de la Resolución 0631 de 2015, no se establece un VLMP para este parámetro, solo se establece el análisis y reporte de los resultados, sin embargo, es necesario que la carga contaminante sea menor para garantizar que haya una mayor conservación en las fuentes hídricas.

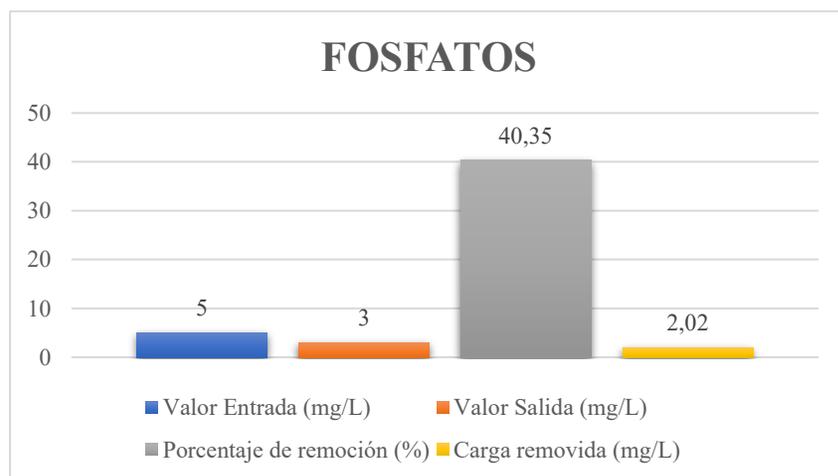


Figura 37. Resultados para Fosfatos antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

Tabla 26

*Resultados para Nitrógeno Amoniacal.*

| NITRÓGENO AMONIAL  |         |           |        |   |                           |                               |                             |
|--|---------|-----------|--------|---|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Standard Methods 8038<br>Unidad mg/L NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |         |           |        | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000<br>Procedimiento:380 |                           |                               |                             |
| Muestra  | Jornada | Variables |        | Evaluación  |                           | Resultado                     |                             |
|  |         | Volumen   | Tiempo | Valor<br>Entrada<br>(mg/L)                                | Valor<br>Salida<br>(mg/L) | Porcentaje de<br>remoción (%) | Carga<br>removida<br>(mg/L) |
| 1  | Mañana  | 1.5 L     | 6.10am | >3.5  | >3.5                      | No aplica                     | No aplica                   |

*Nota.* La tabla No. 26 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, 2020.

El Nitrógeno Amoniacal en condiciones normales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza, así mismo al convertirse en nitrógeno orgánico este se va oxidando formando los nitritos y nitratos. Las descargas o vertimientos de las aguas residuales al medio generan una alteración a las concentraciones normales de este nutriente, lo cual implica consecuencias como lo son: disminución de los niveles de oxígeno disuelto de los cuerpos de agua provocando un ambiente anóxico.

Según la resolución para el Nitrógeno Amoniacal no se establece un VLMP por lo que está sujeto a análisis y reporte del vertimiento. De acuerdo a la tabla 19 los valores en la entrada y salida del sistema para nitrógeno amoniacal superan el 3.5 mg/L por lo cual no se le determinó porcentaje de remoción ni carga removida.

El nitrógeno de nitritos raras veces aparece en concentraciones mayores de 1 mg/L, aun en fuentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. En aguas superficiales y subterráneas su concentración por lo general es menor de 0.1 mg/L. Su presencia indica, por lo regular, procesos

activos biológicos en el agua, ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato. Los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno (IDEAM, 2009).

Tabla 27

*Resultados para Nitritos.*

| NITRITOS                                 |         |           |            |                                      |                     |                            |                       |
|--|---------|-----------|------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 8507                    |         |           |            | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |         |           |            | Procedimiento:371                    |                     |                            |                       |
| Muestra                                  | Jornada | Variables |            | Evaluación                           |                     | Resultado                  |                       |
|  |         | Volumen   | Tiempo     | Valor Entrada (mg/L)                 | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1  | Mañana  | 1.5 L     | 6:10 a. m. | 0,2046                               | 0.2805              | -39,13                     | -0,08                 |

*Nota.* La tabla No. 27 muestra la relación de los Nitritos antes y después del tratamiento, determinando la remoción de la carga contaminada por cada jornada. Fuente: Autores, 2020.

En la Tabla 27 se puede notar que el valor en la entrada y salida del sistema de este parámetro no supera el valor de 1, sin embargo, el sistema de tratamiento no realiza una remoción adecuada del mismo, por el contrario, hace que el valor a la salida incremente después del tratamiento. En el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 para los nitritos establece que se debe realizar un análisis y reporte de los resultados. (Ver Figura 38)

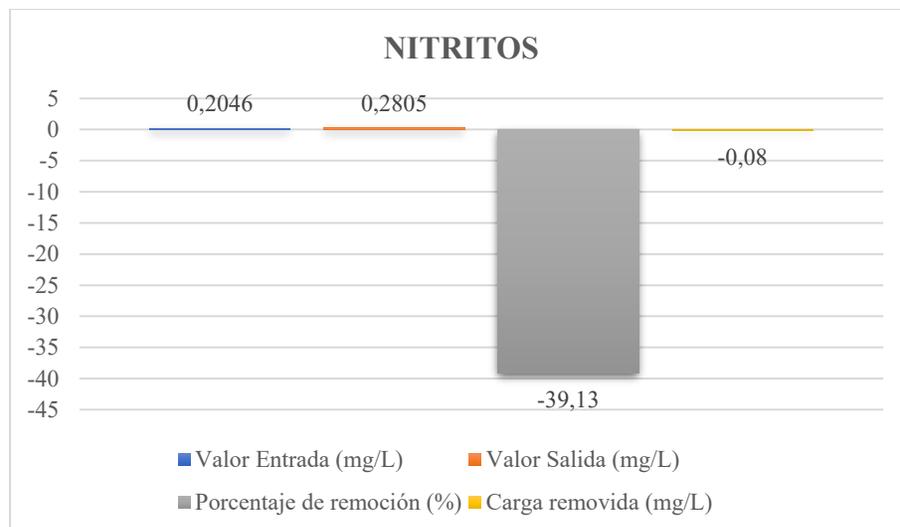


Figura 38. Resultados para Nitritos antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: Autores, 2020.

Tabla 28

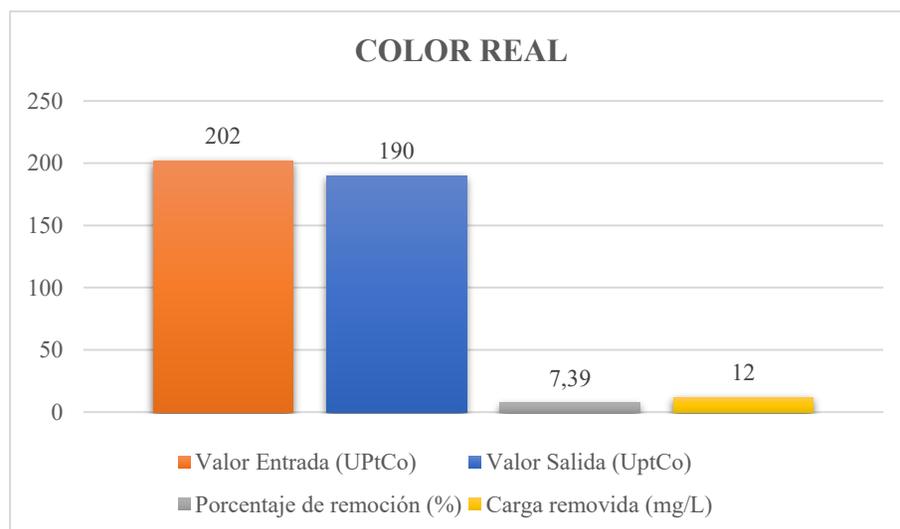
*Resultados para Color Real*

| COLOR REAL            |         |           |        |                                      |                         |                               |
|-----------------------|---------|-----------|--------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Standard Methods 8025 |         |           |        | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 |                         |                               |
| Unidad UPtCo          |         |           |        | Procedimiento:                       |                         |                               |
| Muestra               | Jornada | Variables |        | Evaluación                           |                         | Resultado                     |
|                       |         | Volumen   | Tiempo | Valor Entrada<br>(UPtCo)             | Valor Salida<br>(UptCo) | Porcentaje de<br>remoción (%) |
|                       |         |           |        |                                      |                         | Carga removida<br>(mg/L)      |
| 1                     | mañana  | 1.5L      | marzo  | 202                                  | 190                     | 7,39%                         |

Nota. La tabla N° 28 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, 2020.

El color como una de las propiedades organolépticas del agua es afectado por la presencia de material disuelto, suspendido o coloidal. La Tabla 28 muestra los resultados obtenidos del color, obteniendo un porcentaje de remoción de solo el 7,36% lo que pone en evidencia la falta de eficiencia del sistema. Siendo que 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 ya que solo sugiere un análisis y reporte del mismo.



*Figura 39.* Resultados para Color Real antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

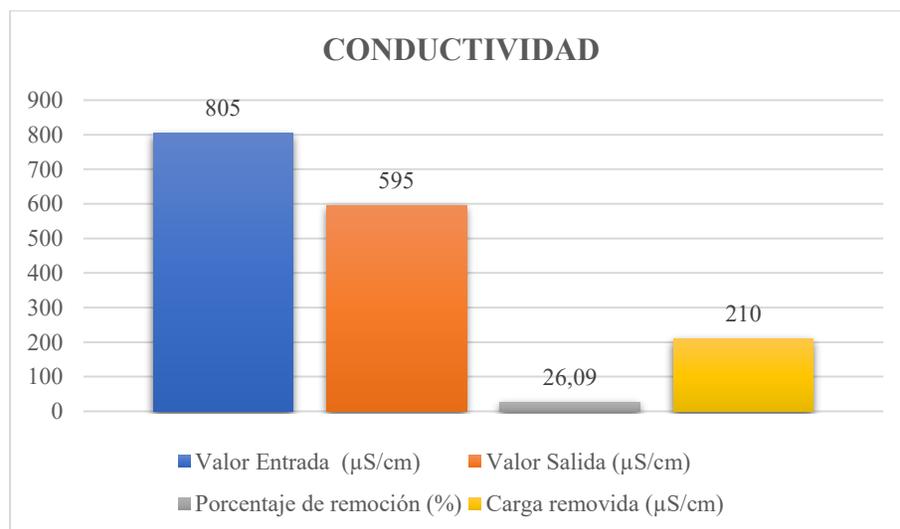
La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala (IDEAM,2006).

Tabla 29

*Resultados de conductividad*

| CONDUCTIVIDAD                            |         |           |        |                                    |                                   |                            |                                     |
|--|---------|-----------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Standard Methods 2510 B/ Conductimétrico |         |           |        | Conductímetro HANNA 8733           |                                   |                            |                                     |
| Unidad: $\mu\text{S/cm}$                 |         |           |        |                                    |                                   |                            |                                     |
| Muestra                                  | Jornada | Variables |        | Evaluación                         |                                   | Resultado                  |                                     |
|  |         | Volumen   | Tiempo | Valor Entrada ( $\mu\text{S/cm}$ ) | Valor Salida ( $\mu\text{S/cm}$ ) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida ( $\mu\text{S/cm}$ ) |
| 1  | Mañana  | 1.5 L     | Marzo  | 805                                | 595                               | 26,09                      | 210                                 |

*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, 2020.



*Figura 40.* Resultados para Conductividad antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

La conductividad no disminuyó significativamente después de pasar por el sistema, a pesar de que existió remoción el porcentaje de remoción no superó el 30%. Es importante aclarar que este parámetro no se encuentra especificado dentro de la resolución 0631 de 2015 por lo tanto no se puede determinar el cumplimiento o no de los niveles de este parámetro en el cuerpo de agua.

Tabla 30

*Resultado de Alcalinidad*

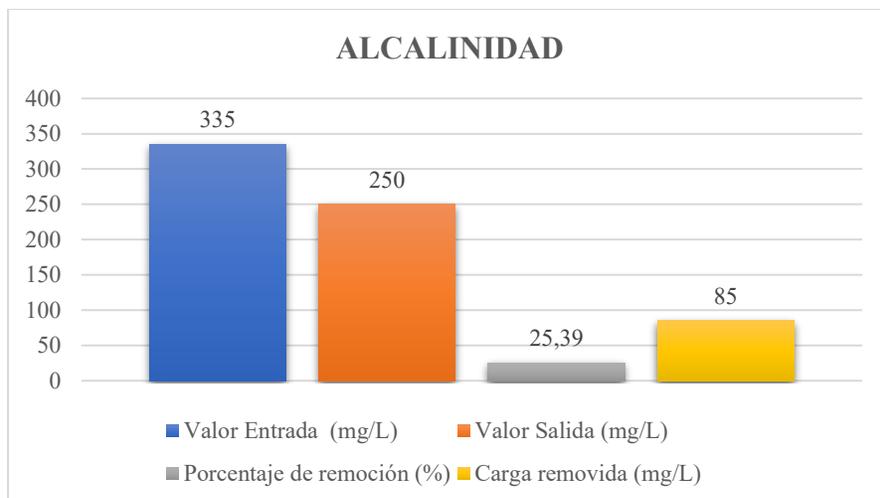
| ALCALINIDAD                        |         |           |        |                      |                     |                            |                       |
|------------------------------------|---------|-----------|--------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods2320B/ Titulometro |         |           |        |                      |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L de CaCO <sub>3</sub>   |         |           |        |                      |                     |                            |                       |
| Muestra                            | Jornada | Variables |        | Evaluación           |                     | Resultado                  |                       |
|                                    |         | Volumen   | Tiempo | Valor Entrada (mg/L) | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1                                  | Mañana  | 1.5L      | Marzo  | 335                  | 250                 | 25,39                      | 85                    |

*Nota.* La tabla muestra la relación de alcalinidad antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores, 2020.

La alcalinidad puede ser definida como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas.

Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas.

No sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis. Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg de CaCO<sub>3</sub>/L para mantener la vida acuática. (Guía para la utilización de las Valijas Viajeras)



*Figura 41.* Resultados para Alcalinidad antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

De acuerdo a la Tabla 30 el porcentaje de remoción del parámetro no supera el 30% con una carga removida de 85mg/L. En el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 no se establecen unos valores máximos permisibles que permita definir si se está cumpliendo o sobre pasando el límite que afecte de forma significativa al ambiente.

En la práctica se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta (IDEAM, 2007).

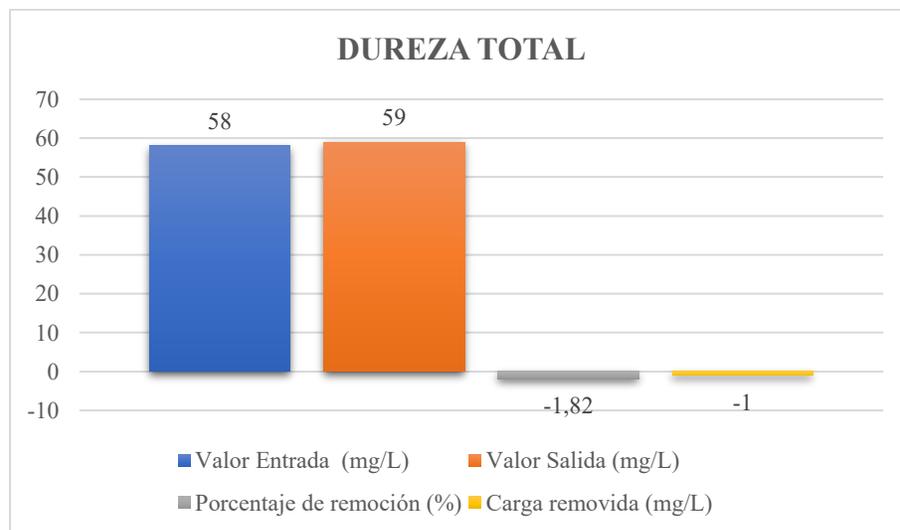
Tabla 31

*Resultados de Dureza total*

| <b>DUREZA TOTAL</b>                                |                  |        |                              |                                |                               |                          |
|--|------------------|--------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| <b>Standard Methods2340C/ Titulometro con EDTA</b> |                  |        |                              |                                |                               |                          |
| <b>Unidad mg/L de CaCO<sub>3</sub></b>             |                  |        |                              |                                |                               |                          |
| <b>Jornada</b>                                     | <b>Variables</b> |        | <b>Evaluación</b>            |                                | <b>Resultado</b>              |                          |
|  | Volumen          | Tiempo | Valor Entrada<br>PTAR (mg/L) | Valor Salida<br>PTAR<br>(mg/L) | Porcentaje de<br>remoción (%) | Carga removida<br>(mg/L) |
| <b>Mañana</b>                                      | 1.5L             | 6.10am | 58                           | 59                             | -1.82                         | -1                       |

*Nota.* La tabla muestra la relación de dureza total antes y después del tratamiento, de igual forma muestra el porcentaje de remoción y la carga removida en sus unidades. Fuente: Autores, 2020.

Gracias a la Tabla 31 se puede evidenciar que el sistema de tratamiento no es capaz de hacer remoción de la dureza total obteniendo un porcentaje del mismo de -1,82%. No se tiene un rango específico para determinar si el tratamiento cumple con la resolución 0631 de 2015 ya que esta sugiere su reporte y análisis.



*Figura 42.* Resultados para Dureza total antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

Los sulfatos, sales solubles en agua, se hallan profusamente repartidos en todas las aguas. El ion procede fundamentalmente de los procesos de disolución de yesos, sin olvidar las cantidades provenientes de la oxidación bacteriana de sulfatos. Debe hacerse una medición por su importancia, al efecto desfavorable que producen altos contenidos de sulfatos. Como efecto positivo ha de destacarse que las aguas con importante contenido en sulfatos insolubilizan los metales pesados allí presentes y minimizan su toxicidad. Los sulfatos en aguas de bebidas provocan sabores amargos (análisis de agua, sf).

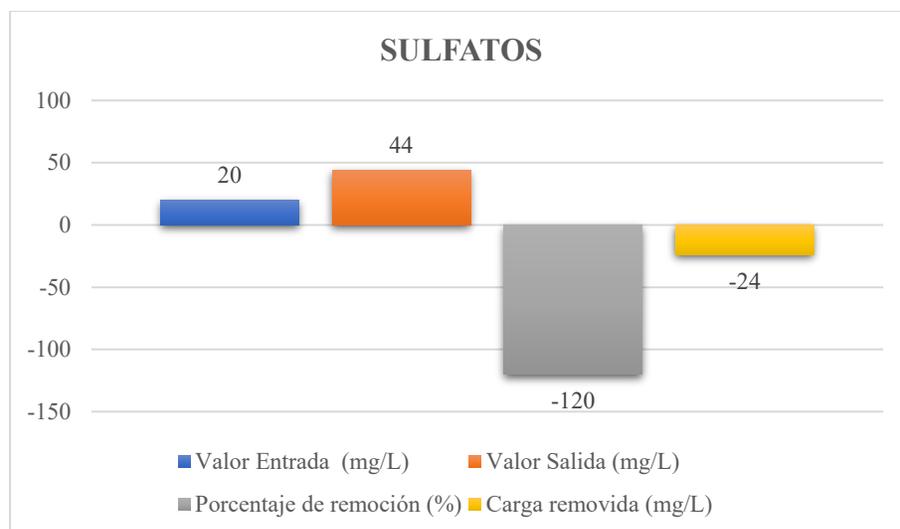
Tabla 32

*Resultados de sulfatos*

| SULFATOS                                  |         |           |        |                                      |                     |                            |                       |
|---|---------|-----------|--------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Standard Methods 8051                     |         |           |        | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 |                     |                            |                       |
| Unidad mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |         |           |        | Procedimiento:680                    |                     |                            |                       |
| Muestra                                   | Jornada | Variables |        | Evaluación                           |                     | Resultado                  |                       |
|   |         | Volumen   | Tiempo | Valor Entrada (mg/L)                 | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1   | Mañana  | 1.5 L     | marzo  | 20                                   | 44                  | -120                       | -24                   |

*Nota.* La tabla muestra la relación de sulfatos antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores, 2020.

En la Tabla 32 se evidencia que el porcentaje de remoción para este parámetro es nulo, con un valor negativo reflejando la deficiencia en el sistema para remover la carga contaminante. Posteriormente al ser comparado este parámetro con el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 se observa que en él no se establecen valores máximos permisibles para el mismo, sino que sugiere hacer un reporte y análisis de los resultados.



*Figura 43.* Resultados para Sulfatos antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

Muchos factores y procesos influyen en la presencia de Cobre en aguas. Entre los factores importantes están dureza y alcalinidad del agua, fuerza iónica y pH.

Entre los procesos que pueden influenciar el destino del Cobre en el sistema acuático están: formación de complejos con ligandos inorgánicos y orgánicos; sorción en óxidos metálicos, arcillas y material orgánico particulado; bioacumulación e interacción entre sedimento y agua (Sancha M, 2002).

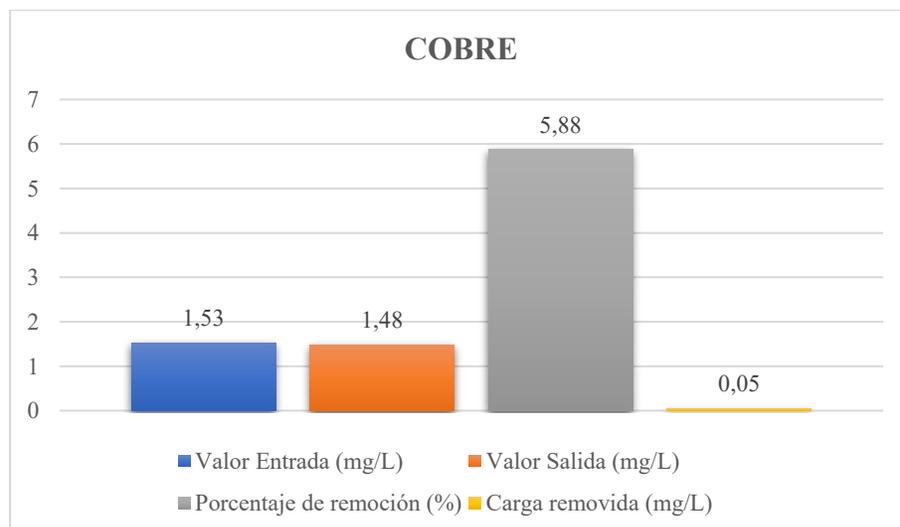
Tabla 33

*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 (mg/L)                 | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| 1                     | Mañana  | 1.5L      | marzo  | 1,53                                 | 1,48                | 5,88                       | 0,05                  |

*Nota.* La tabla muestra la relación de cobre antes y después del tratamiento, determinando el porcentaje de remoción y la cantidad removida. Fuente: Autores, 2020.

De acuerdo a la información de la tabla 33 el porcentaje de remoción que alcanza el sistema de tratamiento para este parámetro no supera el 10%, con una carga removida de tan solo 0,05 mostrando de esta forma la poca o nula eficiencia del sistema para tratar aquellas sustancias que contengan el elemento cobre. Haciendo la comparación con el artículo 8 de la Resolución 0631 de 2015 se concluye que no se está cumpliendo con lo el valor establecido ya que supera el valor de 1,00mg/L.



*Figura 44.* Resultados para Cobre antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

El hierro (Fe) en el agua natural proviene de la disolución de las rocas y minerales donde se encuentra contenido. También puede incrementarse artificialmente, porque es muy utilizado en las industrias y existe la posibilidad de vertidos industriales ferrosos en el agua. En aguas de superficie el hierro se encuentra en niveles muy bajos, ya que en estas aguas el ion hierro es prácticamente insoluble. Por otro lado, el hierro divalente no se encuentra normalmente en este tipo de aguas debido a que se encuentra en condiciones anaeróbicas y la presencia de oxígeno provoca su rápida oxidación (Valencia, C, sf)

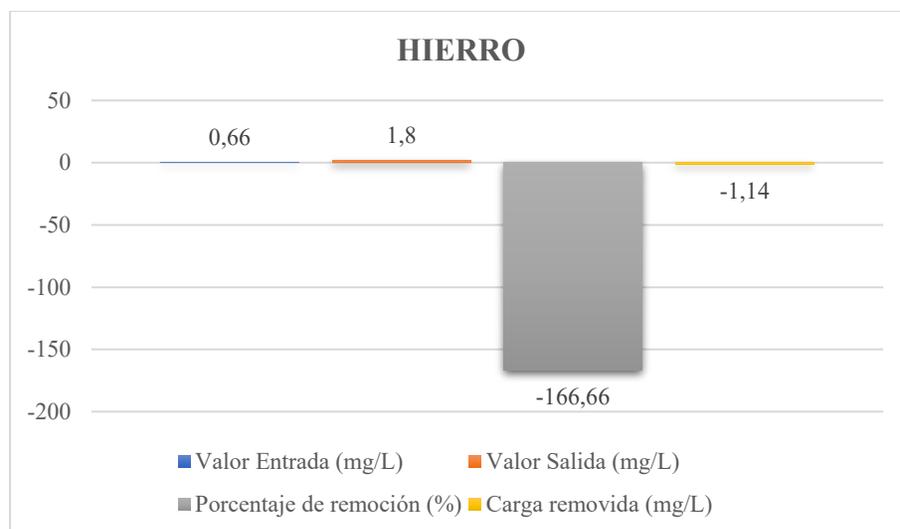
Tabla 34

*Resultados para Hierro*

| <b>HIERRO</b>                |                |                 |        |                                      |                     |                            |                       |
|------------------------------|----------------|-----------------|--------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Standard Methods 8012</b> |                |                 |        | Espectrofotómetro UV-Visible DR 6000 |                     |                            |                       |
| <b>Unidad mg/L Fe</b>        |                |                 |        | Procedimiento:265                    |                     |                            |                       |
| <b>Muestra</b>               | <b>Jornada</b> | <b>Variabes</b> |        | <b>Evaluación</b>                    |                     | <b>Resultado</b>           |                       |
|                              |                | Volumen         | Tiempo | Valor Entrada (mg/L)                 | Valor Salida (mg/L) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (mg/L) |
| <b>1</b>                     | Mañana         | 1.5 L           | marzo  | 0,66                                 | 1,8                 | -166,66                    | -1,14                 |

*Nota.* La tabla No.34 muestra los resultados para el parámetro Hierro antes y después del tratamiento. Fuente. Autores del proyecto.

De acuerdo a la tabla anterior el sistema no es capaz de hacer la remoción de este metal, sino que por el contrario aumenta su valor al pasar por él, lo que demuestra que existen factores dentro del sistema que promueven que el agua salga del sistema con mayor concentración del metal que con el que entra. El VLMP para el hierro según la resolución 0631 de 2015 es de 1,00mg/L. por lo que se observa un incumplimiento del mismo.



*Figura 45.* Resultados para Hierro antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

La presencia de E. Coli en el agua es una fuerte indicación de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales. Es importante tener en cuenta que E. Coli y los residuos de animales/humanos pueden entrar en nuestra agua de muchas maneras diferentes.

Las fuentes de contaminación fecales de humanos y animales representan un grave riesgo para la salud debido a la alta probabilidad de la existencia de agentes patógenos en los residuos fecales. Un patógeno es un microorganismo que puede causar enfermedades y causar enfermedades en las personas.

La presencia de E. coli puede ser indicativo de la contaminación con otras bacterias, virus o protozoos que pueden causar enfermedades (Rock & Rivera, 2014).

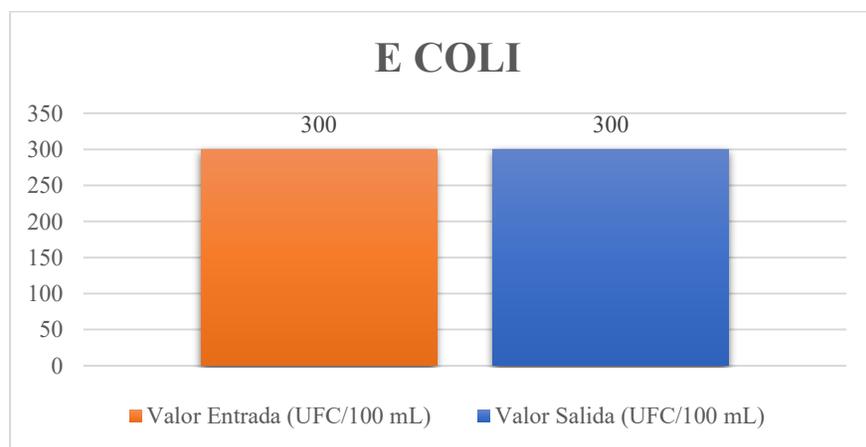
Tabla 35

Resultado para E COLI.

| E COLI                                 |           |        |                            |                           |                            |                             |
|--|-----------|--------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Método: Unidades Formadoras de Colonia |           |        |                            |                           |                            |                             |
| Unidad UFC/100MI                       |           |        |                            |                           |                            |                             |
| Jornada                                | Variables |        | Evaluación                 |                           | Resultado                  |                             |
|  | Volumen   | Tiempo | Valor Entrada (UFC/100 mL) | Valor Salida (UFC/100 mL) | Porcentaje de remoción (%) | Carga removida (UFC/100 mL) |
| <b>Mañana</b>                          | 3 L       | marzo  | >300                       | >300                      | 0                          | 0                           |

*Nota.* La tabla muestra la relación de E Coli antes y después del tratamiento. Fuente: Autores, 2020.

En la Tabla 35 se muestran los valores de la entrada y salida del sistema correspondientes a E Coli, para ambos el valor es mayor a 300 NMP/100mL por lo cual no se pudo calcular el porcentaje de remoción y carga removida. En el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 no se encuentra contemplado este parámetro para su evaluación, sin embargo, es evidente que existe una contaminación por estos agentes patógenos que se convierte en una alerta de salubridad para la población y las entidades encargadas de la prestación del servicio.



*Figura 46.* Resultados para E Coli antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: autores, 2020.

Los Coliformes son un grupo, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, su capacidad de sobrevivencia y multiplicación fuera del intestino también se observan en aguas potables, por lo que este grupo se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua; encontrándose que mientras mayor sea el número de Coliformes en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente (Cutipa, 2015).

La presencia de Coliformes sugiere fallas en la eficacia del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. (IDEAM<sup>1</sup>, 2007).

Tabla 36

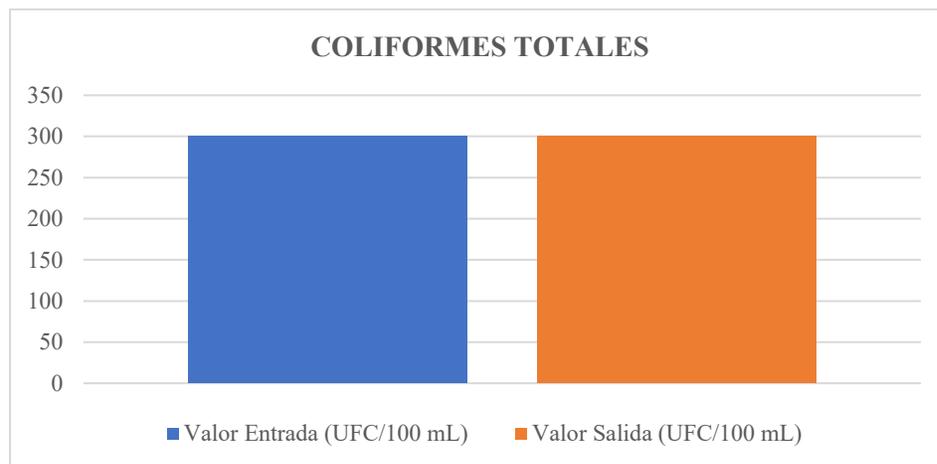
*Resultados para Coliformes Totales*

| COLIFORMES TOTALES                     |           |        |                              |                             |                               |                               |
|--|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Método: Unidades Formadoras de Colonia |           |        |                              |                             |                               |                               |
| Unidad UFC/100MI                       |           |        |                              |                             |                               |                               |
| Jornada                                | Variables |        | Evaluación                   |                             | Resultado                     |                               |
|  | Volumen   | Tiempo | Valor Entrada<br>(NMP/100mL) | Valor Salida<br>(NMP/100mL) | Porcentaje de<br>remoción (%) | Carga removida<br>(NMP/100mL) |
| <b>Mañana</b>                          | 3 L       | marzo  | 300                          | 300                         | 0                             | 0                             |

*Nota.* La tabla muestra la relación de coliformes totales antes y después del tratamiento. Fuente: Autores, 2020.

En la Tabla 36 se muestran los valores de la entrada y salida del sistema correspondientes a Coliformes totales, para ambos el valor es mayor a 300 NMP/100mL por lo cual no se pudo calcular el porcentaje de remoción y carga removida. En el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 no se encuentra contemplado este parámetro su evaluación, sin embargo, es evidente que

existe una contaminación por estos agentes patógenos que se convierte en una alerta de salubridad para la población y las entidades encargadas de la prestación del servicio.



*Figura 47.* Resultados para coliformes totales antes y después del STAR, se observa el porcentaje de remoción y la carga removida. Fuente: Autores, 2020.

En las siguientes tablas se resumen los resultados obtenidos en laboratorio haciendo la respectiva comparación con el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 que permitió determinar si cumplen o no con los valores máximo permisibles, o si por el contrario no se encuentra contemplado el parámetro dentro del artículo.

Tabla 37

Resultados comparados con la Resolución para la entrada de la laguna (colector)

| Lugar: COLECTOR                    |             | comparación con el art8 de la RES. 0631 de 2015 |        |           |                   |
|------------------------------------|-------------|---|--------|-----------|-------------------|
| PARAMETROS                         | UNIDADES    | RESULTADO                                       | CUMPLE | NO CUMPLE | NO ES CONTEMPLADO |
| <b>pH</b>                          | pH          | 7.81  | X      |           |                   |
| <b>COLOR REAL</b>                  | UPtCo       | 202   | X      |           |                   |
| <b>NITRITOS</b>                    | mg/L N-NO2  | 0.2046  | X      |           |                   |
| <b>DUREZA</b>                      | mg/L CaCO3  | 58  | X      |           |                   |
| <b>NITROGENO AMONIACAL</b>         | mg/L N-NH   | >3.5  | X      |           |                   |
| <b>SULFATOS</b>                    | mg/L SO42-  | 20  | X      |           |                   |
| <b>HIERRO</b>                      | mg/L Fe     | 0.66  | X      |           |                   |
| <b>CONDUCTIVIDAD</b>               | μS/cm       | 805   |        |           | X                 |
| <b>ALCALINIDAD</b>                 | mg/L CaCO3  | 335   |        |           |                   |
| <b>DQO</b>                         | mg/L O2     | 131   | X      |           |                   |
| <b>DBO5</b>                        | mg/L O2     | 25  | X      |           |                   |
| <b>FOSFATOS</b>                    | mg/L PO4 3- | 5   |        |           | X                 |
| <b>COBRE</b>                       | mg/L Cu     | 1.53  |        | X         |                   |
| <b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>       | mg/L        | 4.4   | X      |           |                   |
| <b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b> | mg/L        | 513   |        | X         |                   |
| <b>ESCHERICHIA COLI</b>            | UFC/100 mL  | >300  |        |           | X                 |
| <b>COLIFORMES TOTALES</b>          | UFC/100 mL  | >300  |        |           | X                 |

Nota. La tabla No. 37 muestra los resultados obtenidos en laboratorio para cada parámetro haciendo la comparación con el artículo 08 de la resolución 0631 de 2015 para el punto de entrada a la laguna de oxidación. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 38.

Resultados comparados con la Resolución para el punto del vertimiento.

| Lugar: VERTIMIENTO                 |             | comparación con el art8 de la RES. 0631 de 2015 |          |           |                   |
|------------------------------------|-------------|---|----------|-----------|-------------------|
| PARAMETROS                         | UNIDADES    | RESULTADO                                       | CUMPLE   | NO CUMPLE | NO ES CONTEMPLADO |
| <b>pH</b>                          | pH          | 7.76  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>COLOR REAL</b>                  | UPtCo       | 190   | <b>X</b> |           |                   |
| <b>NITRITOS</b>                    | mg/L N-NO2  | 0.2805  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>DUREZA</b>                      | mg/L CaCO3  | 59  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>NITROGENO AMONIACAL</b>         | mg/L N-NH   | >3.5  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>SULFATOS</b>                    | mg/L SO4 2- | 44  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>HIERRO</b>                      | mg/L Fe     | 1.8   |          | <b>X</b>  |                   |
| <b>CONDUCTIVIDAD</b>               | µS/cm       | 595   |          |           | <b>X</b>          |
| <b>ALCALINIDAD</b>                 | mg/L CaCO3  | 250   | <b>X</b> |           |                   |
| <b>DQO</b>                         | mg/L O2     | 172   | <b>X</b> |           |                   |
| <b>DBO5</b>                        | mg/L O2     | 21  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>FOSFATOS</b>                    | mg/L PO4 3- | 3   |          |           | <b>X</b>          |
| <b>COBRE</b>                       | mg/L Cu     | 1.48  |          | <b>X</b>  |                   |
| <b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>       | mg/L        | 1.7   | <b>X</b> |           |                   |
| <b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b> | mg/L        | 457   |          | <b>X</b>  |                   |
| <b>ESCHERICHIA COLI</b>            | UFC/100 mL  | >300  |          |           | <b>X</b>          |
| <b>COLIFORMES TOTALES</b>          | UFC/100 mL  | >300  |          |           | <b>X</b>          |
| <b>FOSFORO TOTAL</b>               | mg P/L      | 4.89  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>GRASAS Y ACEITES</b>            | mg GyA/L    | 6.71  | <b>X</b> |           |                   |
| <b>NITRIGENO KJELDAHL</b>          | mg NTK/L    | 5.00  |          |           | <b>X</b>          |

Nota. La tabla No. 38 muestra los resultados obtenidos en laboratorio para cada parámetro haciendo la comparación con el artículo 08 de la resolución 0631 de 2015 para el punto del vertimiento. Fuente: Autores del proyecto.

Para la realización de esta investigación se tomaron muestras simples en el caño de caimancito antes y después del vertimiento con el fin de analizarlas en el laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y conocer sus características.

Es de suma importancia conocer cuan afectado se está viendo el cuerpo de agua por la operación de la laguna de oxidación para de esta manera realizar las recomendaciones necesarias que permitan mejorar la calidad y eficiencia en el tratamiento. Los resultados obtenidos fueron comparados con el artículo 8 de la resolución 0631 del 2015 donde se establecen los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas de las actividades industriales, comerciales o de servicio y de las aguas residuales de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.

Tabla 39

*Resultados comparados con la Resolución. Caño caimancito Antes del vertimiento*

| Lugar: Caño caimancito 10 metros antes del vertimiento |            | comparación con el art8 de la RES. 0631 de 2015 |        |           |                   |
|--|------------|---|--------|-----------|-------------------|
| PARAMETROS   | UNIDADES   | RESULTADO                                       | CUMPLE | NO CUMPLE | NO ES CONTEMPLADO |
| TEMPERATURA  | °C         | 25.4  |        |           |                   |
| Ph   | pH         | 7.80  | X      |           |                   |
| COLOR REAL   | UPtCo      | 166   | X      |           |                   |
| NITRITOS   | mg/L N-NO2 | 0.2607  | X      |           |                   |
| DUREZA   | mg/L CaCO3 | 48  | X      |           |                   |
| NITROGENO AMONIACAL                                    | mg/L N-NH  | >3.5  | X      |           |                   |
| SULFATOS   | mg/L SO4   | 31  | X      |           |                   |
| HIERRO   | mg/L Fe    | 1.93  | X      |           |                   |
| CONDUCTIVIDAD  | µS/cm      | 581   |        |           | X                 |

Continuación Tabla 39

|                         |              |            |          |          |
|-------------------------|--------------|------------|----------|----------|
| <b>ALCALINIDAD</b>      | <b>mg/L</b>  | <b>230</b> | <b>X</b> |          |
|                         | <b>CaCO3</b> |            |          |          |
| <b>DQO</b>              | mg/L O2      | 117        | <b>X</b> |          |
| <b>DBO5</b>             | mg/L O2      | 28         | <b>X</b> |          |
| <b>FOSFATOS</b>         | mg/L PO4 3-  | 5.9        | <b>X</b> |          |
| <b>COBRE</b>            | mg/L Cu      | 0.91       | <b>X</b> |          |
| <b>SOLIDOS</b>          | mg/L         | 1.6        | <b>X</b> |          |
| <b>SEDIMENTABLES</b>    |              |            |          |          |
| <b>SOLIDOS</b>          | mg/L         | 389        |          | <b>X</b> |
| <b>SUSPENDIDOS</b>      |              |            |          |          |
| <b>TOTALES</b>          |              |            |          |          |
| <b>ESCHERICHIA COLI</b> | UFC/100 mL   | 31         |          | <b>X</b> |
| <b>COLIFORMES</b>       | UFC/100 mL   | >300       |          | <b>X</b> |
| <b>TOTALES</b>          |              |            |          |          |

*Nota.* La tabla No. 39 muestra los Resultados comparados con la Resolución. Caño caimancito Antes del vertimiento. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 40

*Resultados comparados con la Resolución. Caño caimancito después del vertimiento*

| Lugar: Caño caimancito 10 metros después del vertimiento      comparación con el art8 de la RES. 0631 de 2015 |                 |                  |               |                  |                          |
|---|-----------------|------------------|---------------|------------------|--------------------------|
| <b>PARAMETROS</b>   | <b>UNIDADES</b> | <b>RESULTADO</b> | <b>CUMPLE</b> | <b>NO CUMPLE</b> | <b>NO ES CONTEMPLADO</b> |
| <b>pH</b>   | pH              | 7.01             | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>COLOR REAL</b>   | UPtCo           | 545              | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>NITRITOS</b>   | mg/L N-NO2      | 0.3861           | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>DUREZA</b>   | mg/L CaCO3      | 110              | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>NITROGENO AMONACAL</b>   | mg/L N-NH       | >3.5             | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>SULFATOS</b>   | mg/L SO4 2-     | 39               | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>HIERRO</b>   | mg/L Fe         | 12.7             | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>CONDUCTIVIDAD</b>  | µS/cm           | 471              |               |                  | <b>X</b>                 |
| <b>ALCALINIDAD</b>  | mg/L CaCO3      | 350              | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>DQO</b>  | mg/L O2         | 202              | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>DBO5</b>   | mg/L O2         | 6                | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>FOSFATOS</b>   | mg/L PO4 3-     | 2.49             | <b>X</b>      |                  |                          |
| <b>COBRE</b>  | mg/L Cu         | 1.18             | <b>X</b>      |                  |                          |

Continuación Tabla 40

|                                    |                   |                |          |
|------------------------------------|-------------------|----------------|----------|
| <b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>       | <b>mg/L</b>       | <b>1.8</b>     | <b>X</b> |
| <b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b> | <b>mg/L</b>       | <b>611</b>     | <b>X</b> |
| <b>ESCHERICHIA COLI</b>            | <b>UFC/100 mL</b> | <b>&gt;300</b> | <b>X</b> |
| <b>COLIFORMES TOTALES</b>          | <b>UFC/100 mL</b> | <b>&gt;300</b> | <b>X</b> |

*Nota.* La tabla No.40 muestra los resultados comparados con la Resolución. Caño caimancito después del vertimiento. Fuente: Autores del proyecto.

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. Por consecuencia el aumento en la demanda del agua tiene como consecuencia un aumento en el volumen de los residuos líquidos, cuyas descargas inadecuadas deterioran la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico (Carvajal & Esparragoza, 2008)

La normatividad ambiental con relación a los valores máximos permisibles para los vertimientos es bastante flexible y en este caso no se cumple con tan solo un parámetro porque la mayoría requiere de análisis y reporte de sus resultados por lo que se toma como cumplimiento de la misma.

Los sólidos suspendidos totales resultan siendo el parámetro que se encuentra dentro del incumplimiento con lo establecido en el artículo 8 de la resolución 0631 del 2015; estos son visibles y suelen flotar. 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.

Resulta preocupante que en el agua haya una alta presencia de Coliformes Totales y Escherichia Coli ya que esta es utilizada para el riego de cultivos y para el consumo de vacas, chivos, cerdos y demás animales domésticos; lo que demuestra que el sistema de tratamiento presenta falencias en su proceso y remite directamente a presentarse como una alerta de salubridad ya que después del vertimiento el caño realiza un recorrido por varios predios donde no se conoce para que pueda ser utilizada esta agua.

## Capítulo 5. Conclusiones

Desde los datos obtenidos y posteriormente la información recolectada a través del estudio realizado al sistema de tratamiento de aguas residuales del corregimiento de Zapatosa, se evidenció por medio del diagnóstico del sistema las falencias que este presenta contribuyendo al deterioro y vulnerabilidad ambiental y social.

El Sistema de tratamiento no se encuentra en óptimas condiciones estructurales, presentando así posibles problemas de infiltración y problemas en su funcionamiento.

Se evidencia la falta de articulación y gestión integral ambiental por parte del municipio, al no contar con los respectivos estudios ambientales necesarios para la puesta en marcha, operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

Así mismo se analizaron los resultados obtenidos por medio del laboratorio y se determinaron los principales porcentajes de remoción. Al analizar cada uno de estos parámetros, se pudo determinar que La  $DBO_5$  si cumple con los valores límites máximos permisibles sin embargo no cuenta con una remoción eficiente, sólo del 15,79%.

Para la DQO se obtuvo un valor nulo en cuanto a la remoción sin embargo si cumple con los valores límites máximos permisibles.

Los SST no cumplen en definitiva con los valores estipulados en la resolución, aunque se genera en el tratamiento un 10,52% de remoción.

En cuanto a las Grasas y Aceites, de acuerdo al resultado obtenido se determinó que el sistema de tratamiento si cumple con el valor límite máximo permisible sugerido por la Resolución, sin embargo, no se obtuvo porcentaje de remoción debido a que no se tomó muestra que generara un valor a la entrada del sistema.

El Fosforo total y el Nitrógeno Kjeldahl son susceptibles a ser analizados y reportados según lo estipula la norma.

Referente al cuerpo de agua “caño Caimancito” se concluye que cumple con la mayoría de los parámetros y sus valores establecidos en la resolución, salvo de los sólidos suspendidos totales.

## Capítulo 6. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la realización de este trabajo de investigación, se crean las siguientes recomendaciones que permitan optimizar el sistema de tratamiento y fortalecer investigaciones futuras con relación a este tema.

Se recomienda realizar capacitaciones a la comunidad en general sobre educación ambiental, priorizando temas como el uso eficiente y ahorro del agua y el manejo adecuado de las letrinas y el sistema de alcantarillado, de igual forma a la persona contratada para el funcionamiento del sistema de tratamiento dar capacitaciones sobre la normatividad ambiental enfocada en el manejo de vertimiento con el fin de que conozca y entienda la importancia del cumplimiento de los requisitos exigidos por la ley.

Se recomienda realizar análisis físico-químicos y microbiológicos de manera periódica al caño de caimancito, siendo este el cuerpo receptor del punto de vertimiento, con el objetivo de prevenir posibles enfermedades a la población que interactúa con la fuente hídrica aguas abajo y a las especies acuáticas y animales domésticos que se bastecen de la misma; De igual manera esto permitirá llevar un control detallado de las condiciones del cuerpo de agua.

Se debe garantizar la estabilidad y calidad de los suelos que han sido afectados por vertimientos de aguas residuales a través de la aplicación de un plan de manejo que ayude a la recuperación ambiental y paisajística de los diferentes tramos, donde la comunidad se haga participe de las actividades que se requieran.

Se debe optimizar las redes de recolección que existen en el corregimiento por medio de mantenimientos preventivos y correctivos de las redes de alcantarillado; de igual manera se debe trasladar y recolectar las aguas residuales a un tratamiento óptimo.

Se recomienda realizar mantenimientos preventivos y correctivos al sistema de tratamiento, tales como cercamiento del predio donde se encuentra ubicada la laguna de oxidación, así como la respectiva limpieza de alrededor de la misma. De igual forma restablecer la geo membrana que recubre la laguna que ha sido hurtada y desgastada con el pasar del tiempo y que es indispensable para remediar las pérdidas de agua por infiltración o para evitar la migración de los contaminantes al suelo.

Técnicamente, se recomienda implementar una trampa o interceptor de grasas previamente la cual permita darle manejo a este tipo de sustancias perjudiciales para el medio ambiente contribuyendo a la minimizar el impacto ambiental que se genera.

## Referencias

- Análisis de agua. (sf). Tema: análisis de aguas. Recuperado (27 de agosto de 2020) de [http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia\\_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf](http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf)
- Cutipa. (2015). *DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN AGUA RESIDUAL*. Recuperado (01 de septiembre de 2020) de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-europea-de-madrid/ciencia-de-materiales/informe/determinacion-de-coliformes-totales-en-agua-residual-maria-cutipamamani/3963101/view>
- CONPES 3177. (2002). *Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales*. Recuperado (27 de abril del 2019) de <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3177%20-%202002.pdf>
- CORPOCÉSAR (Corporación Autónoma Regional del César, 2011). *CARACTERIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES POR VERTIMIENTOS EN TRAMOS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO CESAR*. Recuperado (25 de septiembre del 2019) de <file:///D:/PROYECTO%20DE%20GRADO/1.informe%20vertimientos%20CORPOCESAR.pdf>
- El Espectador. (21 de abril de 2018). *Colombia tiene un décimo sitio Ramsar: la Ciénaga de Zapatosa*. Recuperado (08 de mayo del 2019) de <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-tiene-un-decimo-sitio-ramsar-la-cienaga-de-zapatosa-articulo-751420>

- Espinosa, Hernández & Rodríguez. (2013). *Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales*. recuperado (02 de septiembre de 2020) de <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181629303001.pdf>
- De la Hoz, J. (junio de 2008). *ECONOMÍA EXTRACTIVA Y POBREZA EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA*. Recuperado (17 de octubre de 2019) de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-103.pdf>
- Fernández & Lucio, 2014. Metodología de la investigación. Recuperado (16 de septiembre de 2019) de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Gobernación del Cesar. (s.f). Municipios del cesar. Recuperado (14 de septiembre de 2019) de <http://cesar.gov.co/d/index.php/es/mainmeneldpto/mendepmun>
- Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Alcalinidad. (2007). *Determinación de la Alcalinidad Total*. Recuperado (20 de agosto de 2020) de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf)
- Guhl, N. (2013a). *Peligros y soluciones a la escasez y contaminación creciente del agua*. Recuperado (25 agosto de 2019a) de <https://sites.google.com/site/contaminaciondelaguaencolombia/>
- Guhl, N. (2013b). *Peligros y soluciones a la escasez y contaminación creciente del agua*. Recuperado (25 agosto de 2019b) de <https://sites.google.com/site/contaminaciondelaguaencolombia/>

Guhl, N. (2013c). *Peligros y soluciones a la escasez y contaminación creciente del agua.*

Recuperado (25 agosto de 2019c) de

<https://sites.google.com/site/contaminaciondelaguaencolombia/>

Hernández & Ramírez. (2016). *Evaluar la calidad del agua para consumo humano del río del índice de calidad biológica BMWP/COL y su ponderado ASPT en cinco (5) tramos del río, entre los municipios de Abrego y Ocaña, norte de Santander.* Recuperado (22 de septiembre de 2019) de

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1484/1/29699.pdf>

IDEAM. (2006). *CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN AGUAS.* Recuperado (01 de septiembre de 2020) de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

IDEAM. (2007). *TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES.* Recuperado (17 de octubre de 2019) de

[ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma\\_Muestras\\_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428)

IDEAM<sup>1</sup>. (2007). *COLIFORMES TOTALES Y E. COLI POR EL MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA EN AGAR CHROMOCULT.* Recuperado (01 de septiembre de 2020) de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>

IDEAM. (2007). *DUREZA TOTAL EN AGUA CON EDTA POR VOLUMETRÍA.* Recuperado (22 de agosto de 2020) de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>

IDEAM. (2009). *DETERMINACIÓN DE NITRITO EN AGUA POR ESPECTROFOTOMETRÍA*.

Recuperado (20 de agosto de 2020) de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Nitrito+en+agua+por+Espectrofotometr%C3%ADa.pdf/4775634c-c6ba-4c95-8e98-0696ace02c03>

Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000a).

Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico. *Tratamiento de Aguas*

*Residuales*. Bogota. Recuperado (30 agosto de 2019a) de

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/tituloecolombia.pdf>

Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000b).

Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico. *Tratamiento de Aguas*

*Residuales*. Bogota. Recuperado (30 agosto de 2019b) de

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/tituloecolombia.pdf>

Mendoza E. (31 Julio 2014). *La creciente contaminada del río Cesar*. Recuperado (27 de agosto

de 2019) de <https://elpilon.com.co/la-creciente-contaminada-del-rio-cesar/>

Plan de desarrollo del municipio de Tamalameque (2016-2019). Recuperado (24 de abril del

2019) de

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/tamalamequecesarpd20122015.pdf>

Parra, A, Martin, D, Rojas, J, Puerto, C, Villalba, N. (2018). *Estudio Sectorial de los servicios*

*públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado 2014 – 2017*. Obtenido (29 de abril

del 2019) de

- [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Ene/informe\\_sectorial-cuatrenio\\_2014-2017\\_.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Ene/informe_sectorial-cuatrenio_2014-2017_.pdf)
- RAS. (2017). Resolución 0330 del 08 de junio de 2017. Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico. Tratamiento de aguas residuales. recuperado (10 de octubre de 2019) de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- Rodón J, 2012. *Definición de la contaminación del agua*. Recuperado (26 de agosto de 2019) de <https://johannarondon84.blogspot.com/2012/07/definicion-de-la-contaminacion-del-agua.html>
- Rock & Rivera, 2014. *La Calidad del Agua, E. coli y su Salud*. Recuperado (01 de septiembre de 2020) de <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- SSPD, 2017. *Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado*. Recuperado (25 de agosto 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>
- Salmerón, L. (10 mayo 2013a). *Tratamiento de efluentes-caracterización*. Recuperado (30 agosto 2019a) de <https://es.scribd.com/doc/140654698/aguas-servidas-pdf>
- Salmerón, L. (10 mayo 2013b). *Tratamiento de efluentes-caracterización*. Recuperado (30 agosto 2019b) de <https://es.scribd.com/doc/140654698/aguas-servidas-pdf>
- Santos, D. (2008). *Diagnóstico de saneamiento ambiental para la quebrada de las nieves y la quebrada la honda ubicadas en las veredas alto de la aldea y el carrizal respectivamente, del municipio de girón*. Recuperado ( 08 de mayo del 2019) de

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/238/digital\\_16626.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/238/digital_16626.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sancha, M. (2002). *Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones*. Recuperado (01 de septiembre de 2020) de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/sancha.pdf>

Valencia, C. (sf). *QUÍMICA DEL HIERRO Y MANGANESO EN EL AGUA, MÉTODOS DE REMOCIÓN*. Recuperado (01 de septiembre de 2020) de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

Vélez Y & Sánchez G. (2016a). *Diseño y evaluación de un sistema piloto para la descontaminación de aguas residuales generadas en la UFPSO, empleando las especies *Costus spicatus* y *Heliconia psittacorum**. Recuperado (30 de agosto de 2019a) de <file:///D:/USER/Downloads/29539.pdf>

Vélez Y & Sánchez G. (2016b). *Diseño y evaluación de un sistema piloto para la descontaminación de aguas residuales generadas en la UFPSO, empleando las especies *Costus spicatus* y *Heliconia psittacorum**. Recuperado (30 de agosto de 2019b) de <file:///D:/USER/Downloads/29539.pdf>

Vélez Y & Sánchez G. (2016c). *Diseño y evaluación de un sistema piloto para la descontaminación de aguas residuales generadas en la UFPSO, empleando las especies *Costus spicatus* y *Heliconia psittacorum**. Recuperado (10 de octubre de 2019c) de <file:///D:/USER/Downloads/29539.pdf>

Villalobos, F, Molina V, Hernández, V, Esteves, E, Ramos, L y Bolívar, G. (2012). República bolivariana de Venezuela instituto universitario politécnico Santiago Mariño.

*Características generales de los sistemas de alcantarillado*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/orbirtel/caracteristicas-generales-de-los-sistemas-de-alcantarillado>

Zapata, Hernández & Oliveros. (S.f). *Tratamiento de aguas residuales*. Recuperado (01 septiembre de 2019) de [http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion\\_digital/Agua\\_Servicio\\_Publico/Tratamiento\\_Aguas\\_Residuales-Zapata\\_N.pdf](http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Agua_Servicio_Publico/Tratamiento_Aguas_Residuales-Zapata_N.pdf)

# Apéndices

**Apéndice A. Visita al sistema de tratamiento de aguas residuales, corregimiento Zapatosa Cesar.**



**Apéndice B. Visita al sistema de tratamiento de aguas residuales (Laguna de oxidación)**

**Zapatoza, Cesar.**



**Apéndice C. Visita punto de vertimiento de la laguna de oxidación**

**Apéndice D. Visita al puesto de salud del corregimiento.**

**Apéndice E. Encuesta realizada a la población.**



**Apéndice F. Visita al dueño del predio donde se encuentra ubicada la laguna de oxidación.**



Apéndice G. Jornada de muestreo.





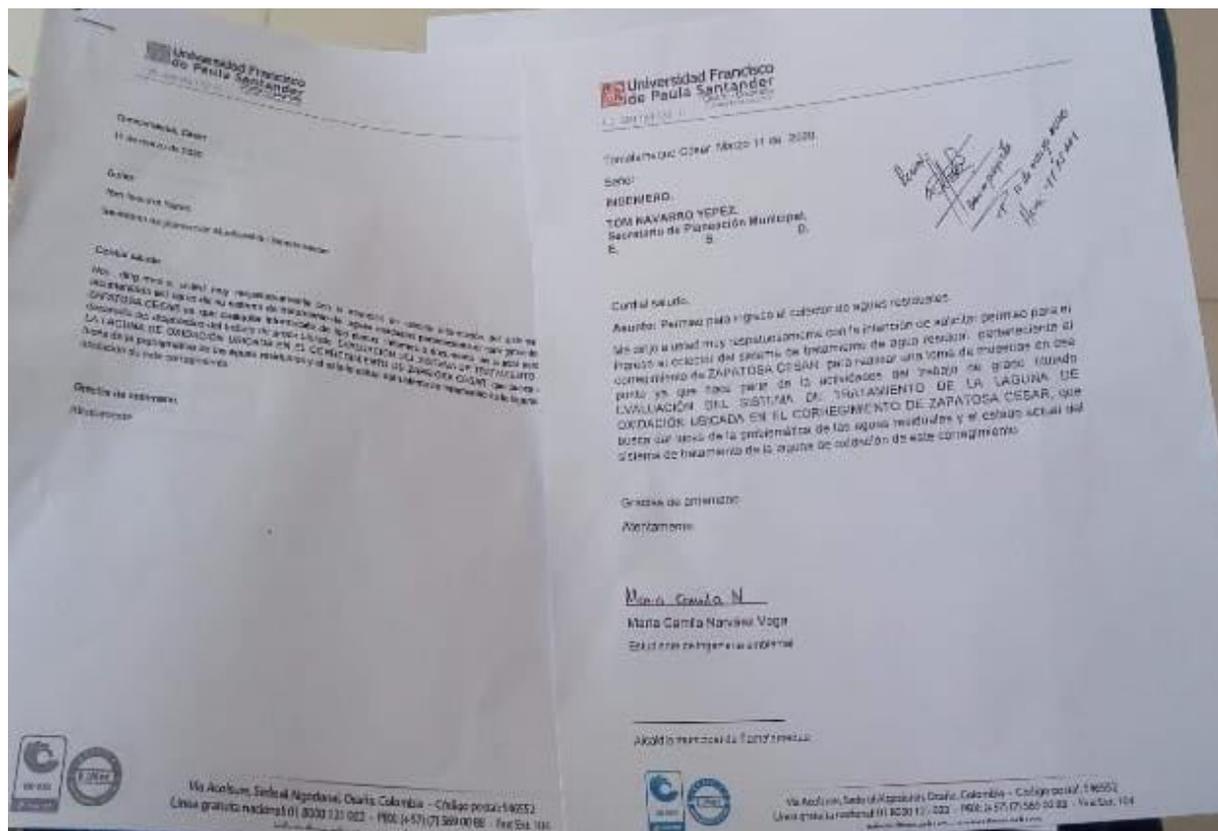
## Apéndice H. Toma de muestras físico- químicas y microbiológicas.



## Apéndice I. Toma de muestras



Apéndice J. Oficios enviados a los entes responsables



## Apéndice K. Documento resultados de laboratorio Universidad Pontificia Bolivariana

|  <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b><br/>SECCIONAL BUCARARANGA<br/>Vigilada MinEducación</p> | <b>FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO</b><br>Laboratorio de Estudios Ambientales<br>Código: II-FO-070<br>Versión: 09 |  |            |                         |                                  |  |
|--|---|--|------------|-------------------------|----------------------------------|--|
|  | Reporte No: 34-020  |  |            |                         |                                  |  |
| <b>1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  |   |  |            |                         |                                  |  |
| Cliente:   | GRUPO DE INVESTIGACIÓN MINDALA (Universidad Francisco de Paula Santander de Ocaña)  |  |            |                         |                                  |  |
| Dirección:   | Vía Alcosure Sede Algodonal - Ocaña Colombia  |  |            |                         |                                  |  |
| Lugar de Muestreo:   | Corregimiento Zapatosa, César.  | Plan de muestreo:  | N:A        |                         |                                  |  |
| Identificación del punto:  | Vertimiento de la laguna de oxidación   |  |            |                         |                                  |  |
| Tipo de muestra:   | Agua Residual Domestica   | Responsable del muestreo:                                  | El Cliente |                         |                                  |  |
| Código de muestra:   | 34  | Coordenadas Geográficas                                    |            |                         |                                  |  |
| Fecha de Muestreo:   | 2020-07-22  | Norte: N:A   | Oeste: N:A | Altitud(msmn): N:A      |                                  |  |
| Fecha de Recepción:  | 2020-07-23  | Tipo de muestreo (información suministrada por el cliente) |            |                         |                                  |  |
| Fecha de Reporte:  | 2020-08-19  | Simple:  | X          | Compuesto:              | Integrado:                       |  |
| <b>2. REPORTE DE RESULTADOS</b>  |   |  |            |                         |                                  |  |
| Normatividad que aplica: Res. 0631 de 2015 __ Decreto 1575 de 2007 __ Otro: X  |   |  |            |                         |                                  |  |
| Procedimiento para toma de muestras II-PC-043.   |   |  |            |                         |                                  |  |
| VARIABLE   | UNIDADES  | RESULTADO  | LCM        | FECHA DE ANALISIS       | MÉTODO                           |  |
| Fosforo Total  | mg P/L  | 4,89   | 0,150      | 2020-07-30 – 2020-07-31 | SM 4500-P B, E                   |  |
| Grasas y Aceites   | mg GyA/L  | <10,0 (6,71)   | 10,0       | 2020-07-30 – 2020-07-31 | SM 5520 B                        |  |
| Nitrógeno Kjeldahl   | mg NTK/L  | 32,0   | 5,00       | 2020-07-30 – 2020-07-31 | SM 4500-Norg B - SM 4500 NH3 B C |  |
| LCM: Límite de cuantificación del método<br>*Parámetros Subcontratados.<br>** Parámetros No Acreditados  |   |  |            |                         |                                  |  |

|   |   |
|---|---|
|  <p>Universidad<br/>Pontificia<br/>Bolivariana<br/>SECCIONAL BUCARAMANGA<br/>Vicerrectoría</p> | <p><b>FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO</b><br/>Laboratorio de Estudios Ambientales<br/>Código: II-FO-070<br/>Versión: 09</p> |
|---|---|

Reporte No: 34-020

### 3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el cliente. Muestreo simple realizado el día 22-07-2020 a las 6:25 a.m. (información suministrada por el cliente)  
Condiciones de recepción de la muestra: Muestra viene refrigerada. Se preservó en el laboratorio para Fosforo total, grasas y aceites, Nitrógeno Kjeldahl por solicitud del cliente.  
Condiciones ambientales: Temperatura de la cava 10°C  
Recipientes y sellos correctos.

Revisó y Aprobó:

Firma: 

Nombre: Yorguin Leonel Vilamreal Solano

Cargo: Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales  
Tarjeta profesional: PQ-3302



Laboratorio acreditado por el IDEAM, según  
resolución No. 1468 de 2019.

<sup>a</sup>Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas<sup>a</sup>

<sup>b</sup>El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales<sup>b</sup>.

**FIN DE REPORTE**

Apéndice L. Resultados dados por Laboratorio Universidad Francisco de Paula Santander  
Ocaña.

| PARAMETRO                   | UNIDAD                              | RESULTADO |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------|
| pH                          | pH                                  | 7.81      |
| Color Real                  | UPtCo                               | 202       |
| Nitritos                    | mg/L N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 0.2046    |
| Dureza                      | mg/L CaCO <sub>3</sub>              | 38        |
| Nitrógeno Amoniacal         | mg/L N-NH <sub>3</sub>              | >3.5      |
| Sulfatos                    | mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 20        |
| Hierro                      | mg/L Fe                             | 0.66      |
| Conductividad               | µS/cm                               | 805       |
| Alcalinidad                 | mg/L CaCO <sub>3</sub>              | 335       |
| DQO                         | mg/L O <sub>2</sub>                 | 131       |
| DBO <sub>5</sub>            | mg/L O <sub>2</sub>                 | 25        |
| Fosfatos                    | mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>  | 5         |
| Cobre                       | mg/L Cu                             | 1.53      |
| Solidos Sedimentables       | mg/L                                | 4.4       |
| Solidos Suspendidos Totales | mg/L                                | 513       |
| <i>Escherichia coli</i>     | UFC/100 mL                          | >300      |
| Coliformes totales          | UFC/100 mL                          | >300      |


**LABORATORIO DE AGUAS**  
 NIT. 800 163 130 - 0  
 Ocaña - Colombia  
 Vicerrectorado de Investigación

**RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Residual.  
**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.  
**NUMERO DE MUESTRA:** 1  
**LUGAR DE MUESTRA:** Zapatosa Colector.  
**TOMADA POR:** Yineth Angarita y Maria Camila Narváez. **HORA:** 06:10 A.M.  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 12 de Marzo del 2020.  
**FECHA ENTREGA AL LABORATORIO:** 12 de Marzo del 2020. **HORA:** 02:15 P.M.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Potencial de hidrogeno, Color real, Nitritos, Dureza, Conductividad, Alcalinidad, Hierro, Sulfatos, Coliformes totales, *Escherichia coli*, DQO, DBO<sub>5</sub>, Fosfatos, Nitrógeno amoniacal, Cobre, Solidos Sedimentables, Solidos Suspendidos totales.

**OBSERVACIONES:** Ninguna.



 Via 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

### RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Residual.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**NUMERO DE MUESTRA:** 2

**LUGAR DE MUESTRA:** Zapatosa Colector.

**TOMADA POR:** Yineth Angarita y Maria Camila Narváez.

**HORA:** 06:50 A.M.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 12 de Marzo del 2020.

**FECHA ENTREGA AL LABORATORIO:** 12 de Marzo del 2020.

**HORA:** 02:15 P.M.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Potencial de hidrogeno, Color real, Nitritos, Dureza, Conductividad, Alcalinidad, Hierro, Sulfatos, Coliformes totales, *Escherichia coli*, DQO, DBO<sub>5</sub>, Fosfatos, Nitrógeno amoniacal, Cobre, Solidos Sedimentables, Solidos Suspendidos totales.

**OBSERVACIONES:** Ninguna.

| PARAMETRO                    | UNIDAD                             | RESULTADO |
|------------------------------|------------------------------------|-----------|
| pH                           | pH                                 | 7.76      |
| Color Real                   | UPtCo                              | 190       |
| Nitritos                     | mg/L N-NO <sub>2</sub>             | 0.2805    |
| Dureza                       | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | 59        |
| Nitrógeno Amoniacal          | mg/L N-NH <sub>3</sub>             | -3.5      |
| Sulfatos                     | mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 44        |
| Hierro                       | mg/L Fe                            | 1.8       |
| Conductividad                | µS/cm                              | 595       |
| Alcalinidad                  | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | 250       |
| DQO                          | mg/L O <sub>2</sub>                | 172       |
| DBO <sub>5</sub>             | mg/L O <sub>2</sub>                | 21        |
| Fosfatos                     | mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 3         |
| Cobre                        | mg/L Cu                            | 1.48      |
| Solidos Sedimentables        | mg/L                               | 1.7       |
| Solidos Suspendidos: Totales | mg/L                               | 457       |
| <i>Escherichia coli</i>      | UFC/100 mL                         | -300      |
| Coliformes: totales          | UFC/100 mL                         | -300      |



## RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Residual.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**NUMERO DE MUESTRA:** 4

**LUGAR DE MUESTRA:** Zapatoza Colector.

**TOMADA POR:** Yimeth Angarita y María Camila Narváez.

**HORA:** 07:30 A.M.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 12 de Marzo del 2020.

**FECHA ENTREGA AL LABORATORIO:** 12 de Marzo del 2020.

**HORA:** 02:15 P.M.

**ANÁLISIS SOLICITADOS:** Potencial de hidrogeno, Color real, Nitritos, Dureza, Conductividad, Alcalinidad, Hierro, Sulfatos, Coliformes totales, *Escherichia coli*, DQO, DBOs, Fosfatos, Nitrogeno amoniacal, Cobre, Solidos Sedimentables, Solidos Suspendidos totales.

**OBSERVACIONES:** Ninguna.

| PARAMETRO                   | UNIDAD                              | RESULTADO |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------|
| pH                          | pH                                  | 7.80      |
| Color Real                  | UPtCo                               | 166       |
| Nitritos                    | mg/L N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 0.2607    |
| Dureza                      | mg/L CaCO <sub>3</sub>              | 48        |
| Nitrógeno Amoniacal         | mg/L N-NH <sub>3</sub>              | >3.5      |
| Sulfatos                    | mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 31        |
| Hierro                      | mg/L Fe                             | 1.93      |
| Conductividad               | µS/cm                               | 581       |
| Alcalinidad                 | mg/L CaCO <sub>3</sub>              | 230       |
| DQO                         | mg/L O <sub>2</sub>                 | 117       |
| DBOs                        | mg/L O <sub>2</sub>                 | 28        |
| Fosfatos                    | mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>  | 5.9       |
| Cobre                       | mg/L Cu                             | 0.91      |
| Solidos Sedimentables       | mg/L                                | 1.6       |
| Solidos Suspendidos Totales | mg/L                                | 389       |
| <i>Escherichia coli</i>     | UFC/100 mL                          | 31        |
| Coliformes totales          | UFC/100 mL                          | >300      |



Via Acobars, 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@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

**UFPS** Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Ocaña - Colombia  
Vigencia 1968

NIT 800 163 130 - 0

**LABORATORIO DE AGUAS**

*M<sup>a</sup> Alejandra Vergel*

**Maria Alejandra Vergel Bermúdez**  
Coordinador Laboratorio de Aguas