



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA DE PIFO, PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: DANIELA CONCEPCION JARAMILLO ABRIL

TUTOR: EDUARDO ALBERTO MIGUEL ARAQUE ARELLANO

Quito - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jaramillo Abril Daniela Concepción con documento de identificación N° 1720068764 manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Daniela Concepción Jaramillo Abril
1720068764

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jaramillo Abril Daniela Concepción con documento de identificación No. 1720068764, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia de Pifo, Provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Daniela Concepción Jaramillo Abril

1720068764

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano con documento de identificación N.º 1707253090 , docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA DE PIFO, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Jaramillo Abril Daniela Concepción con documento de identificación N° 1720068764, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano M.Sc.
1707253090

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado primero a Dios por permitirme llegar a culminar una etapa más de mi vida.

También se la dedicó a mis abuelos ya que gracias a su apoyo incondicional y el esfuerzo que han tenido que hacer todos estos años para que pueda terminar mi carrera universitaria y por ser mi ejemplo por seguir. Los amo.

De igual manera dedicó a mi madre Jeanneth, a mi tía Jenny y a mis hermanas Nicol, Rebeca, Sabine, Paula quienes han sido mi motor para seguir en mi vida diaria.

Por último y no menos importante dedicó este trabajo a una persona que siempre estuvo incondicionalmente para mí y a mi amiga Doménica que ha sido un apoyo y por darme ánimo y fortaleza en el transcurso de mi carrera.

Jaramillo D.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutor Ing. Miguel Araque quien supo brindarme su apoyo y conocimiento en el desarrollo del trabajo experimental.

Al Ing. Renato Sánchez ya que más que un profesor es un amigo, en cual me brindo de su paciencia y experiencia en el tema.

A la Ing. Ximena Borja que también me supo brindar su conocimiento y tiempo para el desarrollo de mi proyecto.

Al señor Ángel Vega presidente del GAD provincial de Pifo por el tiempo, gestión y colaboración que me brindó para llegar a cabo el presente trabajo.

Y a todos los docentes de la carrera de Ingeniera Ambiental, por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi etapa universitaria.

Jaramillo D.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| RESUMEN | xxi |
| ABSTRACT | xxii |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivos | 2 |
| 1.1.1 Objetivo General | 2 |
| 1.1.2Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.2 Antecedentes y justificación | 3 |
| 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRIA | 6 |
| 2.1 Agua residual | 6 |
| 2.2 Calidad de agua..... | 6 |
| 2.2.1 Características físicas del agua residual | 7 |
| 2.2.2 Características químicas del agua residual..... | 8 |
| 2.2.3 Tipos de agua residual | 9 |
| 2.3 Planta de tratamiento..... | 9 |
| 2.3.1 Tipología del muestreo de aguas residuales | 10 |
| 2.3.2 Tipos de tratamiento de aguas residuales..... | 10 |
| 2.4 Normativa ambiental..... | 14 |
| 2.4.1 Constitución Política de la República 2008..... | 14 |
| 2.4.2 Ley de Gestión Ambiental | 14 |
| 2.4.3 Ordenanza Municipal..... | 15 |
| 2.5 Línea base | 15 |
| 2.5.1 Localización geográfica del proyecto | 15 |
| 2.5.2 Superficie de la zona del proyecto | 16 |
| 2.5.3 Relieve y área de influencia | 17 |
| 2.5.4 Datos climáticos..... | 19 |
| 2.5.5 Hidrografía | 20 |
| 2.5.6 Demografía | 22 |
| 2.6 Problematización..... | 22 |
| 2.7 Hipótesis..... | 23 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 24 |
| 3.1 Muestreo | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.1 Sitio del muestreo | 24 |
| 3.1.2 Materiales | 25 |
| 3.1.3 Materiales utilizados en laboratorio..... | 26 |
| 3.1.4 Equipos utilizados para la fase de laboratorio..... | 27 |
| 3.2 Metodología | 27 |
| 3.2.1 Tipo de investigación | 28 |
| 3.2.2 Nivel de investigación | 28 |
| 3.2.3 Diseño de la investigación | 28 |
| 3.2.4 Instrumentos de recolección de datos | 29 |
| 3.2.5 Población y muestra..... | 29 |
| 3.3 Metodología de campo..... | 29 |
| 3.3.1 Muestreo de aguas | 29 |
| 3.3.2 Metodología de laboratorio | 32 |
| 3.3.3 Mediciones en laboratorio | 32 |
| 3.3.3.1 Determinación de sólidos..... | 32 |
| 3.3.3.2 Prueba de Tratabilidad. | 33 |
| 3.3.3.3 Elementos de diseño..... | 38 |
| 3.4 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales | 43 |
| 3.4.1 Diseño del canal de entrada | 43 |
| 3.4.2 Diseño de rejillas | 46 |
| 3.4.3 Diseño del desarenador | 49 |
| 3.4.5 Diseño del sedimentador..... | 56 |
| 3.4.6 Diseño del canal Parshall..... | 58 |
| 3.4.7 Sedimentador primario | 65 |
| 3.4.8 Dimensionamiento sedimentador secundario | 67 |
| 3.4.9 Diseño del Tanque de cloración | 71 |
| 3.4.10 Diseño del tanque de aireación..... | 72 |
| 3.5 Lodos activados..... | 74 |
| 3.6 Análisis Estadístico de la Prueba de Jarras | 76 |
| 3.6.1 Determinación de la velocidad y tiempo óptimo de coagulación (Velocidad Rápida)..... | 76 |
| 3.6.1.2 Coagulante PAC..... | 81 |
| 3.6.2 Determinación de la velocidad y tiempo óptimo de coagulación (Velocidad Lenta) | 86 |
| 3.6.2.2 Dosis del coagulante PAC | 92 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 98 |

| | |
|---|------------|
| 4.1 Resultados | 98 |
| 4.2 Análisis con lodos activados..... | 99 |
| 4.3 Prueba de jarras..... | 102 |
| 4.4 Coagulación y floculación..... | 103 |
| 4.5 Análisis Económico, Técnico y Social del proyecto..... | 104 |
| 4.5.1 Estudio de sostenibilidad económica..... | 104 |
| 4.5.2 Estudio de sostenibilidad técnica..... | 107 |
| 4.5.3 Estudio de sostenibilidad social..... | 108 |
| 4.5.4 Identificación de impactos sociales | 109 |
| 4.5.5 Identificación de costos sociales..... | 109 |
| 4.5.6 Identificación de riesgos sociales | 110 |
| 4.5.7 Identificación de oportunidades sociales..... | 110 |
| 4.5.8 Desarrollo del estudio de sostenibilidad social | 110 |
| 4.5.9 Evaluaciones | 111 |
| 4.6 Puesta en marcha..... | 111 |
| 4.6.1 Desarrollo de los planes de acción..... | 111 |
| 4.6.2 Actividades | 111 |
| 4.6.3 Cronograma de trabajo | 112 |
| 4.6.4 Discusión..... | 123 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 125 |
| 5.1 Conclusiones..... | 125 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 127 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 128 |
| 7. ANEXOS..... | 131 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: <i>Características de diseño y desempeño de los sistemas de lagunaje</i> | 13 |
| Tabla 2: <i>Proyección poblacional al 2050</i> | 22 |
| Tabla 3: <i>Complejidad de la problemática de contaminación</i> | 23 |
| Tabla 4: <i>Material de campo</i> | 25 |
| Tabla 5: <i>Material de laboratorio</i> | 26 |
| Tabla 6 <i>Equipos utilizados en laboratorio</i> | 27 |
| Tabla 7 <i>Parámetros para el muestreo de agua</i> | 30 |
| Tabla 8 <i>Dosis para prueba de tratabilidad</i> | 34 |
| Tabla 9 <i>Tabla de tiempo que se demoró en recorrer el flotador</i> | 37 |
| Tabla 10 <i>Población futura</i> | 38 |
| Tabla 11 <i>Dotación de agua</i> | 39 |
| Tabla 12 <i>Estación hidrológica</i> | 41 |
| Tabla 13 <i>Temperatura mensual de la zona</i> | 42 |
| Tabla 14 <i>Parámetros para el diseño del caudal</i> | 43 |
| Tabla 15 <i>Datos para el cálculo de rejillas</i> | 46 |
| Tabla 16 <i>Tiempo de sedimentación</i> | 50 |
| Tabla 17 <i>Dimensiones establecidas para el diseño del canal Parshall</i> | 59 |
| Tabla 18 <i>Características de las rejillas de barras</i> | 62 |
| Tabla 19 <i>Prueba de lodos activados</i> | 75 |
| Tabla 20 <i>Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la Variable Dosis</i> | 76 |
| Tabla 21 <i>Medias entre la variable Dosis por Gradiente</i> | 77 |
| Tabla 22 <i>Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez</i> | 78 |
| Tabla 23 <i>Medias de Turbidez para Gradiente</i> | 78 |
| Tabla 24 <i>Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las Dosis para Gradiente</i> | 79 |
| Tabla 25 <i>Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente</i> | 80 |
| Tabla 26 <i>Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la dosis (Coagulante PAC)</i> | 81 |
| Tabla 27 <i>Medias de dosificación para Gradiente (Coagulante PAC)</i> | 82 |
| Tabla 28 <i>Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez (Coagulante PAC)</i> . | 83 |
| Tabla 29 <i>Medias de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC)</i> | 83 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 30 Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente (Coagulante PAC)..... | 84 |
| Tabla 31 Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC)..... | 85 |
| Tabla 32 Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la dosis (Coagulante sulfato de aluminio VL) | 86 |
| Tabla 33 Medias de Dosis para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)..... | 87 |
| Tabla 34 Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez (Coagulante sulfato de aluminio VL) | 88 |
| Tabla 35 Medias de Turbidez para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL) | 89 |
| Tabla 36 Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)..... | 90 |
| Tabla 37 Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)..... | 91 |
| Tabla 38 Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la dosis (Coagulante PAC VL) ... | 92 |
| Tabla 39 Medias de Dosis para Gradiente (Coagulante PAC VL)..... | 93 |
| Tabla 40 Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez (Coagulante PAC VL) | 94 |
| Tabla 41 Medias de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC VL)..... | 94 |
| Tabla 42 Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente (Coagulante PAC VL)..... | 95 |
| Tabla 43 Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC VL)..... | 96 |
| Tabla 44 Dimensiones del canal de entrada | 98 |
| Tabla 45 Dimensiones del desarenador | 99 |
| Tabla 46 Análisis Microbiológico | 99 |
| Tabla 47 Análisis físico-químico | 100 |
| Tabla 48 Tasa de remoción en prueba de jarras | 102 |
| Tabla 49 Resultados de la coagulación y floculación..... | 103 |
| Tabla 50 Presupuesto de la Planta de Tratamiento para aguas residuales | 106 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 <i>Mapa de Ubicación. Macro y microlocalización</i> | 16 |
| Figura 2 <i>Mapa Geológico de Pifo</i> | 18 |
| Figura 3 <i>Mapa de Relieve de Pifo</i> | 19 |
| Figura 4 <i>Mapa Hidrográfico de Pifo</i> | 21 |
| Figura 5 <i>Punto de muestreo</i> | 24 |
| Figura 6 <i>Procedimiento para medición de caudal</i> | 35 |
| Figura 7 <i>Tiempo vs partículas sedimentadas</i> | 51 |
| Figura 8 <i>Partes que conforman el Canal Parshall.</i> | 58 |
| Figura 9 <i>Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante sulfato de aluminio)</i> | 81 |
| Figura 10 <i>Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante PAC)</i> | 86 |
| Figura 11 <i>Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante Sulfato de Aluminio VL)</i> | 92 |
| Figura 12 <i>Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante PAC VL)</i> | 96 |
| Figura 13 <i>Opinión sobre construcción de una PTAR en Pifo (Pregunta 1)</i> | 113 |
| Figura 14 <i>Impacto ambiental de la PTAR (Pregunta 2)</i> | 114 |
| Figura 15 <i>Opinión sobre la calidad de agua (Pregunta 3)</i> | 115 |
| Figura 16 <i>Inversión para PTAR (Pregunta 4)</i> | 116 |
| Figura 17 <i>Reutilización del agua residual (Pregunta 5)</i> | 117 |
| Figura 18 <i>Nivel de contaminación del agua antes de ser tratada (Pregunta 6)</i> | 118 |
| Figura 19 <i>Equipamiento adecuado (Pregunta 7)</i> | 119 |
| Figura 20 <i>Planta de tratamiento en el GAD (Pregunta 8)</i> | 120 |
| Figura 21 <i>Precio más alto por mejor calidad (Pregunta 9)</i> | 121 |
| Figura 22 <i>Diseño y puesta en marcha de PTAR según encuesta (Pregunta 10)</i> | 122 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1 <i>Filtrado de la muestra</i> | 131 |
| Anexo 2 <i>Análisis de sólidos sedimentables y lodos activados</i> | 131 |
| Anexo 3 <i>Medición de parámetros</i> | 132 |
| Anexo 4 <i>Prueba de jarras</i> | 132 |
| Anexo 5 <i>Pruebas de laboratorio</i> | 133 |
| Anexo 6 <i>Diseño de la planta de tratamiento</i> | 138 |
| Anexo 7 <i>Segunda vista en perspectiva</i> | 139 |
| Anexo 8 <i>Datos de la prueba de jarras</i> | 140 |
| Anexo 9 <i>Tríptico de socialización</i> | 142 |

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

GAD: Gobierno Autónomo descentralizado

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

OD: Oxígeno Disuelto

PEA: Población Económicamente Activa

pH: Potencial Hidrogeno

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

SF: Sólidos Fijos

SNI: Sistema Nacional de Información

Ssed: Sólidos Sedimentables

ST: Sólidos Totales

SV: Sólidos Volátiles

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

RESUMEN

La contaminación de Pifo con relación a las aguas residuales es un problema latente, contaminantes que cubren una extensión de 220 ha. provenientes de una capacidad poblacional de habitantes en proyección geométrica para el futuro año 2047: 18.230 personas, sin que exista ninguna planta depuradora o proceso de tratamiento biológico que mitigue el daño ambiental actual. A la falta de redes de transferencia en los poblados del sector rural el objetivo es diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el control periódico, continuo o permanente posterior a su implementación; y, el seguimiento sistemático de los vertidos domésticos o residenciales con la finalidad de tratar los efluentes inmersos en el proyecto, cumpliendo con las normas nacionales y lograr un límite permisible al descargarlos en la red hídrica del cantón o con el fin de reutilizarlos. La metodología aplicada es de campo, tanto para el muestreo, pruebas de laboratorio, dimensionamiento y desarrollo de los sistemas necesarios y cada uno de sus elementos técnicos, por medio de fórmulas específicas, ponderación y relación directamente proporcional con la tipología de correspondencia y dependencia del servicio de aguas residuales. En conclusión, la cobertura de la planta se visualiza en el diseño planimétrico, y en los estudios socioeconómicos y técnico adecuados para cumplir con el plan de ordenamiento ambiental y tratamiento de aguas residuales reduciendo el impacto negativo de las mismas.

Palabras clave: Aguas residuales, Planta de tratamiento, Impacto ambiental, Manejo sostenible del agua.

ABSTRACT

The contamination of Pifo in relation to wastewater is a latent problem, pollutants that cover an area of 220 ha. from a population capacity of inhabitants in geometric projection for the future year 2047: 18,230 people, without any treatment plant or biological treatment process to mitigate the current environmental damage. Due to the lack of transfer networks in the towns of the rural sector, the objective is to design a wastewater treatment plant for periodic, continuous or permanent control after its implementation; and, the systematic monitoring of domestic or residential discharges in order to treat the effluents immersed in the project, complying with national standards and achieving a permissible limit when discharging them into the water network of the canton or in order to reuse them. The methodology applied is field based, both for sampling, laboratory tests, sizing and development of the necessary systems and each of their technical elements, by means of specific formulas, weighting and directly proportional relationship with the typology of correspondence and dependence of the wastewater service. In conclusion, the coverage of the plant is visualized in the planimetric design, and in the appropriate socioeconomic and technical studies to comply with the environmental management and wastewater treatment plan, reducing the negative impact of wastewater.

Keys words: Wastewater, Wastewater treatment plant, Environmental impact, Sustainable water management.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación es la acción negativa del hombre en el medio ambiente, por medio de agentes físicos, biológicos o químicos tóxicos y nocivos de gran riesgo para la vida, representando una alarma latente que exige como prioridad, cambios en el tratamiento de aguas residuales, mitigando o eliminando los impactos perjudiciales a las redes hídricas, fuente principal de la ganadería y agricultura de las zonas rurales.

Desde el inicio del asentamiento y agrupación grupal humana, los ríos han sido fuentes de suministro y fuentes de recepción de aguas servidas y residuales, descargadas sin tratamiento previo, de forma directa: “A pesar de los beneficios ambientales ya probados, de salud, económicos y financieros de reutilizar las aguas residuales, un asombroso 80 % a nivel mundial es vertido en el ambiente sin tratamiento adecuado” (Brault y Marmanillo, 2020); los primeros tipos de tratamiento fueron la clorificación-potabilización para el consumo y para las aguas residuales, lagunas de estabilización y alcantarillado sanitario mixto en zonas urbanas y para las zonas rurales en orden cronológico: pozos ciegos-sépticos, lagunas de oxidación y posteriormente lagunas de estabilización, anaeróbicas y facultativas aereadas. “La mayor parte de los ríos del país presenta índices de calidad bacteriológica preocupantes por la presencia de microorganismos patógenos” (Da Ros, 1995)

El sistema de tratamiento de agua residual asegura la depuración de las mismas, desinfección de efluentes por medio de medición de caudal y volumen en diferentes puntos de la red de transferencia, así como en la descarga del punto convergente a la cuenca hidrográfica; permitiendo un control estricto, la reducción de infiltración de contaminantes nocivos a múltiples ecosistemas y la detección temprana de averías que comprometan el objetivo funcional de la planta, con la reutilización como esencia de la innovación ambiental necesaria para los procesos de

mantenimiento de los diferentes hábitats y conservación de los recursos naturales renovables y no renovables.

Los proyectos ambientales sostenibles y sustentables son en la actualidad la prioridad innovadora de la gestión pública y privada, prevaleciendo la calidad de vida de seres vivos y ecosistemas que fortalecen el desarrollo cultural en pro de la realidad nacional.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales a partir de la caracterización de las aguas servidas y prueba de tratabilidad, para conseguir un efluente que cumpla con la normativa ambiental vigente, en la parroquia de Pifo, Provincia de Pichincha

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las aguas servidas definiendo los principales contaminantes presentes en ellas y sus posibles afectaciones, con el fin de establecer un tratamiento eficiente.
- Determinar las pruebas de tratabilidad, por medio de tratamiento de lagunas de estabilización y ensayos a nivel de laboratorio para la obtención de los siguientes parámetros: temperatura, turbidez, sólidos totales, olor, DBO5, DQO, Nitratos, Nitritos, pH, oxígeno disuelto y bacterias, para el dimensionamiento de las unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Desarrollar un estudio de sostenibilidad económico, técnico y social con la ayuda de encuestas en la zona del proyecto, para determinar la viabilidad de este.

1.2 Antecedentes y justificación

En la actualidad, el primer problema de la contaminación es la descarga directa de aguas residuales de fuentes mixtas sin ningún tipo de tratamiento: doméstico, agrícola e industrial se encuentran en diferentes cuerpos de agua o suelos, provocando una gran cantidad de fuentes de contaminación, y el agua, el suelo y el aire contaminados son las principales fuentes de contaminación. causar graves danos al medio ambiente local. “Solo 6 de cada 10 hogares en América Latina están conectados a una red de alcantarillado y menos del 30 al 40 por ciento de las aguas residuales recolectadas son tratadas”(Brault y Marmanillo, 2020)

Las aguas residuales han aumentado en magnitud como respuesta proporcional al incremento poblacional, la necesidad de implementar plantas convencionales completas ha ido aumentando, con la finalidad de que desechos contaminados que se generan no sean descargadas directamente sin tratamiento a los cuerpos receptores, que a su vez son utilizados por la población para cubrir con sus necesidades de abastecimiento y fuente agrícola con los riesgos que esta acción implica para la salud humana, a través de animales, vegetales y otros.

Como alternativa a este problema, Villacis Proaño (2011) señala la implementación de fosas sépticas para tratar las aguas servidas domésticas, complementando este punto desde otra perspectiva del tiempo, enfatizando que las plantas de tratamiento de aguas servidas permiten la depuración de ríos destacados porque brinda salud a la comunidad, se evita la contaminación del ecosistema (Bermeo, 2013).

“Los organismos gubernamentales, municipales e industriales conscientes de estos problemas de contaminación pueden ayudar a mejorar la calidad y cantidad del agua y tratar sus efluentes a través de acciones a corto y largo plazo” (Montes R, IM, 2015).

El incremento poblacional hace que la demanda y el uso del agua aumente, lo cual disminuye los niveles de calidad del agua y la variación de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas luego de ser utilizadas. La disposición de las aguas residuales ya sea para uso doméstico e industrial representa un problema ambiental en la actualidad, el cual es causado por el incorrecto tratamiento de los desechos que se generan en las diferentes áreas, este problema se da principalmente en países que están en vía de desarrollo como lo es Ecuador, de aquí, que Padreozo (2021) refiere que globalmente, se reconoce que el incremento de la urbanización, industrialización y población ha dado como resultado un gran número de retos en el cual se debe enfrentar como sociedad en torno al manejo de aguas residuales.

Las aguas excedentes son vertidas sin un tratamiento a los diferentes cuerpos de agua como ríos, lagos y también quebradas o alcantarillas, violando la normativa ambiental vigente en el Ecuador, como se dejó evidenciar dentro del caso Chebrón como prueba en contra de la defensa ecuatoriana. (Procuraduría General del Estado, 2015)

En respuesta a la problemática planteada, es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir el impacto ambiental de la descarga directa de aguas residuales cloacales a los diferentes afluentes hídricos, contribuyendo así al medio ambiente.

Como segunda opinión que coincide con el tema, actualmente se estima que cerca del 80% de las aguas servidas urbanas son vertidas al medio ambiente sin ningún tratamiento, lo que conduce al deterioro de la calidad del agua e impactos negativos en los ecosistemas y el medio ambiente. salud humana. (Cuevas & Eras, 2021).

El conocimiento que se tiene acerca de este tema varía en las diferentes culturas, por lo que la mejora en la salud no es la única razón por la cual las comunidades aceptan este tipo de proyectos. La gestión de aguas residuales deberá ser un tema de gran importancia el cual debe ser equitativo

para todos por las alternativas de reutilización que factibiliza aportar a la actividad económica del lugar, sustentabilidad, sostenibilidad y mejora continua del impacto ambiental por huellas humanas estancadas en prácticas ambiguas, generando recurso hídrico valioso dentro de una economía circular.

Dado que el 36% de la población mundial vive actualmente en regiones con escasez de agua, el tratamiento de aguas residuales para su reutilización debe ser parte de la solución a la escasez y contaminación del agua (World Bank Group, 2020).

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRIA

2.1 Agua residual

Se considera agua residual a aquellas aguas cuya calidad ha sido afectada y deteriorada de manera negativa por la actividad humana. Comúnmente son aguas contaminadas por sustancias orgánicas asociadas a animales, a residuos de alimentos o a los desechos producidos por actividades comerciales y/o industriales.

“La contaminación de los recursos hídricos es la mayor amenaza para el medio ambiente” (Piedra, 2020). Se dice que el agua residual proviene de una combinación de agua doméstica o industrial, recolectada por la red de alcantarillado, conduciéndola al punto final adecuado. “En América Latina y el Caribe solo se trata del 30 al 40 por ciento de las aguas residuales recolectadas, lo que tiene un impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente” (World Bank Group, 2020).

Arocutipa Lorenzo, (2013) menciona: Son residuos porque han sido utilizados, constituyen un residuo que no sirve al usuario inmediato, son negros por el color, algunos autores en aguas servidas y residuos Se distingue entre agua, la primera es de uso doméstico, y la segunda de una mezcla de agua de uso doméstico e industrial, que en todo caso está constituida por todas las aguas canalizadas por la red de alcantarillado, sin tratamiento previo posterior a su uso.

2.2 Calidad de agua

Definir la calidad del agua depende mucho del uso que se vaya a hacer de este recurso. Para ello se emplean indicadores que son la manifestación de una propiedad del objeto que se evalúa. Mediante estos se puede determinar qué elementos contiene el agua y bajo qué cantidades, para ello se utilizan parámetros fisicoquímicos y biológicos como indicadores de la calidad. “No existe la determinación del caudal ecológico para garantizar la calidad del agua”

La calidad del agua se define por características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas que se evalúan mediante el análisis de diversos parámetros, cuyos resultados se comparan con valores de referencia que dependen del uso del agua, el desarrollo y la conservación de los recursos. (OMS, 2006).

El agua residual, está compuesta de sustancias físicas, químicas y microbiológicas y esto viene combinado con desperdicios líquidos y sólidos los cuales provienen de origen doméstico y empresas. El volumen que se genera se debe a la diferencia de costumbres y educación que los habitantes poseen en las diferentes localidades.

La materia presente en el agua se puede hallar disuelta, suspendida (en forma de material particulado) o en forma de coloides. Se requieren de diversos métodos para determinar parámetros como la turbidez, el color y concentración de ciertas sustancias presentes en el agua (Fernández, 2012).

La normatividad vigente en el Ecuador es emitida por el Ministerio del Ambiente, el cual decide comparar los parámetros que miden la calidad del agua con valores de referencia denominados “estándares de calidad del agua”, estos estándares se definen para cada tipo de agua y/ o uso del agua (MAE, 2015).

2.2.1 Características físicas del agua residual

A continuación, se presentan las principales características físicas de agua residual:

2.2.1.1 Turbidez. Se dice que es una medida optima en la que se logra calcular la dispersión de la luz en el agua. Es así un parámetro importante en el control de calidad de aguas naturales y aguas tratadas.

Tomando en cuenta el color característico de las aguas residuales domésticas e industriales, fresca y aerobia de color gris, no fresca es séptica de color negro por la degradación de materia

orgánica; el olor debido a la descomposición de la materia, propio de los residuos al ser frescos y aerobios a queroseno y no frescos o séptica es pestífero, su olor característico a ácido sulfhídrico

2.2.1.2 Sólidos. Los sólidos se catalogan como la fracción contaminante del Agua Residual. Por lo que se tiene clasificación en los cuales podemos encontrar los sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos fijos y por último los sólidos volátiles entonces la determinación de estos parámetros permite cuantificar de las categorías nombradas en el agua residual con la finalidad de evaluar su biodegradabilidad y su método de remoción (Agudelo & Alvear, 2015). Visibles en las aguas de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.

2.2.1.3 Temperatura. La temperatura en el estudio de agua residual es un parámetro muy importante, ya que tiene efectos que alteran las características del agua, por lo cual estos cambiarían sus operaciones y procesos necesarios para el tratamiento; es de mayor rango calorífico que la del agua potable, entre 10° y 20 ° C.

2.2.2 Características químicas del agua residual

2.2.2.1 Materia orgánica. Presentes en todas las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, emisiones de estas últimas y residuos agrícolas; carbohidratos, grasas y aceites animales, pesticidas, fenoles, proteínas, contaminantes prioritarios, tensioactivos, compuestos orgánicos volátiles y otros químicos derivados de la degradación natural de la materia orgánica (Fonfría & Ribas, 1989).

2.2.2.2 Materia inorgánica. Presentando alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, pH, fósforo, azufre y contaminantes prioritarios frecuentes en aguas residuales

domésticas, comerciales e industriales, aguas de suministro, infiltración de agua subterránea, vertidos industriales, residuos agrícolas y aguas de escorrentía (Valdez y Vásquez, 2003).

2.2.2.3 Gases. Procedentes de la descomposición de residuos domésticos, agua de suministro e infiltración de agua superficial, presentando químicamente sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno.

2.2.3 Tipos de agua residual

A continuación, se presentan los diversos tipos de aguas que, según García et al., (2016), son las siguientes:

2.2.3.1 Aguas residuales domesticas o aguas negras. Proviene de las heces y la orina humana, la higiene personal, la cocina y la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como residuos de jabones, detergentes, lejías y grasas (Espigares & Pérez, 1985).

2.2.3.2 Aguas blancas. Pueden provenir de la atmósfera o del riego y limpieza de calles, parques y espacios públicos donde la precipitación atmosférica es muy rica, y estos pueden ser evacuados individualmente para no saturar el sistema de depuración.

2.2.3.3 Aguas residuales industriales. De procedencia en los procesamientos realizados dentro de fábricas y establecimientos industriales, contienen aceites, detergentes entre otros de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

2.3 Planta de tratamiento

Para una planta de tratamiento de aguas residuales se debe tener como requisito importante lo que es la conservación de la vida en el planeta y el cuidado del agua.

Se emplean diversos tratamientos, ya sean fisicoquímicos o biológicos para la remoción de sólidos, reducción de materia orgánica y otro Tipo de contaminantes, realizando una restauración de los niveles de oxígeno disueltos en el agua de ciertos parámetros para su posterior descarga a cuerpos de agua, ayudando a reducir la contaminación (Salvador, 2017) En base al muestreo de aguas residuales.

2.3.1 Tipología del muestreo de aguas residuales

Se divide de acuerdo con el proceso y las características de la toma, procedimiento base e importante para la fiabilidad y confiabilidad de los resultados al procesar en el laboratorio.

2.3.1.1 Muestras simples. “Consiste en recolectar todo el volumen a examinar en el mismo momento, por lo que solo caracteriza el agua residual, solo dentro de la hora en que fue recolectada” (Valdez y Vásquez González, 2003).

2.3.1.2 Muestras compuestas. Recolección de aguas residuales de mínimo volumen, de forma continua, durante un intervalo de tiempo definido y constante, u otra opción se presenta con varias muestras instantáneas tomadas cada período de tiempo igual, logrando un promedio de características.

2.3.2 Tipos de tratamiento de aguas residuales

A continuación, se presentan los diversos tipos de tratamiento de aguas residuales:

2.3.2.1 Tratamiento primario. Empleado principalmente para reducir la concentración de sólidos sedimentables, mediante una etapa por la que el agua atraviesa tanques en donde los tiempos de retención son elevados, permitiendo una separación con ayuda de la gravedad, aprovechando la diferencia de densidades y pesos de las sustancias (Campos, 2003).

Estas sustancias se precipitan y se separan del líquido, permitiendo que la materia se deposite en los tanques o bien flote por sobre la superficie, con lo cual se generará un líquido homogéneo que pasara a otra etapa de la PTAR.

2.3.2.2 Tratamiento Secundario. Consiste en una etapa para la degradación de materia orgánica proveniente de residuos humanos, vegetales, alimenticios, jabones y detergentes, entre otros. Se provoca la formación de una masa de microorganismos que degradan la materia a sustancias más simples. Este caldo de bacterias recibe el nombre de lodos activados y a medida que se suministra oxígeno, consumen la materia orgánica presente en el agua.

2.3.2.3 Tratamiento Terciario. Es la etapa final del proceso, que tiene como fin, aumentar la calidad y mejorar las condiciones del efluente a un estándar establecido para su adecuada descarga al ambiente receptor.

Se busca remover el Nitrógeno, fósforo y otros contaminantes remanentes del efluente. Mediante la filtración de arena, gran parte de los residuos de materia suspendida son retenidos. Finalmente, mediante la desinfección se busca reducir el número de organismos vivos en el efluente, para que cumpla con ciertos estándares que la normativa exige (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015).

2.3.2.4 Laguna de estabilización. Se dice que son tanques excavados cuyo propósito es almacenar agua residual con un período de retención más largo. Este procesamiento ocurre a través de la simbiosis de la actividad bacteriana con las algas y otros organismos (Cortes et al., 2017). Se dice que se requiere una gran extensión de terreno para realizar este tratamiento, y se debe considerar el tipo de suelo de la zona, ya que los suelos arenosos pueden infiltrarse y provocar la contaminación de los acuíferos. Debe mantenerse alejado de zonas densamente pobladas, a unos 500 metros, ya que puede producir un olor desagradable.

2.3.2.5 Otros. Su calificación de las lagunas de estabilización tiene 4 tipos que se subdividen en:

-Laguna Anaerobias

Se dice que este tipo de laguna se utiliza para tratar aguas residuales con una alta concentración de materia orgánica, cuya concentración se elimina mediante digestión anaerobia. Para este tipo de tanque se requiere un área pequeña, por otro lado, no tiene oxígeno disuelto porque no hay proceso de fotosíntesis, huele mal y requiere aislamiento (Cortes et al., 2017).

- Lagunas Facultativas

En este proceso de lagunas facultativas se tiene condiciones aerobias en la parte superior lo que quiere decir que el oxígeno disuelto existe, también la parte facultativa las bacterias aerobias pueden vivir en esas condiciones en donde se lleva a cabo la descomposición de la materia orgánica (DBO) y en la parte inferior de la laguna se tiene una zona anaerobia, donde los sólidos que se sedimentan se descomponen de manera fermentativa.

-Lagunas de maduración o pulimiento

En esta laguna sus condiciones son totalmente aerobias, su propósito es la reducción de los coliformes fecales para que el agua llegue a la calidad y los límites permisibles al momento de la descarga de agua residual a los cuerpos receptores. También con este método se remueve lo que es una pequeña cantidad de materia orgánica.

“Las lagunas de maduración o pulimiento pueden recibir aguas residuales previamente tratadas por otros sistemas de tratamiento secundario: lodos activados o biofiltros” (Cortes et al., 2017).

- Aerobias.

En estos tipos de tanque se necesita solo una pequeña área, en el cual no se necesita de algas y no existe lo que es un proceso fotosintético; por lo que quiere decir que no hay oxígeno disuelto. La

eficiencia de la eliminación de los organismos depende el tiempo de retención hidráulico en lo que se genera de 1 a 5 días. Su propósito principal el desbaste de la materia orgánica, por lo que pueden recibir altas concentraciones de cargas orgánicas: la remoción de la DBO5 se lleva a cabo debido a la sedimentación de sólidos y el proceso anaerobio (Cortes et al., 2017).

Tabla 1

Características de diseño y desempeño de los sistemas de lagunaje

| Características | Clase de laguna | | |
|-----------------------------------|------------------------|---|---|
| | Aerobia | Facultativa | Aireada con mezcla parcial |
| Objetivo de tratamiento | Secundario | Sistema de disposición superficial preliminar menor | Pulido secundario y preliminar de sistemas o tratamientos de eliminación sobre el suelo |
| Clima necesario | Cálido | No requiere | No requiere |
| Tiempo de retención (días) | 5-10 | 25-180 | 3-20 |
| Profundidad (metros) | 1-1,5 | 1,5-2,5 | 2-6 |

| Características | Clase de laguna | | |
|--|-----------------|-------------|----------------------------|
| | Aerobia | Facultativa | Aireada con mezcla parcial |
| Características del afluente (mg/L) | | | |
| DBO | 20-40 | 30-40 | 20-40 |
| DQO | 80-140 | 40-100 | 30-60 |

Nota: Se encuentra las diferentes características de sistemas de lagunaje. Elaborado por: La autora con información obtenida de la Fuente: (*Crites & Tchobanoglous, 2000*)

2.4 Normativa ambiental

La legislación ecuatoriana que rige el proceso y procedimientos ambientales en el país son:

2.4.1 Constitución Política de la República 2008

Corresponde al Programa Nacional del Buen Vivir, al Código Orgánico de Organizaciones Territoriales, COOTAD y al Código Integral de Organizaciones Criminales, COIP. Este destaca la prevención de la contaminación como un derecho y una garantía constitucional, por lo que se sancionan sus infracciones.

2.4.2 Ley de Gestión Ambiental

Se relaciona con la "Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental", "Ley de Recursos Hídricos", "Ley de Aprovechamiento y Aprovechamiento de Recursos Hídricos", "Ley de Desarrollo Agropecuario", texto unificado de legislación ambiental secundaria, reglamentos ambientales correspondientes y normas técnicas.

Para destacar de manera especial el desarrollo del tema, Acuerdo Ministerial 097 A, Reforma del Texto Unitario de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Tomo VI, Anexo A del Reglamento.

2.4.3 Ordenanza Municipal

Ordenanza N° 0010 que rige en el Distrito Metropolitano de Quito, abarcando El Quinche, Checa, Yaruquí y Pifo, en vinculación con la Fe de Erratas 001 del Registro oficial 492 donde se habla del tratamiento de aguas pluviales y servidas y los programas de saneamiento ambiental EPMAPS donde se menciona la caracterización de las aguas residuales.

2.5 Línea base

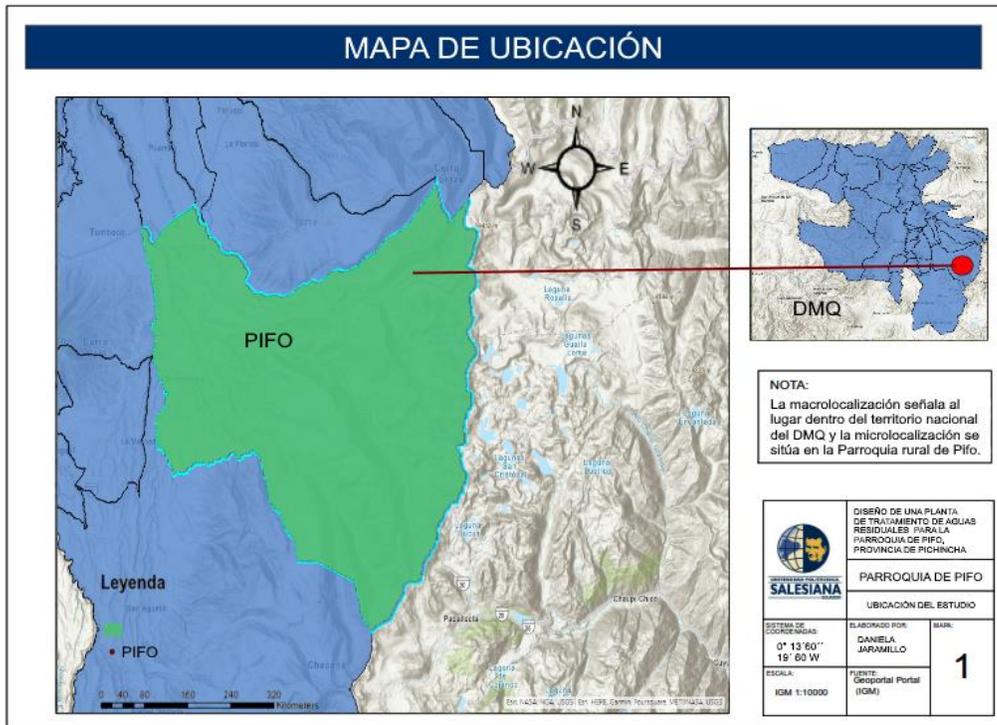
La línea base del proyecto es el manejo sostenible e integral del agua.

2.5.1 Localización geográfica del proyecto

La macro localización señala al lugar dentro del territorio nacional de Ecuador, Provincia Pichincha, Cantón Quito y la micro localización se sitúa en la Parroquia rural de Pifo, ubicada en el extremo nororiental del DMQ, latitud $0^{\circ} 13' 60''$ y longitud $78^{\circ} 19' 60$ W (Territorial, 2015). Limitada al norte por las Parroquias de Puembo, Tababela, Yaruquí y Checa W-E, al sur la Parroquia de Pintag; al este por las Parroquias de Oyacachi y Papallacta (N-S) y al oeste por las Parroquias de Tumbaco y La Merced (N-S), (Fig. 1); posición geográfica estratégica por ser punto de interconexión entre el Norte del país y la Región Amazónica. Código de la localidad o postal 170175.

Figura 1

Mapa de Ubicación. Macro y micro localización



Nota: Se visualiza el mapa de la ubicación de donde se realizó el proyecto. Elaborado por: La autora

A esta parroquia se la puede llegar a caracterizar por lograr su interculturalidad proyectando un desarrollo integral con seguridad y responsabilidad al medio ambiente, el cual goza de todos los derechos. Se la conoce como tierra de agua, producción y raíz; cultura en la que se ha logrado fortalecer la economía con los diversos servicios en la agricultura-ganadería, actividad turística, comercial entre otras.

2.5.2 Superficie de la zona del proyecto

La parroquia presenta lo que es una superficie de 254,24 km², siendo así la más grande extensión de la zona metropolitana rural en las aproximaciones del nuevo aeropuerto, la cual se encuentra a una altura de 2790 msnm (Unión Temporal PEZI, 2009). Por lo que se tomó en cuenta

la delimitación de la zona para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales, siendo así un área de $2km^2$, por lo cual haciendo la transformación adecuada nos indica que se tiene 220 hectáreas para así realizar el estudio correspondiente.

2.5.3 *Relieve y área de influencia*

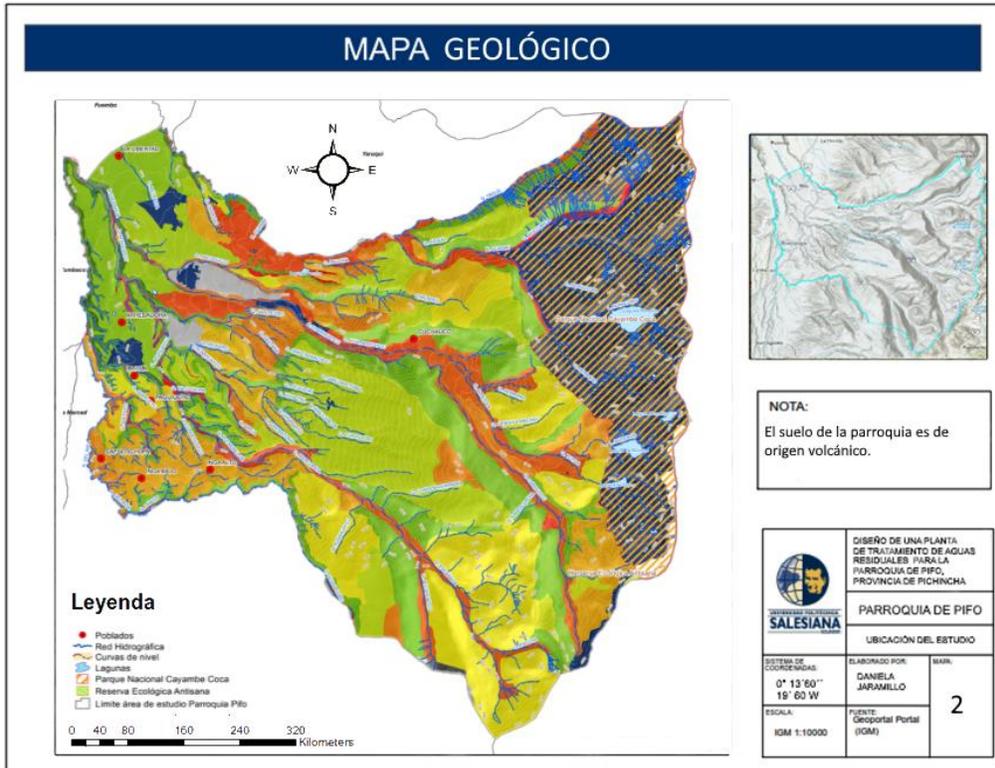
Según el GAD Parroquial de Pifo (2015):

Se dice que la topografía es uno de los factores limitantes más destacado, el declive de las pendientes dominantes aledañas y de las crestas propias, superiores a 30° representa un alto riesgo de erosión del suelo, suelo que en la parroquia está destinado para uso de agro-producción llegando a tener como consecuencia de los vecinos, suelos erosivos de poca profundidad. Suelos ricos en materia orgánica.

Predomina la subcuenta media en cresta, que oscila entre los 2800 y superiores a 3000 msnm, en estas cimas se evidencia ganado vacuno (Fig. 2); con ladera escarpada subsiguiente que son las quebradas, existe una pendiente de 20° , (la mayor de la parroquia). En estas laderas se visualiza cultivos activos.

Figura 2

Mapa Geológico de Pifo



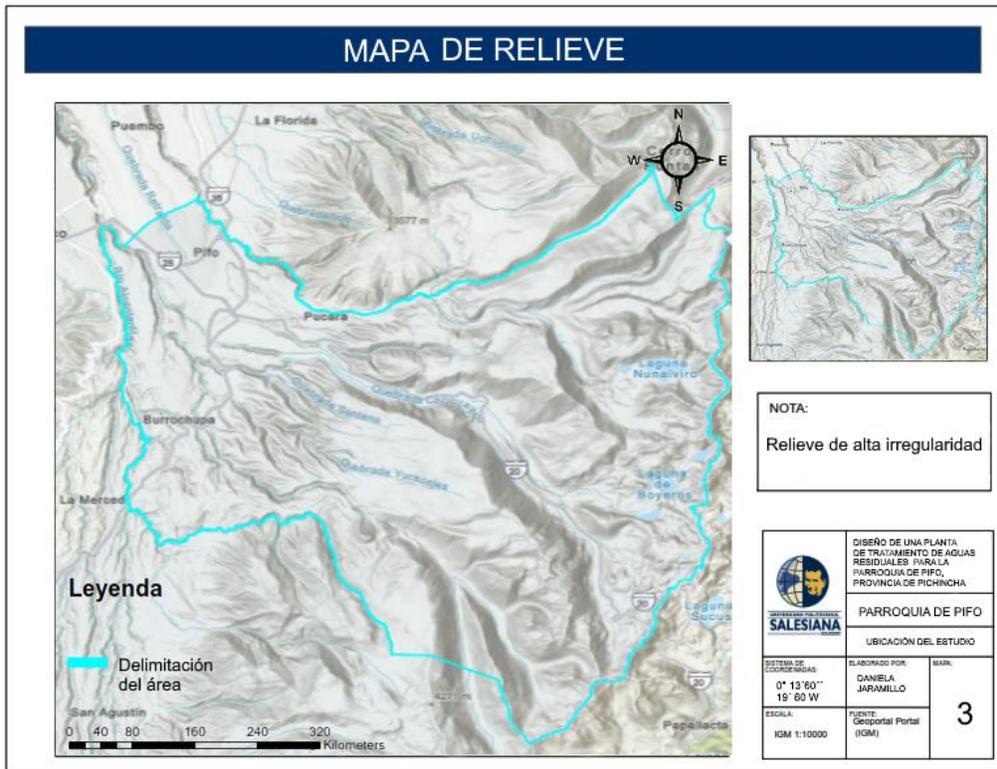
Nota: Se visualiza el mapa geológico de la parroquia de Pifo. Elaborado por: La autora

En su zona baja (entre los 2.400 y 2.600 msnm) se distribuyen las tierras apropiadas para cultivos, debido a la presencia de relieves de planicies colinadas o ladera suave, por ende, el tratamiento de suelos necesitan una adaptación cuidadosa en los procedimientos factibles para contrarrestar la erosión y para su aprovechamiento productivo con la construcción e implementación de obras e infraestructura en beneficio de la actividad de la parroquia; a los 2200 a 2400 msnm los cultivos de ciclo corto son habituales por las facilidades que presenta la planicie colinada (Fig. 2) ocupadas en gran parte del territorio, se logra un aprovechamiento adecuado,

adaptando diferentes medidas contra la erosión, aplicación de riego, conservación del agua y remoción de piedras, el uso de fertilizantes y abonos para su mejora. Otras actividades económicas se despliegan en estos dos tipos de relieve. Su relieve es de alta irregularidad. (Fig. 3)

Figura 3

Mapa de Relieve de Pifo



Nota: Se visualiza el mapa del relieve de la parroquia de Pifo. Elaborado por: La autora

2.5.4 Datos climáticos

2.5.4.1 Clima. Cincuenta y ocho por ciento de territorio tiene un clima de páramo con una temperatura de 4° a 8° C correspondiente a alturas superiores a los 4000 msnm y cubriendo más de 13000 ha. del bosque pluvial, la parroquia tiene la ventaja de poseer variados pisos climáticos: ecuatorial mesotérmico y el ecuatorial frío, el

primero en el 19% del territorio, con temperatura de 12 a 18° C en alturas de hasta 2900 msnm que cubre el bosque húmedo; el clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo donde varía entre de 8 a 12°C de temperatura en el bosque seco. Todos, con un denominador común la precipitación pluviométrica.

- Temperatura Promedio 10 a 16 °C
- Insolación 1000 – 2000 hora/an

2.5.4.2 Precipitación. Los datos de precipitación pluviométrica presentan un promedio de 1000 mm/año

- Precipitación 1050 vpm (500 a 200 mm)
- Humedad Relativa 550 – 750%

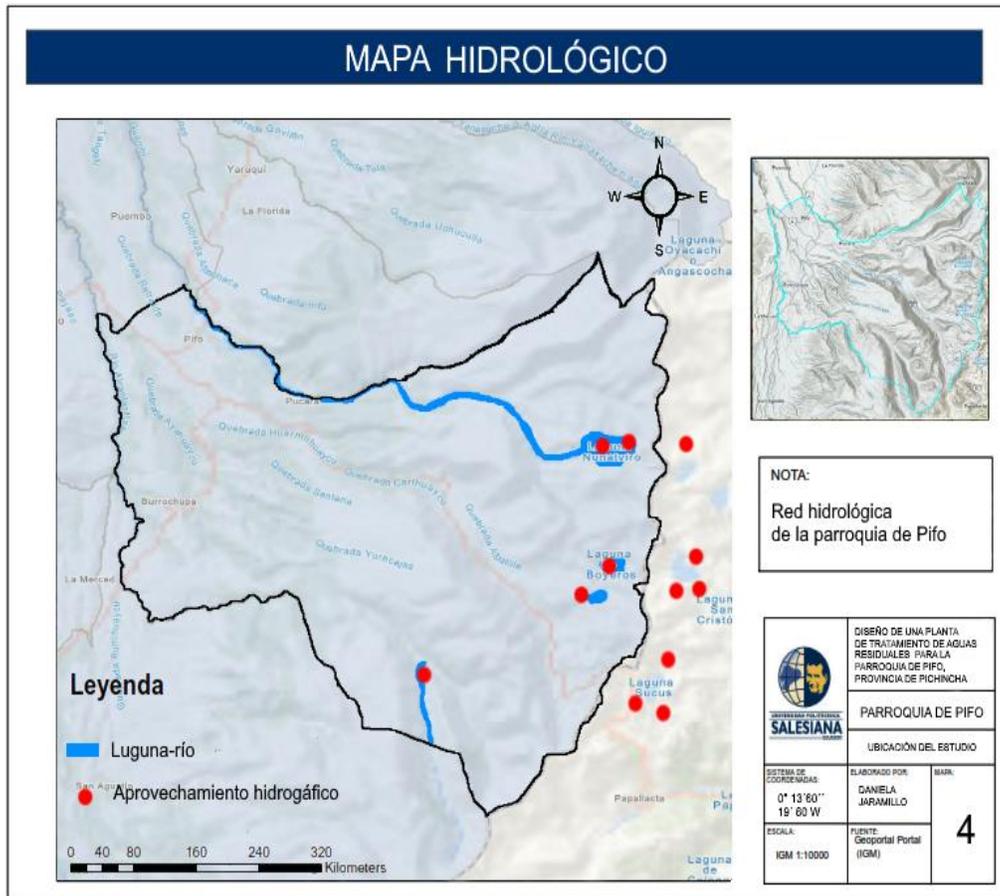
2.5.5 Hidrografía

En cuanto a la red hidrológica, los cuerpos de agua destacados son un conjunto de ríos, lagunas y quebradas que forman el recurso hídrico de la parroquia. Los Ríos que benefician a la parroquia son: Guambi que cruzan de norte a sur, Guchi e influencia de los Ríos Machángara, San Pedro y Pita. Las lagunas se ubican en conjunto al este de la parroquia: Oyacachi, Nunalviro, Yuyos, Parcacochoa, Boyeros, Loreto, Del Peine, Sucus y Papallacta. Por último, se nombra las quebradas de Yaquil, Pumacho, Del Brinco, Barrioteta, Cachiua, Huarmihuaico, Guatopugru, Hospitalillo (todos enumerados de norte a sur, oeste este) (Fig. 4).

Por lo cual tiene 12 aprovechamientos hidráulicos que se clasifican de la siguiente manera: cuatro son de uso agroindustrial, ocho son los que están destinados a servicios de agua potable el cual es para consumo humano, como son la Pitana y los Andes. Su mayor dotación de aguas en Pifo es subterránea y pocas superficiales. En lo que es nororiente de la parroquia, eje Neovolcánico, se encuentra ubicado sus principales cuerpos de aguas subterráneas, zona de mayor explotación por su alta precipitación pluvial convirtiéndola en zona de mayor desarrollo socioeconómico.

Figura 4

Mapa Hidrográfico de Pifo



Nota: Se puede observar la red hidrológica de Pifo. Elaborado por: La autora

2.5.6 Demografía

El crecimiento de la población a nivel nacional

Tabla 2

Proyección poblacional al 2050

| | Ecuador | Pichincha | Quito | Pifo |
|------|----------|-----------|---------|-------|
| 1990 | 10230931 | 1447022 | 1200000 | 6431 |
| 2001 | 13673347 | 2388817 | 1842201 | 12334 |
| 2010 | 14483499 | 2576287 | 2239191 | 16645 |
| 2012 | 15520973 | 2779370 | 2319671 | 17837 |
| 2015 | 16278844 | 2947627 | 2412427 | 18708 |
| 2020 | 17510643 | 3228233 | 2551721 | 20124 |
| 2030 | 19814767 | 4247845 | 2781641 | 17476 |
| 2040 | 21806740 | 4723691 | 3061279 | 15719 |
| 2050 | 23377412 | 5253679 | 3281773 | 14506 |

Nota: En la tabla nos indica los años y la población futura. Elaborado por; La autora con información obtenida de (*Proyección de la Población 2010-2020 INEC*)

2.6 Problematicación

Pifo presenta lo que son varios problemas como lo es el desnivel topográfico, su infraestructura y también la cobertura de servicios básicos, acceso limitado al agua para cumplir con sus funcionalidades diarias, y tratamiento de aguas residuales con el objetivo de transformarlas en un

recurso reutilizable, economía sectorial baja, y población con desconocimiento de las técnicas de sustentabilidad y sostenibilidad del agua.

Tabla 3

Complejidad de la problemática de contaminación

| Recurso | Problema Ambiental | Nivel complejidad |
|---------|--------------------------------------|-------------------|
| Flora | Contaminación por actividades • | Alta |
| Suelo | Contaminación por desechos sólidos • | Medio |
| Agua | Contaminación por aguas residuales • | Alta |

Nota: Se puede identificar en la tabla la problemática de contaminación. Elaborado por: La autora con la información obtenida de (*GAD Rural, 2010*)

2.7 Hipótesis

Se realiza la implementación de una Planta de tratamiento de agua residual donde se colocará lagunas de estabilización en la cabecera cantonal de Pifo con el objetivo de la disminución de carga contaminante del agua residual con el propósito de verter el agua tratada con anterioridad al río, cumpliendo con los respectivos límites máximos permisibles de la normativa aplicándolo en los aspectos técnico, social y económico, es viable.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Muestreo

3.1.1 Sitio del muestreo

El sitio elegido es el punto de convergencia de las redes y efluentes de Pifo, zonas rurales que no cuentan con sistema de alcantarillado y por ser directa su emersión, la contaminación es eminente; el sitio de muestreo fue el punto central de todos los elementos involucrados y donde el río Guambi receipta las aguas residuales del sector.

Figura 5

Punto de muestreo



Nota: Se puede observar el punto de muestreo en Google Maps. Elaborado por: La autora

3.1.2 Materiales

Los materiales utilizados se dividen en dos fases: la primera corresponde a los materiales utilizados para la ejecución del muestreo en campo y la segunda para las pruebas en el laboratorio.

Tabla 4

Material de campo

| Material | Descripción/Capacidad |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Botellas plásticas | Capacidad de 1 a 5 litros |
| Cuerda | 6 metros |
| Balde con llave | Capacidad de 10 litros |
| Balde | Capacidad de 20 litros |
| Recipientes plásticos | Capacidad de 125 ml |
| Agua destilada | De 500 ml |
| Guantes | Quirúrgicos de látex |
| Gafas de seguridad | Marca 3M |
| Mascarillas | Máscara respiradora |
| Impermeable | Color amarillo de cuerpo completo |
| Botas de caucho | Marca 3M |
| Marcador permanente | Marca Pelikan |
| Fundas /cooler | 1 unidad |
| Frasco lavador | 1 unidad |
| Toalla de papel absorbente | 1 rollo |

| Material | Descripción/Capacidad |
|---------------------|------------------------------|
| Etiquetas adhesivas | 10 unidades |
| Cinta pegante | 1 rollo |

Nota: Se describe en la tabla los materiales a utilizar en la investigación. Elaborado por: La autora

3.1.3 Materiales utilizados en laboratorio

Utilizados para el análisis de las aguas residuales en del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana:

Tabla 5

Material de laboratorio

| Material | Descripción/Capacidad |
|------------------------|------------------------------|
| Conos Imhoff | Capacidad de 1000ml |
| Vasos de precipitación | Capacidad de 250 a 1000ml |
| Jeringuillas | Capacidad de 5ml |
| Crisoles | Capacidad de 100 ml |
| Desecador | ----- |
| Probeta graduada | Capacidad de 1000ml |
| Pinzas | ----- |
| Sulfato de aluminio | ----- |
| Guantes | Quirúrgicos de nitrilo |
| NaOH | Hidróxido de sodio |

Nota: Se describe los diferentes materiales de laboratorio a utilizar. Elaborado por: La autora

3.1.4 Equipos utilizados para la fase de laboratorio

Tabla 6

Equipos utilizados en laboratorio

| Equipos | Descripción/Capacidad |
|-------------------|------------------------------|
| Turbidímetro | Orbeco Hellige |
| pH- metro | Mettler Toledo |
| Mufla | Horiba Laqua act. |
| Equipo OD | Hanna Instrument |
| Estufa | Boekel |
| Balanza analítica | Mettler Toledo |
| Prueba de Jarras | Velp Scientifica |

Nota: Se describe los diferentes equipos de laboratorio a utilizar. Elaborado por: La autora

3.2 Metodología

La metodología se basó en el análisis de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como en la caracterización de los efluentes. A partir de estos análisis se determinó el tipo de planta de tratamiento más adecuada para el tratamiento de las aguas residuales de la parroquia de Pifo. La selección de la planta de tratamiento se basó en un análisis costo-beneficio, considerando el costo de la inversión y el costo de operación y mantenimiento de la planta.

3.2.1 Tipo de investigación

La metodología de la investigación se fundamenta en el enfoque cualitativo, el cual según Creswell (2007), es aquel en el cual se pretende comprender y explicar fenómenos sociales, de acuerdo con las percepciones de las personas que los experimentan. Dentro de este enfoque, se utilizó la técnica de la observación participante, la cual consiste en la participación del investigador en las actividades cotidianas de los sujetos de estudio, con el fin de comprender de manera más profunda sus puntos de vista y formas de vida. Asimismo, se utilizaron entrevistas en profundidad a fin de recabar información más específica de las necesidades y problemáticas que aquejan a la comunidad.

3.2.2 Nivel de investigación

La presente investigación se encuentra enmarcada dentro del nivel descriptivo, el cual, según Hernández et al., (2014), se fundamenta en la búsqueda de la realidad tal y como es, es decir, se trata de describir fenómenos, características, procesos, relaciones, situaciones, etc. En este sentido, el objetivo de la presente investigación es describir el problema de la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo, y las consecuencias que esto ocasiona a la comunidad.

3.2.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se fundamenta en el enfoque cualitativo, el cual según Creswell (2007), es aquel en el cual se pretende comprender y explicar fenómenos sociales, de acuerdo con las percepciones de las personas que los experimentan. Dentro de este enfoque, se utilizó la técnica de la observación participante, la cual consiste en la participación activa del investigador en las actividades cotidianas de los sujetos de estudio, con el fin de comprender de

manera más profunda sus puntos de vista y formas de vida. Así mismo, se utilizaron encuestas en profundidad a fin de recabar información más específica de las necesidades y problemáticas que aquejan a la comunidad.

3.2.4 Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos:

Observación participante: Se utilizó para comprender de manera más profunda las formas de vida de la comunidad y sus puntos de vista respecto al problema de la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Encuestas en profundidad: Se utilizaron con el fin de recabar información más específica de las necesidades y problemáticas que aquejan a la comunidad.

3.2.5 Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por los habitantes de la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, quienes fueron seleccionados mediante el muestreo no probabilístico intencional. La selección de la muestra se fundamentó en la disponibilidad y voluntad de participar de los sujetos de estudio. En total se entrevistaron a 20 personas.

3.3 Metodología de campo

3.3.1 Muestreo de aguas

Las muestras tomadas fueron analizadas en el Laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito - sur. Los parámetros que se van a realizar se detallan a continuación:

Tabla 7

Parámetros para el muestreo de agua

| Parámetro | Unidad |
|----------------------------------|---------------|
| Potencial hidrógeno | ----- |
| Coliformes totales | NMP/100mL |
| Coliformes Fecales | NMP/100mL |
| DBO5 | mg/L |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/L |
| Solidos suspendidos | mg/L |
| Solidos sedimentables | mL/Lh |
| Solidos totales | mg/L |
| Temperatura | °C |
| Nitritos | mg/L |
| Nitratos | mg/L |
| Fosforo total | mg/L |
| Oxígeno Disuelto | |

Nota: Se describe los diferentes parámetros que se van a realizar. Elaborado por: La autora

Se recogieron diferentes muestras de agua residual por el método APHA “Standard Methods for examination of water and wastewater” “utilizada como referencia para la toma de muestras, transporte y utilización dentro y fuera del laboratorio” (Valencia, 2013) para evaluar la calidad del agua, utilizando muestreo compuesto con recolección de 4 alícuotas de 20 L en

intervalos 1 hora/alícuota a partir de las 8:00 am hasta las 12:00 pm en un día que se ajuste a la temperatura definida.

- **pH - Temperatura – Conductividad**

Para medir este parámetro, obtenga valores de medidor de pH, ingrese el aparato en la muestra de 200 ml, presione el botón "Medir" y obtenga los correspondientes a pH, temperatura y conductividad, ya que el dispositivo permite este tipo de medición.

- **Turbidez**

En la medición de este parámetro se obtiene un turbidímetro, se coloca una muestra de 10 ml en una cubeta vacía que forma parte del dispositivo, se coloca la cubeta en el dispositivo y se presiona la tecla "Enter" para visualizar el valor.

- **Oxígeno disuelto**

Para la medición de este parámetro se obtuvo un dispositivo OD, se introdujo el electrodo en la muestra de 200 ml, luego se presionó el botón "Medir" y se visualizó el valor de OD en la pantalla del dispositivo.

- **Conductividad**

Con el pH-metro, se sumergió por completo la parte inferior del instrumento, se presionó la opción "SET/HOLD" variando la función para lograr el resultado.

- **Caracterización del agua residual**

El propósito de caracterizar las aguas residuales es comprender el tipo de contaminación presente y determinar la mejor manera de tratarla. La calidad de las aguas residuales se ve

afectada por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, por lo que se utilizan diferentes métodos para medir estos parámetros.

3.3.2 Metodología de laboratorio

El análisis de DBO_5 , DQO , fósforo total, nitritos, nitratos, coliformes totales, coliformes fecales, sólidos totales, sólidos fijos y sólidos sedimentables se los realizó en el Laboratorio de análisis de alimentos, aguas y afines LABOLAB y en el laboratorio analítico HAVOC.

Los parámetros analizados en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana son: pH, temperatura, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, además de la prueba de procesabilidad. El método aplicado se basa en el método APHA "Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales".

3.3.3 Mediciones en laboratorio

3.3.3.1 Determinación de sólidos. Sólidos totales: Para sólidos totales se tomó una muestra de 50 ml de agua residual, colocada en un crisol y se sometió al proceso de evaporación en la estufa a 105 °C de temperatura por un lapso de 20 h y se determinó la concentración. Para determinar la concentración se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg de sólidos totales}}{L} = \frac{(A - B) * 1000}{V \text{ muestra, ml}}$$

$A = \text{Peso del residuo a } 105 \text{ }^\circ\text{C} + \text{placa (mg)}$

$B = \text{Peso placa (mg)}$

Sólidos fijos

Para sólidos fijos, la misma muestra fue sometida a 505 °C en la mufla durante 30 minutos con el respectivo resultado de concentración. En este caso la fórmula utilizada fue:

$$\frac{\text{mg de sólidos fijos}}{L} = \frac{(A - B) * 1000}{V \text{ muestra, ml}}$$

$A = \text{Peso del residuo a } 505 \text{ }^\circ\text{C} + \text{placa (mg)}$

$B = \text{Peso placa (mg)}$

Sólidos sedimentables

Para sólidos sedimentables se usó una muestra de 1000 ml en un con Imhoff y probeta; reposar durante una hora y la medida es la sedimentación. Se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{\text{Volumen sedimentado (ml)}}{\text{Volumen de la muestra en el cono (L * h)}}$$

3.3.3.2 Prueba de Tratabilidad. Para este análisis se utiliza la llamada prueba del tanque, ya través del proceso de floculación-coagulación se puede determinar la dosificación óptima de coagulante, que ayudará a clarificar y remover los sólidos para continuar con su proceso. Para obtener una dosis óptima de coagulante, coloque 1 L de agua residual en cada uno de los 6 frascos incluidos en el dispositivo. Mezclar rápidamente por 1, 2, 3 minutos a 50, 100, 150 rpm con la ayuda de la paleta agitadora del equipo, mientras se agrega coagulante (sulfato de aluminio) y (PAC) a dosis de 0,01 g/L, 0,05 g/L por tanque, respectivamente, 0,1 g/L, 0,12 g/L, 0,25 g/L y 0,5 g/L; luego se reduce la velocidad a 10, 15, 20 rpm y ajuste el programa de emoción a 3, 4, 5 minutos; pasado este tiempo, se dejó reposar el contenido del frasco por 30 minutos, pero después

de 10 minutos, el vaso de precipitados se pudo observar anteriormente para luego, tomar una muestra del sobrenadante con la ayuda de una pipeta para determinar su valor de turbidez . Cabe señalar que las mediciones de turbidez y pH deben realizarse antes y después de todo el procedimiento descrito anteriormente.

Tabla 8

Dosis para prueba de tratabilidad

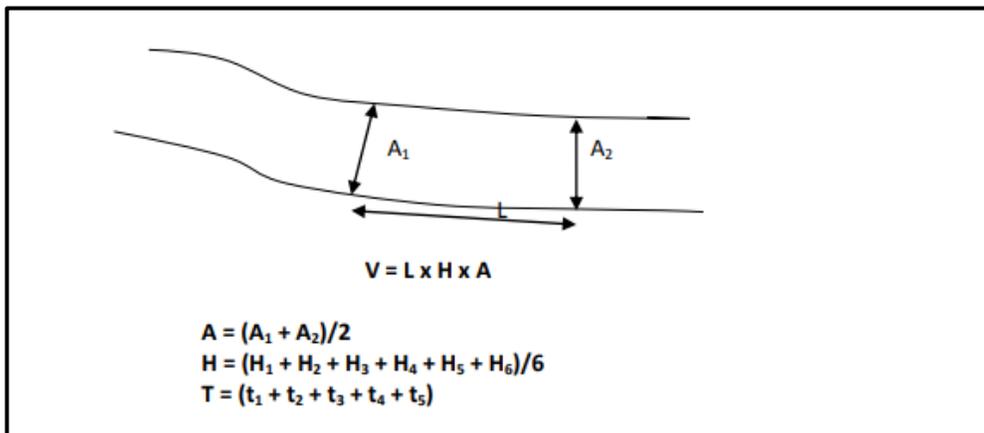
| Tratamiento | Dosis/Descripción |
|--------------------|---|
| T1 | 0,01 g/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ |
| T2 | 0,05 g/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ |
| T3 | 0,1 g/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ |
| T4 | 0,12 g/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ |
| T5 | 0,25 g/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ |
| T6 | 0,5 g/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ |
| T7 | 0,01 g/L de PAC |
| T8 | 0,05 g/L de PAC |
| T9 | 0,1 g/L de PAC |
| T10 | 0,12 g/L de PAC |
| T11 | 0,25 g/L de PAC |
| T12 | 0,5 g/L de PAC |

Nota: Se describe los diferentes tratamientos y dosis a utilizar. Elaborado por: La autora

Por lo que se realizó un aforo con la finalidad de la medición del caudal de agua residual a lo largo del tiempo. Para lo que es la determinación del caudal del cantón Pifo, del barrio Chaupimolino se utilizó el método del flotador el cual consiste en utilizar un objeto flotante, y conocer el área de la sección y la velocidad del agua. El caudal se puede determinar mediante la siguiente formula:

Figura 6

Procedimiento para medición de caudal



Nota: Se observa el procedimiento de medición del caudal. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Antunez, S. (2009))

$$Q = \frac{APa L}{t}$$

donde $Q = m^3 /s$

$A =$ anchura media del canal

$P =$ profundidad media

$L =$ longitud de la sección del canals

t = tiempo en segundos que tarda el corcho en recorrer la distancia L

a = factor constante para cada tipo de suelo: 0.9 arena; 8.5 arcilla; 0.8 roca.

$$V = \frac{d}{t}$$

$$V = \frac{9.43 \text{ m}}{5.10} = 1.84 \text{ m/s}$$

$$Q = \frac{0.22 \text{ m} * 0.28 \text{ m} * 0.8 * 9.43 \text{ m}}{5.10} = 0.0911 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 0.0911 * 1000 = 91.11 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

Se realizo 10 repeticiones para aso lograr la determinación del caudal en el punto de muestreo tal y como se observa en la tabla 9.

Tabla 9

Tabla de tiempo que se demoró en recorrer el flotador

| Tiempo- segundo | |
|-----------------|--------------|
| T1 | 5.23 |
| T2 | 5.11 |
| T3 | 4.97 |
| T4 | 5.07 |
| T5 | 5.06 |
| T6 | 5.25 |
| T7 | 4.75 |
| T8 | 5.30 |
| T9 | 5.05 |
| T10 | 5.25 |
| Suma | 51.01 |
| X | 5.10 |

Nota: En la tabla se encuentran los diferentes tiempos que recorre el flotador. Elaborado por: La autora

3.3.3.3 Elementos de diseño. Período de diseño: El periodo de diseño es el momento de estimar los cálculos de diseño de la EDAR, que surgió del crecimiento de la población. Para este proyecto se considera una vida útil de 25 años.

Población actual:

La población de Pifo de acuerdo con el último censo realizado en el año 2010 es de 9.588 habitantes, la cual está conformada 33 barrios y una comuna.

En cuanto a la población actual considerando los 5 barrios y una lotización quienes son los beneficiarios directos es de 13.200 habitantes al año 2022.

Población futura

Para la ejecución de este proyecto con una estimación de 25 años de vida útil se ha calculado la población futura para el año 2045, en base a las proyecciones poblacionales del año 2010-2020 del sector.

Tabla 10

Población futura

| AÑO | POBLACIÓN |
|------------|------------------|
| 2010 | 9.588 |
| 2022 | 13.200 |
| 2047 | 18.230 |

Nota: En la tabla se encuentran los diferentes años y población futura. Elaborado por: La autora

Para determinar la población futura se aplicó el método de tasa de crecimiento aritmético, que consiste en calcular la pendiente de la recta conformada con los datos de las proyecciones poblacionales del área donde se ejecutara el proyecto (2010-2020).

$$Pf * Po (1 + i)^n$$

$$Pf = 13200(1 + 0,013)^{25}$$

$$Pf = 13200 * 1,38$$

$$Población_{2045} = 18230 \text{ hab}$$

Dotación

Según la Secretaría del Agua. Norma CO 10.7-602-Revisión (2013) “La producción de agua para satisfacer las necesidades de la población y otros requisitos se determinará a partir del estudio de las condiciones específicas de cada población” (pág. 180), para lo cual se han dado los datos Las dotaciones recomendadas de la se evaluó la población, que son útiles para los estudios de factibilidad.

Tabla 11

Dotación de agua

| Niveles de servicio | Clima Frío (l/hab*día) | Clima Cálido (l/hab*día) |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Ia | 25 | 30 |
| Ib | 50 | 65 |
| IIa | 60 | 85 |
| IIb | 75 | 100 |

Nota: En la tabla se encuentran la dotación de agua de clima frío y cálido. Elaborado por: La autora

El valor utilizado corresponde a 100 (l/hab*día), puesto que este valor cumple con las características indicadas en la tabla anterior, al encontrarse en una zona con un clima cálido.

Cálculo del caudal de diseño

Para el diseño de una laguna anaerobia se debe determinar el caudal, debido a que recibe grandes cantidades de materia orgánica, el cual se calcula con la población servida y la aportación.

$$Q_i = \frac{P * D * 0,8}{86400}$$

Q_i = Gasto medio de aguas residuales (L/s)

D = Dotación de agua potable (l/hab/día)

P = Proyección de la población año 2045

0,8 = Coeficiente de retorno de aguas residuales

86400 = Segundos por día

$$Q_i = \frac{18230 * 100 * 0,8}{86400}$$

$$Q_i = 16,9 \text{ l/seg}$$

Para el diseño de la PTAR se tomó en cuenta datos meteorológicos de la estación M0002 La Tola, esta fue seleccionada debido a la cercanía al área del proyecto a ejecutarse.

Tabla 12

Estación hidrológica

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Código | M0002 |
| Nombre de la estación | La Tola |
| Tipo | Metereológica |
| Latitud | -0.231800"S |
| Longitud | -78°370'400"W |
| Altitud | 2480 m.s.n.m |
| Provincia | Pichincha |
| Institución propietaria | INAMHI |

Nota: En la tabla se encuentra la información de la estación higrológica Elaborado por: La autora con información obtenida de (INAMHI, 2019)

Los datos que se tomaron en cuenta de la estación fueron los de evaporación neta (mm/día) y temperatura del mes más cálido (° C). Los datos mencionados corresponden al año 2019 los cuales fueron facilitados por el INAMHI.

Tabla 13*Temperatura mensual de la zona*

| | M5078 | PIFO |
|--------------|---|--|
| Mes | Evaporación (mm) Mensual | Temperatura del aire a la sombra (° C) MÍNIMA (Mensual) |
| Enero | 112,5 | 9,9 |
| Febrero | 98,5 | 9,2 |
| Marzo | 123,2 | 8,1 |
| Abril | 146,1 | 9,0 |
| Mayo | 107,3 | 9,2 |
| Junio | 198,6 | 8,6 |
| Julio | 122,11 | 7,3 |
| Agosto | 128,2 | 10,7 |
| Septiembre | 137,9 | 9,9 |
| Octubre | 140,6 | 8,9 |
| Noviembre | 148,4 | 9,5 |
| Diciembre | 128,1 | 10,1 |
| Valor anual | 1560,6 | 10,3 |
| Valor diario | 6,02 (mm/día) | |

Nota: En la tabla se encuentran las temperaturas de la zona Elaborado por: La autora con información obtenida de (INAMHI, 2019)

La temperatura del mes más cálido corresponde a agosto con 10,7 (° C) y el valor de evaporación neta con 6,02 (mm/día).

3.4 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

3.4.1 Diseño del canal de entrada

El canal de entrada es una estructura en forma de tubo abierto en el que el agua circula por gravedad sin presión debido al contacto de la superficie libre del líquido con la atmósfera. Para construir estos accesorios, la excavación generalmente se realiza bajo tierra y la cantidad de tierra removida se puede usar para nivelar el suelo. Para ello se deben considerar varios factores como velocidad mínima y máxima, material utilizado, factor de rugosidad, etc. (Secretaría del Agua. CO 10.07-601, 2011).

Tabla 14

Parámetros para el diseño del caudal

| Parámetro | Valor | Unidad | Abreviatura |
|----------------------------------|--------------|---------------|--------------------|
| Caudal de diseño | 0,00169 | m^3/s | Q_d |
| Base | 0,8 | m | B |
| Coefficiente de rugosidad | 0,016 | - | n |
| Pendiente | 1 | % | S |

Nota: En la tabla se encuentran los diferentes parámetros para el diseño del caudal Elaborado por: La autora

El valor del factor de rugosidad depende de la superficie o material Este se utiliza para construir el canal, que en este estudio corresponde al revestimiento de hormigón. En cuanto al desnivel, la (Secretaría del Agua. CO 10.07-601, 2011) cree que este es el valor recomendado para los tramos de subida correspondiente a los sistemas de abastecimiento de agua potable, tratamiento de excretas y aguas residuales en zonas rurales.

a) Coeficiente de Manning

Este valor permite verificar si la velocidad dentro del canal está en el rango adecuado, mediante las siguientes ecuaciones:

$$k = \frac{Q_d * n}{b^{8/3} * S^{1/2}}$$

$Q_d =$ caudal de diseño (m^3/s)

$n =$ coeficiente de rugosidad (adimensional)

$b =$ base del canal (m)

$S =$ pendiente (m/m)

$$k = \frac{0,00169 * 0,016}{0,8^{8/3} * 0,01^{1/2}}$$

$$k = 1,53 * 10^{-3}$$

b) Altura de agua en el canal

Indica la altura de agua en el canal. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$h = 1,6624 * k^{0,74232} * b$$

$k = \text{coeficiente de Manning (adimensional)}$

$b = \text{base del canal (m)}$

$$h = 1,6624 * (1,53 * 10^{-3})^{0,74232} * 0,8$$

$$h = 0,0108 \text{ m}$$

c) Radio hidráulico

El radio hidráulico se encuentra en función del ancho y la altura del canal.

$$R_h = \frac{b * h}{b + 2 * h}$$

$b = \text{base del canal (m)}$

$h = \text{altura de agua en el canal (m)}$

$$R_h = \frac{0,8 * 0,0108}{0,8 + 2 * 0,0108}$$

$$R_h = 0,0105 \text{ m}$$

d) Velocidad en el canal

La velocidad en el canal se determina a partir de la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

$R_h = \text{radio hidráulico (m)}$

$S = \text{pendiente (m/m)}$

$$v = \frac{1}{0,016} * 0,0105^{2/3} * 0,01^{1/2}$$

$$v = 0,299 \text{ m/s}$$

Según la Secretaría del Agua. CO 10.07-601 (2011) “La velocidad máxima que puede soportar un canal de hormigón es de 10 m/s, sin embargo, esta no debe sobrepasar los 2,5 m/s para evitar la sedimentación de los materiales retenidos” (p.20)

3.4.2 Diseño de rejillas

Según Romero (2010), "El tamizado es una operación que se utiliza para separar el material grueso del agua al pasar el material grueso a través de un tamiz o rejilla. Las pantallas se pueden hacer de manera ordenada a partir de cualquier material poroso" (pág. 287).

El sistema de rejilla consta de barras de hierro dispuestas verticalmente instaladas en el canal de circulación de agua. La velocidad máxima entre barras es de 0,40 m/s con una distancia entre barras de 0,02 m. En el caso de este estudio se ha propuesto un diseño de rejilla con sistema de limpieza manual, donde las barras tienen una longitud máxima de 2 m, un ángulo máximo de 60 grados con la horizontal, un espesor de 0,01 m y un factor de pérdidas de 2,42, correspondientes a barras rectangulares.

Tabla 15

Datos para el cálculo de rejillas

| Parámetro | Valor | Unidad | Abreviatura |
|--|---------|----------|-------------|
| Caudal de diseño | 0,00169 | m^3/s | Q_d |
| Velocidad a través de las barras | 0,40 | m/s | v_b |
| Ancho del canal de llegada | 0,20 | m | B |
| Altura de seguridad (propuesto) | 0,21 | m | H_s |
| Ángulo de inclinación de las barras | 60 | $grados$ | α |

| Parámetro | Valor | Unidad | Abreviatura |
|---|-------|----------|-------------|
| Separación entre barras | 0,02 | <i>m</i> | <i>e</i> |
| Espesor de las barras | 0,01 | <i>m</i> | <i>S</i> |
| Coefficiente de pérdida (barras rectangulares) | 2,42 | – | β |

Nota: En la tabla se encuentran los cálculos de las rejillas Elaborado por: La autora con información obtenida de (Romero, 2010)

a) Área libre al paso de agua

Permite establecer el flujo en el canal y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Al = \frac{Q}{v_b}$$

$Q_d =$ caudal de diseño (m^3/s)

$v_b =$ velocidad a través de las barras (m/s)

$$Al = \frac{0,00169}{0,5}$$

$$Al = 0,00338 \text{ m}^2$$

b) Tirante de agua en el canal

Determina la altura de agua dentro del canal, mediante la siguiente fórmula:

$$h = \frac{Al}{b}$$

$b =$ ancho del canal de llegada (m)

$$h = \frac{0,00338}{0,8}$$

$$h = 0,00422 \text{ m}$$

c) Altura total del canal

Se calcula mediante la sumatoria de la altura de agua en el canal y la altura de seguridad (valor propuesto).

$$H = h + H_s$$

$H_s = \text{altura de seguridad (m)}$

$$H = 0,00422 + 0,9$$

$$H = 0,9044 \approx 1 \text{ m}$$

d) Longitud de las barras

Determina la longitud de cada una de las barras, y se recomienda no exceder el valor del [que permita su limpieza.

$$L_b = \frac{H_s}{\text{Sen } \alpha}$$

$\alpha = \text{Ángulo de inclinación de la rejilla}$

$$L_b = \frac{0.9}{\text{Sen } 60}$$

$$L_b = 1,0392 \text{ m}$$

e) Número de barras

La cantidad de barras va a ser dado por la persona responsable del diseño, pero se recomienda colocar dos o más barras.

$$n = \left(\frac{b}{e + S} \right) - 1$$

$e = \text{separación entre barras (m)}$

$S = \text{espesor de las barras (m)}$

$$n = \left(\frac{0.8}{0.2 + 0.01} \right) - 1$$

$$n = 25.6 \approx 26 \text{ barras}$$

f) Pérdida de carga en las rejillas

Es la pérdida de energía que se determina entre las diferencias de alturas antes y después de las rejillas.

$$h_f = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{4/3} * \frac{v_{canal}^2}{2 * g} \text{sen} \alpha$$

$\beta =$ coeficiente de pérdida

$\frac{v_{canal}^2}{2 * g} =$ carga de velocidad antes de la reja (m)

$$h_f = 2,42 \left(\frac{0.01}{0.02} \right)^{4/3} * \frac{(0,299)^2}{2 * 9,8} \text{sen } 60$$

$$h_f = 0,0038 \text{ m}$$

Según Romero (2004) “En ningún caso se permite una pérdida de energía mayor a 75 cm”.
(p.287)

3.4.3 Diseño del desarenador

Según Romero (2010), los colectores de arena “se utilizan para eliminar arena, grava, partículas u otros materiales sólidos pesados que se asientan más rápido de lo que se asientan. Aguas residuales orgánicos degradables” (p. 293), y normalmente se utilizan para eliminar arena, grava, partículas u otros sólidos pesados con un diámetro superior a 0,21 mm de partículas.

a) Tiempo de sedimentación:

Este valor se obtuvo con la ayuda de un cono Imhoff al visualizar el número de partículas sedimentadas a intervalos de 5 min durante un período de 1 h, utilizando datos registrados, cuyo propósito es determinar el tiempo apropiado de asentamiento.

Tabla 16

Tiempo de sedimentación

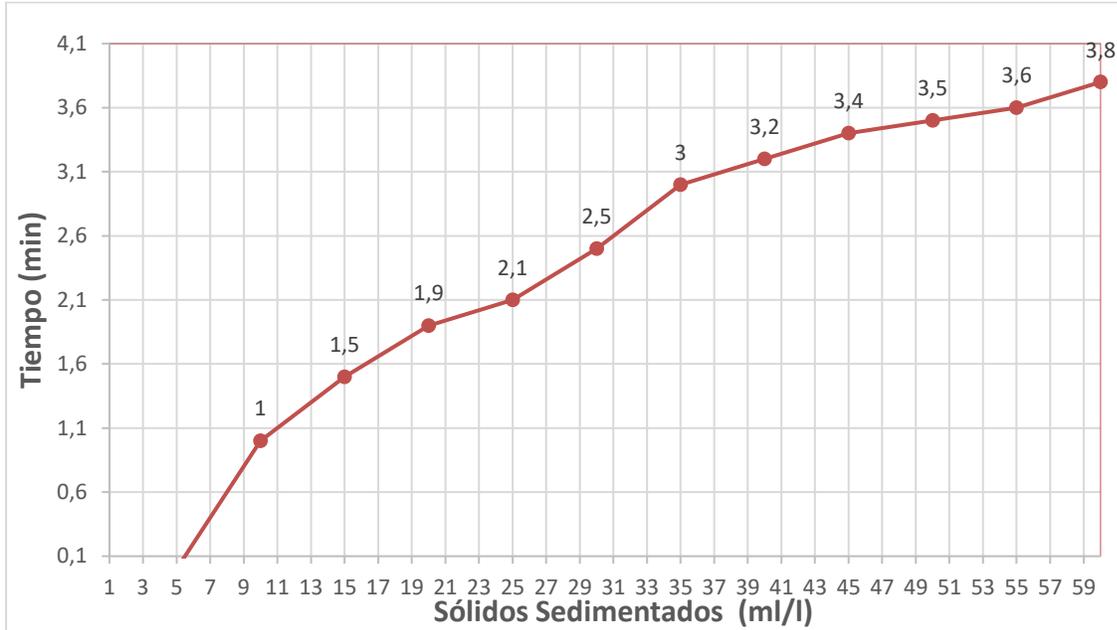
| Tiempo | ml/L |
|--------|------|
| 5 | 0 |
| 10 | 1 |
| 15 | 1,5 |
| 20 | 1,9 |
| 25 | 2,1 |
| 30 | 2,5 |
| 35 | 2,5 |
| 40 | 2,8 |
| 45 | 3,2 |
| 50 | 3,3 |
| 55 | 3,6 |
| 60 | 3,8 |

Nota: Tiempo de sedimentación de las partículas en intervalos de cinco minutos durante una hora.

Elaborado por: La autora

Figura 7

Tiempo vs partículas sedimentadas.



Nota: En las líneas que se unen se puede visualizar el tiempo vs las partículas de sedimentación.

Elaborado por: La autora

A los 40 minutos se observó la mayor cantidad de partículas sedimentadas, siendo el valor más representativo arrojado a los 20 minutos siendo este el tiempo de sedimentación que se va a utilizar.

b) Volumen

$$V = Q_d * T$$

$Q_d =$ Caudal de diseño (m^3/s)

$T =$ Tiempo de retención (s)

La capacidad del tanque se debe multiplicar por un factor de seguridad propuesto “6”

$$V = 0,00169 * 1200 * 6$$

$$V = 12,168 \text{ m}^3$$

c) Área superficial

El valor del calado corresponde a un valor de 1,2 m el cual evita problemas al retirar los lodos

$$A = \frac{V}{P}$$

$P = \text{Calado (m)}$

$$A = \frac{12,168}{1,2}$$

$$A = 10,14 \text{ m}^2$$

d) Relación largo-ancho

$$\frac{3}{1} = \frac{L}{a}$$

$L = \text{Largo}$

$a = \text{Ancho}$

$$L = 3 * a$$

$$A = L * a$$

$$A = 3 a^2$$

$$a = 2,9 \text{ m} ; L = 8,7 \text{ m}$$

Diseño del floculador

Permite la formación de flóculos de fácil sedimentación mediante la adición de químicos e inhibidores (Valdez y Vásquez, 2003). Para el diseño del floculador, el tiempo de formación de

flóculos en el ensayo de tanque realizado en laboratorio corresponde a 10 minutos de funcionamiento a una velocidad de 0,40 m/s.

a) Longitud total recorrida por el agua

$$L = v * t$$

$$v = \text{velocidad (m/s)}$$

$$t = \text{tiempo de retención (s)}$$

$$L = 0,40 * 600L$$

$$L = 240m$$

b) Volumen a mezclar

$$V = Q_d * t$$

$$Q_d = \text{caudal de diseño (m}^3/\text{s)}$$

$$V = 0,00169 * 600 = 1.014 \text{ m}^3$$

c) Área transversal del canal entre baffle

$$A = \frac{Q_d}{v}$$

$$A = \frac{0,00169}{0,30}$$

$$A = 0,0042 \text{ m}^2$$

d) Profundidad del agua en los canales

Se consideró un ancho de 0,20 m con un factor de seguridad de 1,10.

$$d = \frac{A}{a} * f_s$$

$a = \text{ancho (m)}$

$f_s = \text{Factor de seguridad}$

$$d = \frac{0,0042}{0,20} * 1.10$$

$$d = 0.023m$$

e) Espacio entre el tabique la pared del tanque

$$e = 1,5 * a$$

$$e = 1,5 * 0,20$$

$$e = 0,30 m$$

f) Longitud efectiva útil del canal

Se consideró un ancho útil del floculador de 4,5 m.

$$l = B - e$$

$B = \text{ancho del floculador}$

$$l = 4,5 - 0,30$$

$$l = 4,2m$$

g) Número de canales

$$N = \frac{L}{l}$$

$$N = \frac{240}{4,2} = 57,14 = 57 \text{ canales}$$

h) Longitud total de la cámara de floculación

Para el valor del espesor de la lámina se consideró un $b=0,03\text{cm}$

$$L_T = N * a + (N - 1) * b$$

$b =$ espesor de la lámina o tabique (m)

$$L_T = 57 * 0,20 + (57 - 1) * 0,03$$

$$L_T = 13,08m$$

i) Radio Hidráulico

$$R = \frac{A}{2(d) + a}$$

$$R = \frac{0,0042}{2(0,023) + 0,20}$$

$$R = 0,29m$$

j) Pérdida de fricción

Este tipo de pérdidas se producen a lo largo del canal y se obtiene a partir de la ecuación de Manning:

$$h_f = \frac{(nv)^2 * L}{R^{4/3}}$$

$n =$ coeficiente de fricción (0,013 concreto simple)

$$h_f = \frac{(0,013 * 0,40)^2 * 240}{0,29^{4/3}}$$

$$h_f = 0,034m$$

k) Pérdida adicional

La constante k para calcular perdidas adicionales es de 2 a 4, comúnmente 3.

$$h = \frac{k(N - 1)v^2}{2g}$$

$k = \text{constante empírica}$

$$h = \frac{3(57 - 1)0,40^2}{2(9,8)}$$

$$h = 1,37m$$

l) Pérdidas totales

$$H = h_f + h$$

$$H = 0,034 + 1,37 = 1,404m$$

3.4.5 Diseño del sedimentador

Los tanques de sedimentación reciben aguas residuales sin tratar antes del tratamiento biológico, y su propósito es retener partículas de procesos como la coagulación-floculación. El material sedimentado se deposita en el fondo del tanque.

El diámetro de las partículas corresponde a valores mayores a 0,05 mm y menores a 0,02 mm (Romero, 2010).

a) Tiempo de sedimentación

El tiempo de sedimentación se determinó en la prueba de jarras realizada en el laboratorio que fue de 30 minutos.

b) Volumen

$$V = Q_d * T$$

$$Q_d = \text{caudal de diseño (m}^3/\text{s)}$$

$$T = \text{tiempo de retención (s)}$$

La capacidad del tanque se debe multiplicar por un factor de seguridad propuesto “6” al igual que el desarenador.

$$V = 0,00169 * 900 * 6 = 9,13m^3$$

c) Área superficial

El valor del calado se determina con el valor del volumen y la profundidad el cual corresponde a un valor de 1,2 m al igual que el desarenador.

$$A = \frac{V}{P}$$

$$P = \text{Calado (m)}$$

$$A = \frac{9,13}{1,2}$$

$$A = 7,61m^2$$

d) Relación largo ancho

Se determina con relaciones establecidas (Romero, 2010):

$$\frac{3}{1} = \frac{L}{a}$$

$L = \text{Largo}$

$a = \text{Ancho}$

$$L = 3 * a$$

$$A = L * a$$

$$A = 3 a^2$$

$$a = 1,93 \text{ m} ; L = 5,81 \text{ m}$$

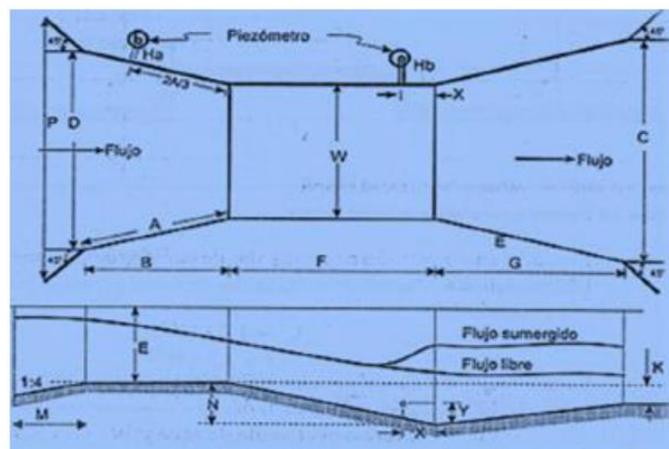
3.4.6 Diseño del canal Parshall

El canal Parshall es una estructura hidráulica, cuya función principal es la de mezcla al momento de aplicar sustancias químicas floculantes en el flujo de agua circundante de agua residual (Romero, 2010).

Para el dimensionamiento de este tipo de canal se basa en tablas con valores establecidos según Romero (2010).

Figura 8

Partes que conforman el Canal Parshall.



Nota: Se puede observar las partes que conforma en Canal de Parshall. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Romero, 2010)

El ancho de la garganta seleccionado corresponde a un valor de $w=0,915\text{m}$ que se ajusta al caudal de diseño de este estudio, por tanto con este valor se obtienen las dimensiones siguientes:

Tabla 17

Dimensiones establecidas para el diseño del canal Parshall

| W | A | B | C | D | E | F | G | K | N |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| (m) |
| 0,457 | 1,449 | 1,42 | 0,762 | 1,572 | 0,915 | 0,61 | 0,915 | 0,076 | 0,229 |

Nota: En la tabla nos indica las dimensiones del canal Parshall. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Romero, 2010)

W = tamaño de la garganta

A = longitud de la pared ñateral de la seccion convergente

B = longitud axial de la seccion convergente

C = ancho del extremo aguas abajo

D = ancho del extremo aguas arriba

E = profundidad de la canaleta

F = longitud de la garganta

G = longitud de la sección divergente

K = diferencia de nivel entre el punto mas bajo y la cresta

N = profundidad de la depresión en la garganta bajo la cresta

1) Proyección de la población

$$Pf = Po(1 + i)^n$$

En donde: *Pf = población futura*

$P_o = \text{población actual}$

$i = \text{Tasa de crecimiento}$

$n = \text{periodo de diseño}$

2) Caudal de diseño

$$Q = \frac{D * Pf}{86400} * 0,80 \frac{lt}{seg}$$

$$Q = \frac{100 \frac{lt}{hab/dia} * 18230}{86400} * 0,80 \frac{lt}{seg}$$

$$Q = 16,9 \frac{lt}{seg}$$

3) Dimensionamiento canal ingreso

$$b = 0,25m$$

$$h = 0,16 m$$

$$L = 2,00 m$$

4) Dimensionamiento de la Criba

En donde:

$$Q = \text{Caudal del diseño} \left(\frac{m^3}{seg} \right)$$

$$L = \text{largo (m)}$$

$$c = \text{Coef. de descarga (0,003)}$$

$$g = \text{gravedad} \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$a = \text{ancho del canal (m)}$$

$$Q = 16,9 \frac{lt}{seg}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{2}}{2 * g} * \left(\frac{Q}{c * a}\right)^2}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{2}}{2 * 9.81} * \left(\frac{0.0169 \frac{m^3}{s}}{0.003 * 0.25}\right)^2}$$

$$L = \sqrt[3]{0.072080 * 507.75111}$$

$$L = 3.32$$

- **Área efectiva**

$$Ae = L * a$$

En donde: $Ae = \text{área efectiva (m)}^2$

$L = \text{largo (m)}$

$a = \text{ancho del canal (m)}$

$$Ae = 0,82 \text{ m} * 0,50 \text{ m}$$

$$Ae = 0.205 \text{ m}^2$$

- **Altura**

$$h = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

En donde: $h = \text{altura (m)}$

$L = \text{largo (m)}$

$$h = \frac{3.32 \text{ [m]}}{\sqrt{2}}$$

$$h = 2.34 \text{ m}$$

- **Número de barras**

$$a = n * b + (n - 1) * t$$

En donde: $a =$ ancho del canal

$b =$ ancho de barras (0,015 m)

$t =$ espacio entre barras (0,025 m)

$n =$ número de barras

$$0.25m = n \cdot 0.015 + (n - 1)0.025$$

$$0.25 = 0.015 n + 0.025 n - 0.025$$

$$0.275 = 0.04 n$$

$$n = 6.875$$

$$n = 7$$

Tabla 18

Características de las rejillas de barras

| Parámetro | De limpieza manual | De limpieza mecánica |
|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Ancho de barras | 0,5 a 1,5 cm | 0,5 a 1,5 cm |
| Profundidad de barras | 2,5 a 7,5 cm | 2,5 a 7,5 cm |
| Espaciamiento | 2,5 a 5,0 cm | 1,5 a 7,5 cm |
| Velocidad de acercamiento | 0,3 a 0,6 m/s | 0,6 a 1,0 m/s |
| Inclinación | 30° a 45° | 0° a 30° |
| Pérdida de Energía | 15 w | 15 w |

Nota: En la tabla se encuentran las características de las rejillas de barras. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Romero 2004)

5) Diseño de la Trampa de grasas

a) Volumen mínimo.

$$V = 2m^3$$

- Longitud caja grande

$$L = \sqrt[3]{\frac{27 * V}{2}}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{27 * 2 m^3}{2}}$$

$$L = 3 m$$

- Ancho caja grande

$$a = \frac{L}{2}$$

$$a = \frac{3 m}{2}$$

$$a = 1,50 m$$

- Altura caja grande

$$a = \frac{L}{2}$$

$$a = \frac{3 [m]}{2}$$

$$a = 1.50 [m]$$

- Longitud caja pequeña

$$L_{cp} = \frac{2 \cdot L}{3}$$

$$L_{cp} = \frac{2 \cdot 3 [m]}{3}$$

$$L_{cp} = 2 [m]$$

- Ancho caja pequeña

$$acp = a$$

$$acp = 1,50 m$$

- Altura caja pequeña (diente)

$$hcp = \frac{2h}{3}$$

$$hcp = \frac{2 * 1m}{3}$$

$$hcp = 0,67 m$$

b) Volumen calculado

$$V = \frac{Q * tv * 2 * C_{AyG}}{\rho_{AyG}}$$

En donde: $Q = \text{Caudal del diseño } [m^3/\text{día}]$

$tv = \text{tiempo de vaciado } [\text{días}]$

C_{AyG} = Concentración grasa y ceites

ρ_{AyG} = densidad grasas y aceites

$$V = 1460,16 \frac{m^3}{día} * 30 \text{ días} * 2 * \frac{1000 \text{ lt}}{1 m^3} * \frac{0,001 m^3 G}{700 g G} * \frac{68 \frac{mg}{lt}}{1g G} * \frac{1000 mg G}{1000 mg G}$$

$$V = 8.51m^3$$

3.4.7 Sedimentador primario

Según Netcaff y Eddy para el diseño del sedimentador primario emplear un tiempo de retención de 15 minutos.

$$Volumen = Qd * tR$$

$$Volumen = 1,014 \frac{m^3}{min} * 15 \text{ min}$$

$$Volumen = 15,21 m^3$$

Dimensiones de acuerdo a Sánchez Martínez 2015

$$L = 5h = 2a$$

En donde: h = altura (m)

a = ancho (m)

L = largo (m)

$$V = a * L * h$$

$$V = \frac{L}{2} * L * \frac{L}{5}$$

$$V = \frac{L^3}{10}$$

$$L = \sqrt[3]{10 * V}$$

$$L = \sqrt[3]{10 * 15,21m^3}$$

$$L = 5,34m$$

Entonces:

$$a = \frac{L}{2}$$

$$a = \frac{5,34m}{2}$$

$$a = 2,67 m$$

$$h = \frac{L}{5}$$

$$h = \frac{5,34 m}{5}$$

$$h = 1,07 m$$

La tolva se encuentra en la parte inferior del sedimentador primario. La tolva tiene una inclinación de 10°. La profundidad de la tolva.

$$M = L * tg 10^\circ$$

$$M = 5,34 m * tg10^\circ$$

$$M = 0,94 m$$

Volumen piramidal de la tolva

$$V = \frac{a * M * L}{3}$$

$$V = \frac{2,67 \text{ m} * 0,94 \text{ m} * 5,34 \text{ m}}{3}$$

$$V = 4,47 \text{ m}^3$$

Tiempo de vaciado de la tolva

$$tv = \frac{V_{tolva}}{Q_{sólido}}$$

$$tv = \frac{4,47 \text{ m}^3}{1460,16 \text{ m}^3/\text{día} * 0,0011}$$

$$tv = 2,78 \text{ días}$$

3.4.8 Dimensionamiento sedimentador secundario

1) Área del sedimentador para caudal promedio

$$A_{sd} = \frac{Q_{AR}}{Q_{pm}/A}$$

En donde: A_{sd} = área del sedimentador para el caudal promedio

Q_{AR} = caudal de diseño ($\text{m}^3/\text{día}$)

Q_{pm}/A = carga superficial promedio ($\text{m}/\text{día}$)

$$A_{sd} = \frac{1460,16 \text{ m}^3/\text{día}}{22 \text{ m}/\text{día}}$$

$$A_{sd} = 66.37 \text{ m}^2$$

2) Caudal pico del efluente

$$Q_{pc} = (2 + 1) * Q_{AR}$$

En donde:

Q_{pc} = caudal pico del efluente

Q_{AR} = caudal de diseño ($m^3/día$)

$$Q_{pc} = (2 + 1) * 1460,16 \text{ m}^3/día$$

$$Q_{pc} = 4380,48 \text{ m}^3/día$$

3) Área del sedimentador para caudal pico

$$A_{sdp} = \frac{Q_{pc}}{Q_{pc}/A}$$

En donde: A_{sdp} = Área del sedimentador para caudal pico

Q_{pc} = caudal pico del coeficiente

Q_{pc}/A = carga superficial pico

$$A_{sdp} = \frac{4380,48 \text{ m}^3/día}{53 \text{ m}^3/día}$$

$$A_{sdp} = 82,65m^2$$

4) Diámetro del cilindro

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{4 * A_{sdp}}{\pi}}$$

En donde: $\theta_1 =$ *Diámetro del cilindro*

$A_{sdp} =$ *Área del sedimentador para caudal pico*

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{4 * 82,65m^2}{\pi}}$$

$$\phi_1 = 10,26 m_2$$

5) Volumen del sedimentador

$$V_1 = A_{sdp} * h$$

En donde: $V =$ *Volumen del sedimentador.*

$A_{sdp} =$ *Área del sedimentador para caudal pico*

$h =$ *altura tomada de tabla*

$$V_1 = 10,26 m^2 * 3,70 m$$

$$V_1 = 37,96 \text{ m}^3$$

Volumen de la tolva

Datos: $D_1R = 5, 10 \text{ m}$

$$R = 2, 55 \text{ m}$$

$$\varphi_2 = 1, 50 \text{ m}$$

$$r = 0, 75 \text{ m}$$

$$V_T = \frac{\pi * h}{3} [R^2 + R * r + r^2]$$

$$V_T = \frac{\pi * 1,5 \text{ m}}{3} [2,55^2 + 2,55 * 0,75 + 0,75^2]$$

$$V_T = 14,10 \text{ m}^3$$

Volumen total

$$V = V_1 + V_T$$

$$V = 37,96 \text{ m}^3 + 14,10 \text{ m}^3$$

$$V = 52,06 \text{ m}^3$$

6) Tiempo de retención

$$\theta = \frac{V * 24}{Q_{AR}}$$

$$\theta = \frac{52,06 \text{ m}^3 * 24}{1460,16 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\theta = 0.88 \text{ horas}$$

$$\theta = 1 \text{ horas}$$

3.4.9 Diseño del Tanque de cloración

1) Volumen del tanque

$$V = Q_{AR} + t_R$$

En donde: $V = \text{Volumen}$

$Q_{AR} = \text{caudal de diseño}$

$t_R = \text{tiempo de retención}$

$$Q_{AR} = 1460,16 \frac{m^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q_{AR} = 1,69 * 10^{-2} \frac{m^3}{\text{seg}}$$

$$t_R = 30 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$t_R = 1800 \text{ seg}$$

$$V = Q_{AR} + t_R$$

$$V = 1,69 * 10^{-2} \frac{m^3}{\text{seg}} * 1800 \text{ seg}$$

$$V = 30,42 \text{ m}^3$$

2) Diámetro del cilindro

$$\phi = \sqrt{\frac{V * 4}{\pi * h}}$$

- Se considera altura de 2 m

$$\phi = \sqrt{\frac{30,42 \text{ m}^3 * 4}{\pi * 2 \text{ m}}}$$

$$\phi = 4,40 \text{ m}$$

3.4.10 Diseño del tanque de aireación

1) Cálculo del volumen

$$V = \frac{\gamma * Q * \theta_c (s_o - S_e)}{x(1 + Kd * \theta_c)}$$

En donde: $V = \text{Volumen del reactor (m}^3\text{)}$

$$\gamma =$$

Coeficiente de producción de crecimiento de relación de masa en $\left(\frac{\text{mgssv}}{\text{mgDQO}}\right) =$

0,19

$Q_{AR} = \text{caudal de diseño (m}^3\text{/día)}$

$\theta_c = \text{Tiempo de retención celular(día)} = 1$

$s_o = \text{concentración del afluente (mgDQO/L)} = 1101$

$s_e = \text{Concentración del efluente en(mgDQO/L)} = 789$

$Kd = \text{Coeficiente de declinación endógena} = (\text{día}^{-1}) = 0,002$

$$V = \frac{0,19 * 1460,16 * 1 * (1101 - 789)}{95 * (1 + 0,002 * 1)}$$

$$V = \frac{86558,28}{95,19}$$

$$V = 909,32 \text{ m}^3$$

2) Dimensiones

$$L = \sqrt[3]{6 * V}$$

$$L = \sqrt[3]{6 * 909,32 \text{m}^3}$$

$$L = 17,60 \text{ m}$$

$$a = \frac{L}{2}$$

$$a = \frac{17,60 \text{ m}}{2}$$

$$a = 8,8 \text{ m}$$

$$h = \frac{L}{3}$$

$$h = \frac{17,60 \text{ m}}{3}$$

$$h = 5,87\text{m}$$

$$t_R = \frac{V}{Q_{AR}}$$

$$t_R = \frac{909,32 \text{ m}^3}{1460,16 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$t_R = 0,62 \text{ días}$$

3.5 Lodos activados

Antes de mencionar este criterio, se tomó en cuenta realizar un cambio entre la laguna de estabilización por lodos activados, sosteniendo este argumento en el siguiente procedimiento:

Se seleccionaron tres puntos en el área de construcción de la PTAR se realizó la excavación de 3 orificios de 30 cm de largo por 30 de ancho y 30 cm de profundidad; se rellenó totalmente de agua y en el primer punto se absorbió totalmente el agua en 3 minutos; en el segundo punto en 2,15 y en el tercer punto en 2 minutos 10 segundos con lo cual se comprobó que el suelo es extremadamente permeable.

Con todo mencionado anteriormente y con la recomendación de algunos expertos se aumentó el tipo de tratamiento a lodos activados.

Tabla 19*Prueba de lodos activados*

| LODOS ACTIVADOS | |
|----------------------------|-------|
| Dia 1 | |
| Solidos de licor de mezcla | 23 ml |
| DQO | 265 |
| pH | 6,88 |
| T | 16,3 |
| Turbidez | 111 |
| Conductividad | 1006 |
| Dia 2 | |
| Solidos de licor de mezcla | 14 ml |
| DQO | 150 |
| pH | 6,34 |
| T | 17,1 |
| Turbidez | 83 |
| Conductividad | 1018 |
| Dia 3 | |
| Solidos de licor de mezcla | 10 ml |
| DQO | 26 |
| pH | 6,25 |
| T | 16,1 |

| LODOS ACTIVADOS | |
|------------------------|------|
| Día 3 | |
| Turbidez | 80 |
| Conductividad | 1004 |

Nota: En la tabla se encuentran los resultados del análisis de lodos activados. Elaborado por: La autora

Los niveles de DQO, turbidez y conductividad disminuyen significativamente durante el proceso de lodos activados, lo cual indica que el agua se está purificando. El pH también se mantiene en un nivel adecuado de (6 a 9), lo cual es ideal para el proceso de lodos activados.

3.6 Análisis Estadístico de la Prueba de Jarras

3.6.1 Determinación de la velocidad y tiempo óptimo de coagulación (Velocidad Rápida)

3.6.1.1 Coagulante sulfato de aluminio. En la tabla se identifica las variables

Tabla 20

Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la Variable Dosis

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 6,118E-33 | 3,059E-33 | | |
| Gradiente | 2 | 5,517E-33 | 2,759E-33 | 0,00 | 1,0000 |
| Error | 49 | 1,46415 | 0,02988 | | |
| Total | 53 | 1,46415 | | | |

Nota: En la tabla se encuentra las variables de AOV. Elaborado por: La autora

| | |
|--------------------------|--------|
| Media General | 0,1717 |
| CV | 100,70 |
| Eficiencia relativa, RCB | 0,75 |

Tabla 21

Medias entre la variable Dosis por Gradiente

| Gradiente | Media |
|------------------|--------------|
| 50 | 0,1717 |
| 100 | 0,1717 |
| 150 | 0,1717 |

Nota: En la tabla se encuentran los datos de la gradiente y la media. Elaborado por: La autora

| | |
|---|--------|
| Observaciones por media | 18 |
| Error estándar de la media | 0,0407 |
| Error estándar (diferencia de 2 medias) | 0,0576 |

A partir de los resultados de la tabla AOV de bloque completo aleatorio para la variable Dosis, se puede observar que el modelo es adecuado ya que todos los valores de p son mayores a 0,05. Se puede concluir, entonces, que no hay diferencias significativas en la dosificación de sulfato de aluminio para la remoción de turbidez, lo cual se sustenta en los resultados de la prueba de Tukey, en la cual se comprueba que las medias de las dosis son iguales.

Tabla 22

Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 56,0 | 28,02 | | |
| Gradiente | 2 | 1696,9 | 848,45 | 0,49 | 0,6140 |
| Error | 49 | 84392,2 | 1722,29 | | |
| Total | 53 | 86145,2 | | | |

Nota: En la tabla se encuentran los datos del Tiempo, gradiente, el error y el total. Elaborado por:

La autora

Media General 59,716

CV 69,50

Eficiencia relativa, RCB 0,75

Tabla 23

Medias de Turbidez para Gradiente

| Gradiente | Media |
|------------------|--------------|
| 50 | 67,636 |
| 100 | 55,461 |
| 150 | 56,051 |

Nota: En la tabla se encuentran los datos de la Turbidez para la gradiente. Elaborado por: La autora.

| | |
|---|--------|
| Observaciones por media | 18 |
| Error estándar de la media | 9,7818 |
| Error estándar (diferencia de 2 medias) | 13,833 |

A partir de la tabla de análisis de varianza de bloques completos aleatorios se puede ver que existe diferencia significativa entre las medias de los tiempos de decantación ($F=0,49$; $P<0,05$) pero no existe diferencia significativa entre las medias de los gradientes de decantación ($F=0,61$; $P>0,05$). A partir de la tabla de medias de turbidez para cada gradiente de decantación se puede ver que existe una diferencia significativa entre las medias de los gradientes de decantación ($P<0,05$).

Tabla 24

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las Dosis para Gradiente

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|-----------|--------|-------------------|
| 50 | 0,1717 | A |
| 100 | 0,1717 | A |
| 150 | 0,1717 | A |

Nota: En la tabla se visualiza los datos de la prueba de Tukey por pares de las dosis para la gradiente. Elaborado por: La autora

| | | | |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Alpha | 0,05 | Error estándar de comparación | 0,0576 |
| Valor Q crítico | 3,419 | Valor crítico para la comparación | 0,1393 |

La dosis de 50, 100 y 150 mg/L de sulfato de aluminio son igualmente efectivas en términos de turbidez.

Para un valor de Alpha = 0,05, el valor crítico de la prueba estadística es $Q = 3,419$. Como el valor calculado de $Q (0,1393)$ es menor que el valor crítico, se concluye que las medias de los grupos de tratamiento no son estadísticamente diferentes.

Tabla 25

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|------------------|--------------|--------------------------|
| 50 | 67,636 | A |
| 150 | 56,051 | B |
| 100 | 55,461 | B |

Nota: En la tabla se encuentran los diferentes datos para la prueba de Tukey de comparaciones por pares de turbidez. Elaborado por: La autora

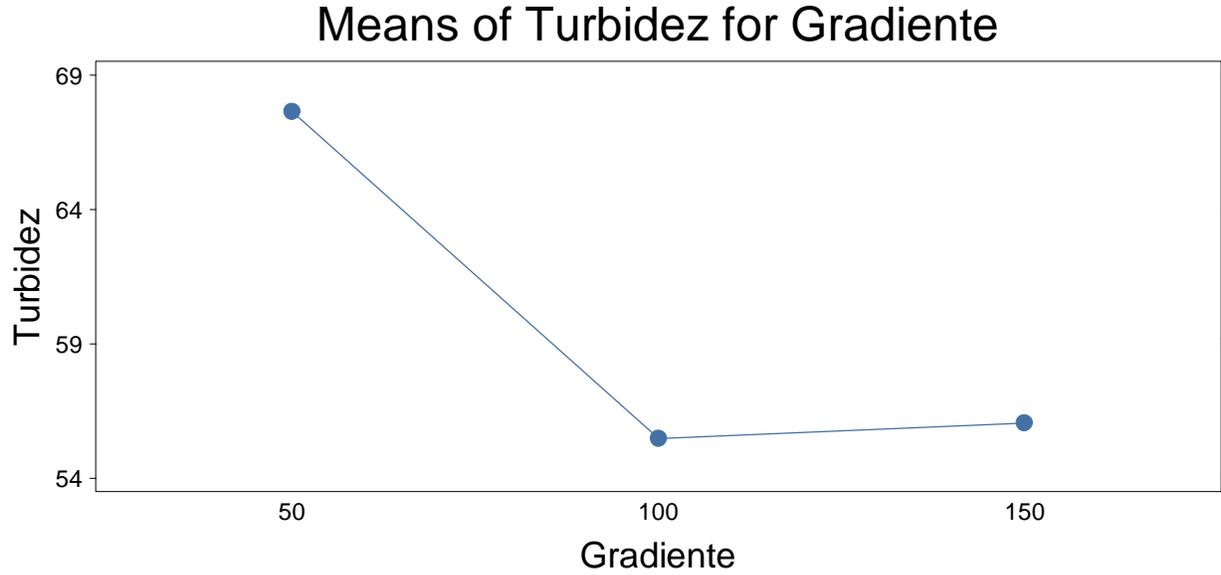
| | | | |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Alpha | 0,05 | Error estándar de comparación | 13,833 |
| Valor Q crítico | 3,419 | Valor crítico para la comparación | 33,441 |

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey HSD, se puede concluir que no existen diferencias significativas entre los valores medios de turbidez para los diferentes gradientes.

Para un nivel de significación del 5%, se puede concluir que las turbideces para el gradiente de 50, 150 y 100 son homogéneas.

Figura 9

Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante sulfato de aluminio)



Nota: Se puede observar las medidas entre la turbidez y el gradiente. Elaborado por: La autora

3.6.1.2 Coagulante PAC. Se encuentra la tabla de AOV del coagulante PAC

Tabla 26

Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la dosis (Coagulante PAC)

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 6,118E-33 | 3,059E-33 | | |
| Gradiente | 2 | 5,517E-33 | 2,759E-33 | 0,00 | 1,0000 |
| Error | 49 | 1,46415 | 0,02988 | | |
| Total | 53 | 1,46415 | | | |

Nota: En la tabla se encuentran los diferentes datos del bloque completo para la dosis

(PAC).Elaborado por: La autora.

| | |
|--------------------------|--------|
| Media general | 0,1717 |
| CV | 100,70 |
| Eficiencia relativa, RCB | 0,75 |

Tabla 27

Medias de dosificación para Gradiente (Coagulante PAC)

| Gradiente | Media |
|------------------|--------------|
| 50 | 0,1717 |
| 100 | 0,1717 |
| 150 | 0,1717 |

Nota: En la tabla se encuentran los datos de la gradiente y la media de PAC. Elaborado por: La autora

| | |
|---|--------|
| Observaciones por media | 18 |
| Error estándar de la media | 0,0407 |
| Error estándar (diferencia de 2 medias) | 0,0576 |

La tabla AOV de bloque completo aleatorio indica que el tiempo de contacto y el grado de mezcla son los factores más importantes para la dosis óptima de sulfato de aluminio. El tiempo de contacto es el factor más importante, con un F-value de 9,77 y un P-value de 0,0029. Esto significa que el tiempo de contacto es significativo a un nivel del 1% de significación. El grado de mezcla es el segundo factor más importante, con un F de 4,92 y un P de 0,0088. Esto significa que el grado de mezcla es significativo a un nivel del 5% de significación.

Tabla 28*Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez (Coagulante PAC)*

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 6,0 | 3,02 | | |
| Gradiente | 2 | 207,3 | 103,65 | 0,09 | 0,9138 |
| Error | 49 | 56239,4 | 1147,74 | | |
| Total | 53 | 56452,8 | | | |

Nota: En la tabla se encuentran los datos de los bloques aleatoria del coagulante PAC.

Elaborado por: La autora

Media general 38,925

CV 87,04

Eficiencia relativa, RCB 0,75

Tabla 29*Medias de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC)*

| Gradiente | Media |
|------------------|--------------|
| 50 | 37,628 |
| 100 | 37,453 |
| 150 | 41,694 |

Nota: En la tabla se encuentran los datos que la gradiente y media de PAC. Elaborado por: La autora

| | |
|---|--------|
| Observaciones por media | 18 |
| Error estándar de la media | 7,9852 |
| Error estándar (diferencia de 2 medias) | 11,293 |

Aunque el nivel de significación es alto, se puede observar una diferencia significativa entre las medias de turbidez para los tres niveles de gradiente. Para una turbidez inicial de 100 NTU y una turbidez final de 10 NTU, se necesita una dosis mínima de sulfato de aluminio de 50 mg / L.

Tabla 30

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente (Coagulante PAC)

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|-----------|--------|-------------------|
| 50 | 0,1717 | A |
| 100 | 0,1717 | A |
| 150 | 0,1717 | A |

Nota: En la tabla se encuentran los datos de las comparaciones de las dosis Elaborado por: La autora

| | | | |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Alpha | 0,05 | Error estándar de comparación | 0,0576 |
| Valor Q crítico | 3,419 | Valor crítico para la comparación | 0,1393 |

A las dosis de 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L no se observaron diferencias significativas en el tiempo de coagulación. Se presentó una respuesta igual ante la dosis de coagulante sulfato de aluminio.

Tabla 31

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC)

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|------------------|--------------|--------------------------|
| 150 | 41,694 | A |
| 50 | 37,628 | B |
| 100 | 37,453 | B |

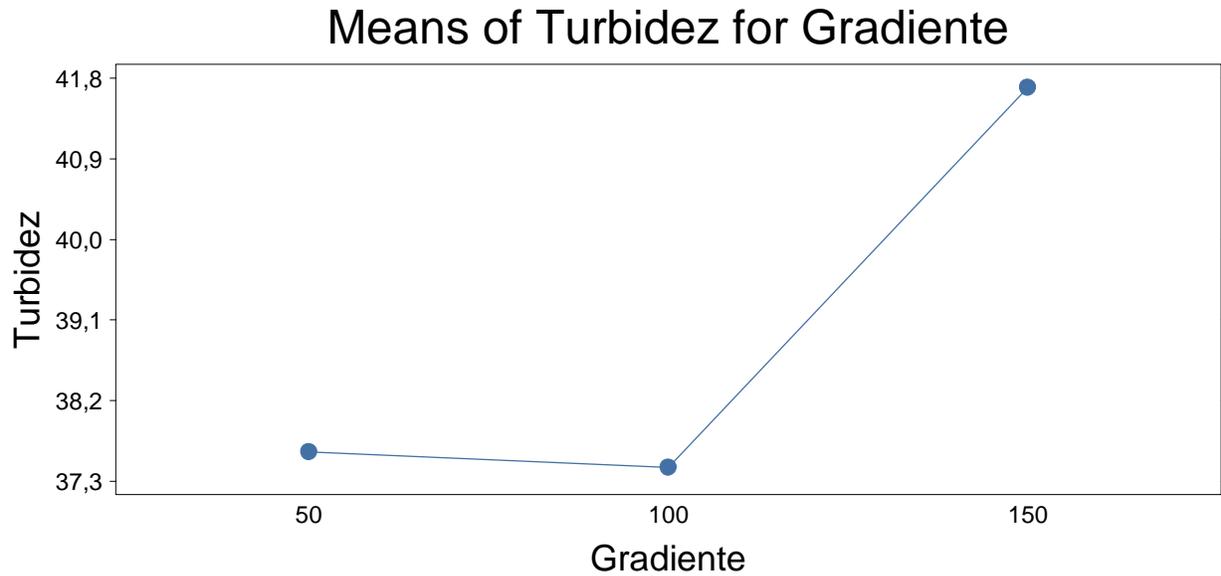
Nota: En la tabla se encuentran los datos de las comparaciones de la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora

| | | | |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Alpha | 0,05 | Error estándar de comparación | 11,293 |
| Valor Q crítico | 3,419 | Valor crítico para la comparación | 27,299 |

A partir del análisis de los resultados de la prueba Tukey HSD, se puede concluir que no existen diferencias significativas en la turbidez de las muestras de agua tratada con sulfato de aluminio en los diferentes gradientes de coagulación.

Figura 10

Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante PAC)



Nota: En grafica se observa las medidas de la turbidez y la gradiente del coagulante PAC.

Elaborado por: La autora

3.6.2 Determinación de la velocidad y tiempo óptimo de coagulación (Velocidad Lenta)

3.6.2.1 Dosis del coagulante sulfato de aluminio. Se identifica la dosis eficiente

Tabla 32

Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la dosis (Coagulante sulfato de aluminio VL)

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 2,824E-32 | 1,412E-32 | | |
| Gradiente | 2 | 2,746E-32 | 1,373E-32 | 0,00 | 1,0000 |
| Error | 49 | 1,46415 | 0,02988 | | |

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Total | 53 | 1,46415 | | | |

Nota: En la tabla nos indica la AOV de coagulante sulfato de aluminio. Elaborado por: La autora

Media general 0,1717

CV 100,70

Eficiencia relativa, RCB 0,75

Tabla 33

Medias de Dosis para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)

| Gradiente | Media |
|------------------|--------------|
| 10 | 0,1717 |
| 15 | 0,1717 |
| 20 | 0,1717 |

Nota: En la tabla nos indica las medidas de dosis para la gradiente de coagulante sulfato de aluminio. Elaborado por: La autora

Observaciones por media 18

Error estándar de la media 0,0407

Error estándar (diferencia de 2 medias) 0,0576

La tabla de análisis de varianza de bloque completo aleatorio muestra que el modelo se ajusta a los datos, ya que el valor de F es menor que el valor crítico y el valor de P es igual a 1. Los resultados del coeficiente de variación indican que el 100,70% de la variabilidad en el tiempo de coagulación se debe a la variabilidad en la dosis de sulfato de aluminio.

El tiempo y el gradiente no tienen un efecto significativo en la dosis, ya que el p-valor es mayor que 0,05. La dosis del coagulante sulfato de aluminio para una velocidad de coagulación lenta es de 0,1717 g/L.

Tabla 34

Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez (Coagulante sulfato de aluminio VL)

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 112,9 | 56,45 | | |
| Gradiente | 2 | 3863,8 | 1931,92 | 1,91 | 0,1595 |
| Error | 49 | 49665,1 | 1013,57 | | |
| Total | 53 | 53641,9 | | | |

Nota: En la tabla nos indica la AOV de bloques de sulfato de aluminio. Elaborado por: La autora

Media general 49,174

CV 64,74

Eficiencia relativa, RCB 0,76

Tabla 35

Medias de Turbidez para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)

| Gradiente | Media |
|------------------|--------------|
| 10 | 61,122 |
| 15 | 43,717 |
| 20 | 42,684 |

Nota: En la tabla nos indica las medidas de Turbidez para la gradiente del coagulante sulfato de aluminio. .Elaborado por: La autora

| | |
|---|--------|
| Observaciones por media | 18 |
| Error estándar de la media | 7,5040 |
| Error estándar (diferencia de 2 medias) | 10,612 |

De acuerdo con la tabla de análisis de varianza de bloques completos aleatorios, se puede observar que el valor F es igual a 1,91; por lo tanto, se puede concluir que no existe ninguna diferencia significativa entre las medias de turbidez para el conjunto de datos. La dosis óptima de sulfato de aluminio es de 10 mg/L. Como los valores de F calculados son menores que el valor crítico de F ($F_{cr}=3,48$) en todos los casos, no se rechaza la hipótesis nula, con lo cual no se puede afirmar que exista diferencia significativa entre las medias de turbidez de los tres tiempos de contacto.

Tabla 36

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|------------------|--------------|--------------------------|
| 10 | 0,1717 | A |
| 15 | 0,1717 | A |
| 20 | 0,1717 | A |

Nota: En la tabla los resultados de la prueba de Tukey de comparaciones por pares de dosis.

Elaborado por: La autora

Alpha 0,05 Error estándar de comparación 0,0576

Valor Q crítico 3,419 Valor crítico para la comparación 0,1393

La hipótesis nula será rechazada sólo si el valor calculado es mayor que el valor crítico (0,1393). En este caso, el valor calculado (0,0576) es menor que el valor crítico, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que no hay diferencias significativas entre las dosis de sulfato de aluminio.

Tabla 37

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente (Coagulante sulfato de aluminio VL)

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|------------------|--------------|--------------------------|
| 10 | 61,122 | A |
| 15 | 43,717 | B |
| 20 | 42,684 | B |

Nota: En la tabla los resultados de la prueba de Tukey de comparaciones de sulfato de aluminio.

Elaborado por: La autora

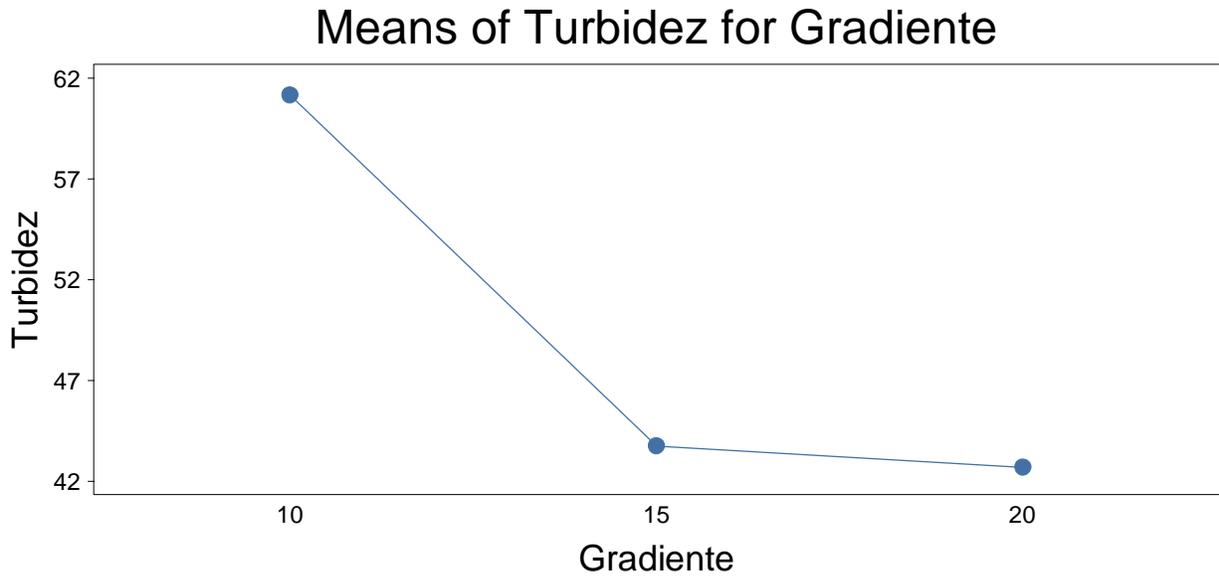
Alpha 0,05 Error estándar de comparación 10,612

Valor Q crítico 3,419 Valor crítico para la comparación 25,654

A dosis de 10, 15 y 20 mg/L de sulfato de aluminio, se encuentra que los tres grupos presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí, con un valor de turbidez medio de 61,12 NTU; 43,71 NTU y 42,68 NTU respectivamente.

Figura 11

Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante Sulfato de Aluminio VL)



Nota: En grafica se observa las medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente de sulfato de aluminio. Elaborado por: La autora

3.6.2.2 Dosis del coagulante PAC. Se idéntica la aleatoriedad para la dosis

Tabla 38

Tabla AOV de bloque completo aleatorio para la dosis (Coagulante PAC VL)

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 2,916E-03 | 1,458E-03 | | |
| Gradiente | 2 | 3,037E-06 | 1,519E-06 | 0,00 | 0,9999 |
| Error | 49 | 1,46123 | 0,02982 | | |
| Total | 53 | | | | |

Nota: En la tabla se obtiene los datos aleatorios de la dosis de PAC. Elaborado por: La autora

Nota: Los SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)

| | |
|--------------------------|--------|
| Media general | 0,1720 |
| CV | 100,40 |
| Eficiencia relativa, RCB | 0,76 |

Tabla 39

Medias de Dosis para Gradiente (Coagulante PAC VL)

| Gradiente | N | Media | SE |
|------------------|----------|--------------|-----------|
| 10 | 18 | 0,1721 | 0,0408 |
| 15 | 18 | 0,1717 | 0,0407 |
| 20 | 18 | 0,1722 | 0,0408 |

Nota: En la tabla se obtiene los datos de las medias de dosis para el gradiente. Elaborado por: La autora

Debido a que la probabilidad de Alfa es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula de que la media de la dosis de sulfato de aluminio es igual a 0,1720. La varianza parece ser constante en todos los niveles de dosis, ya que el p-valor es muy alto. La eficiencia relativa de la dosis de coagulante sulfato de aluminio es de 0,76.

Tabla 40*Tabla AOV de bloques completos aleatorios para Turbidez (Coagulante PAC VL)*

| Fuente | DF | SS | MS | F | P |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tiempo | 2 | 292,8 | 146,419 | | |
| Gradiente | 2 | 129,6 | 64,798 | 0,14 | 0,8739 |
| Error | 49 | 23488,5 | 479,356 | | |
| Total | 53 | | | | |

Nota: En la tabla se obtiene los datos de bloques aleatorias de la turbidez. Elaborado por: La autora.

Los SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)

Media general 31,866

CV 68,71

Eficiencia relativa, RCB 0,83

Tabla 41*Medias de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC VL)*

| Gradiente | N | Media | SE |
|------------------|----------|--------------|-----------|
| 10 | 18 | 33,983 | 5,1761 |
| 15 | 18 | 30,300 | 5,1605 |
| 20 | 18 | 31,315 | 5,1770 |

Nota: En la tabla se obtiene los datos de la media de turbidez. Elaborado por: La autora

La tabla de análisis de varianza de bloques completos aleatorios indica que el modelo es apropiado para los datos, ya que el valor de F es menor que el valor de F de un nivel de significación del 1% (3,84). La eficiencia relativa de los bloques es del 83%, lo que indica que el 83% de la variabilidad total en los datos se debe a la variación entre los tratamientos y el 17% se debe a la variabilidad dentro de los tratamientos. La tabla de medias de turbidez para cada nivel de gradiente de tiempo muestra que no hay diferencias significativas en las turbideces medias para los tres niveles de gradiente de tiempo ($p > 0,05$).

Tabla 42

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente (Coagulante PAC VL)

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|------------------|--------------|--------------------------|
| 20 | 0,1722 | A |
| 10 | 0,1721 | A |
| 15 | 0,1717 | A |

Nota: En la tabla se obtiene los Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente. Elaborado por: La autora

Alpha 0,05 Error estándar de comparación 0,0576 TO 0,0578

Valor Q crítico 3,419 Valor crítico para la comparación 0,1394 TO 0,1398

El análisis de la varianza mostró que las dosis 20, 10 y 15 de sulfato de aluminio no difieren significativamente y todas ellas son igualmente efectivas en la remoción de turbidez.

A las dosis de sulfato de aluminio de 15, 10 y 20 mg / L, se les asigna el mismo nivel de eficacia en la velocidad lenta de coagulación.

Tabla 43

Prueba Tukey HSD de comparaciones por pares de Turbidez para Gradiente (Coagulante PAC VL)

| Gradiente | Media | Grupos homogéneos |
|------------------|--------------|--------------------------|
| 10 | 33,983 | A |
| 20 | 31,315 | A |
| 15 | 30,300 | A |

Nota: En la tabla se obtiene los Prueba Tukey de comparaciones por pares de las dosis para Gradiente PAC. Elaborado por: La autora

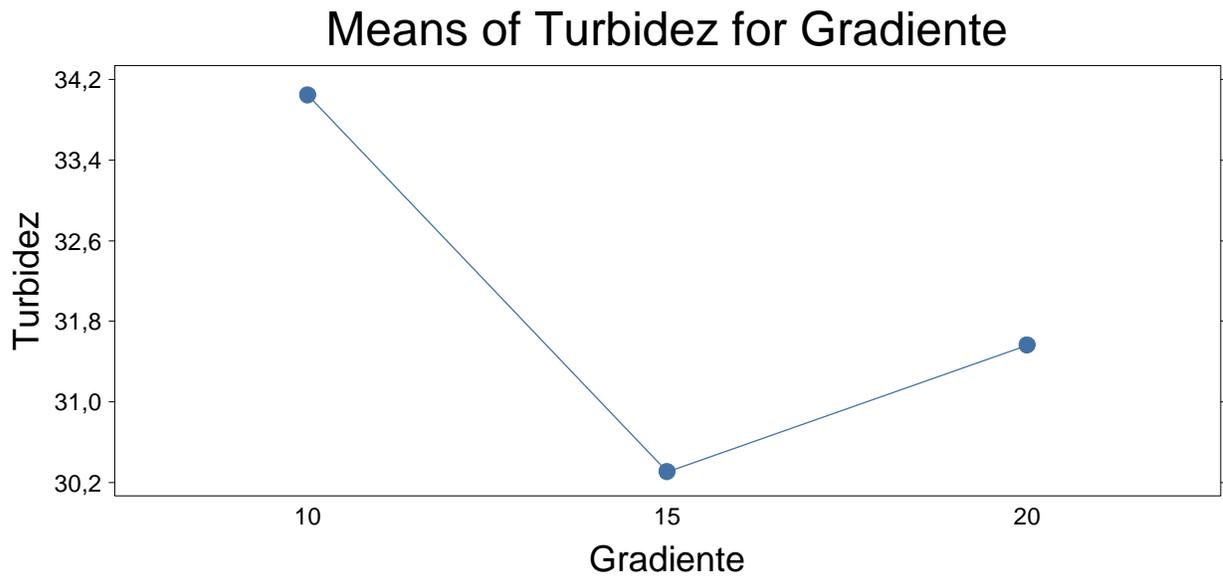
| | | | |
|-----------------|-------|-----------------------------------|------------------|
| Alpha | 0,05 | Error estándar de comparación | 7,3091 TO 7,3321 |
| Valor Q crítico | 3,419 | Valor crítico para la comparación | 17,669 TO 17,725 |

Las dosis de sulfato de aluminio que produjeron los valores más bajos de turbidez fueron las de 10, 15 y 20 ppm.

Figura 12

Medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente (Coagulante PAC VL)

No se encontraron diferencias significativas entre ellas. No se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede concluir que todos los grupos de tratamiento son homogéneos respecto a la turbidez.



Nota: En grafica se observa las medidas marginales entre la turbidez sobre el gradiente de coagulante PAC. Elaborado por: La autora

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

A continuación, se presenta los resultados que corresponden a los apartados de calidad de agua realizados, prueba de tratabilidad y el dimensionamiento de la PTAR, resumidos en las siguientes tablas:

Tabla 44

Dimensiones del canal de entrada

| Parámetro | Valor | Unidad | Abreviatura |
|--|--------------|---------------|----------------------|
| Base (propuesto) | 0,80 | <i>m</i> | <i>b</i> |
| Espesor (propuesto) | 0,19 | <i>m</i> | <i>E</i> |
| Largo | 3 | <i>m</i> | <i>L</i> |
| Altura total | 1 | <i>m</i> | <i>H</i> |
| Altura de seguridad (propuesto) | 0,90 | <i>m</i> | <i>H_s</i> |
| Pendiente (propuesto) | 1 | % | <i>S</i> |

Nota: En tabla se observa los datos de las dimensiones del canal de entrada. Elaborado por: La autora

Tabla 45*Dimensiones del desarenador*

| Parámetro | Valor | Unidad | Abreviatura |
|--------------------------------|--------------|---------------|--------------------|
| Caudal de diseño | 0,00169 | m^3/s | Q_d |
| Tiempo de sedimentación | 15 | min | T_s |
| Profundidad | 0,023 | m | P |
| Parámetro | Valor | Unidad | Abreviatura |
| Volumen | 9,13 | m^3 | V |
| Área superficial | 7,61 | m^2 | A_s |
| Ancho | 2,9 | m | a |
| Largo | 8,7 | m | L |

Nota: En tabla se observa los datos de las dimensiones del desarenador. Elaborado por: La autora

4.2 Análisis con lodos activados

Tabla 46*Análisis Microbiológico*

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | MÉTODOS DE ENSAYO |
|---|-----------------|-------------------|---|
| COLIFORMES TOTALES- PRUEBA DE SUSTRATO ENZIMATICO | NMP/100ml | 23×10^3 | PEE, LASA.MB,35; APHA 9223 B, Ed.23, 2017 |

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | MÉTODOS DE ENSAYO |
|--|-----------------|-------------------|---|
| COLIFORMES FECALES, FERMENTACIÓN EN TUBO | NMP/100ml | 1600 | PEE, LASA.MB,27; APHA 9221 B, Ed.23, 2017 |

Nota: En tabla se observa los datos del análisis que se realizó en el laboratorio. Elaborado por: La autora

El análisis microbiológico mostró una concentración de 23 coliformes totales por 100 ml de agua, lo cual es una concentración relativamente baja. Sin embargo, la concentración de coliformes fecales es relativamente alta, lo que indica que el agua está contaminada con materia fecal.

Tabla 47

Análisis fisicoquímico

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | MÉTODO DE ENSAYO |
|--|---------------------|-------------------|--|
| D.B.O ₅ DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO | mg/l O ₂ | 100 | (b) PEE. LASA.FQ.07 APHA5210 B |
| D.Q.O DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO | mg/l O ₂ | 60 | (a) PEE. LASA.FQ.04B APHA5220 D |
| FÓSFORO TOTAL | mg/l P | 2,62 | (a) PEE. LASA.FQ.09c. APHA 4500-P B Y E |

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | MÉTODO DE ENSAYO |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|---|
| N-NITRATOS | mg/l | 49,0 | (b) HACH 8039 Espectrofotometría |
| N-NITRITOS | mg/l | 12,1 | (ã) PEE. LASA FQ. 54 APHA 4500-NO2 B |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES | ml/l | 2,5 | (b) PEE. LASA. FQ. 48 APHA 2540 F |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | mg/l | 120 | (a) PEE. LASA. FQ. 05 APHA 2540 D |
| SÓLIDOS TOTALES | mg/l | 636 | (a) PEE. LASA. FQ. 19 APHA 2540 B |

Nota: En tabla se observa los datos del análisis que se realizó en el laboratorio. Elaborado por: La autora

El análisis de lodos activados se realiza para determinar la capacidad de una sustancia para remover nutrientes del agua. En este caso, se utilizó una mezcla de lodos activados para tratar el agua residual. Se encontró que el tratamiento fue efectivo para remover el fósforo y los nitratos del agua. De acuerdo con los resultados anteriores, se puede concluir que el agua residual tratada por lodos activados es adecuada para la descarga de efluentes de cuerpos de agua dulce.

4.3 Prueba de jarras

Tabla 48

Tasa de remoción en prueba de jarras

| Concentración del floculante | Inicial Turbidez (NTU) | Final Turbidez (NTU) | % Final de remoción |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 0,001 g/L | 43,84 | 43,21 | 1,43 |
| 0,05 g/L | 20,15 | 20,14 | 0,05 |
| 0,1 g/L | 7,66 | 7,36 | 3,92 |
| 0,12 g/L | 4,24 | 4,22 | 0,47 |
| 0,25 g/L | 2,34 | 1,56 | 33,33 |
| 0.5 g/L | 3.14 | 3,24 | -3,18 |

Nota: En tabla se observa los datos de la remoción de la prueba de jarras. Elaborado por: La autora

Para determinar el % de remoción se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{turbidez inicial} - \text{turbidez final}}{\text{turbidez inicial}} * 100$$

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de tratabilidad se pudo establecer que la dosis optima de coagulante que tuvo mayor porcentaje de remoción fue la dosis de 0,25 g/L de Sulfato de aluminio + PAC llegando a remover un 33,33 %.

4.4 Coagulación y floculación

Tabla 49

Resultados de la coagulación y floculación

| ENSAYOS | UNIDADES | RESULTADOS | NORMA 097A | CUMPLE/NO CUMPLE |
|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| Coliformes Fecales | NMP/100 ml | 310 | 2000 | CUMPLE |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | 410 | - | |
| DQO | mg/l | 138 | 200 | CUMPLE |
| DBO ₅ | mg/l | 63 | 100 | CUMPLE |
| pH | Und. pH | 6,82 | 6-9 | CUMPLE |
| Sólidos Sedimentables | mg/l | 100 | - | |
| Sólidos Suspendidos | mg/l | 478 | 130 | CUMPLE |
| Sólidos Totales | mg/l | 678 | 1600 | CUMPLE |
| Nitratos | mg/l | 0,4 | - | |
| Nitritos | mg/l | <0,05 | - | |
| Fósforo | mg/l | <0,16 | 10 | CUMPLE |

Nota: En tabla se observa los datos finales que si cumplen con la normativa ambiental vigente

Acuerdo Ministerial 097A. Elaborado por: La autora

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede concluir que las aguas residuales de la planta de tratamiento de Pifo cumplen con los estándares de calidad establecidos por la norma 097A.

4.5 Análisis Económico, Técnico y Social del proyecto

4.5.1 Estudio de sostenibilidad económica

El proyecto de sostenibilidad económica de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia de Pifo, en la provincia de Pichincha, se enfoca en la evaluación de los costos y beneficios asociados a la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

El objetivo del estudio es minimizar el costo total de la planta de tratamiento de aguas residuales, maximizar los beneficios ambientales y sociales y hacer una evaluación económica de la sostenibilidad del proyecto. El análisis se realizó utilizando el enfoque de costo-beneficio, considerando los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como los beneficios ambientales y sociales derivados de la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El estudio de sostenibilidad económica se realizó utilizando el método de análisis de costo-beneficio, con el fin de determinar si el proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales es viable económicamente. Se consideraron los costos de inversión y operación de la planta, así como los beneficios derivados del mejoramiento de la calidad del agua y el impacto ambiental positivo del proyecto.

Se concluyó que el proyecto es viable económicamente, con una tasa interna de retorno (TIR) de 18,5% y una relación costo-beneficio (RCB) de 1,75. Esto significa que, por cada dólar invertido en el proyecto, se generarán 1,75 dólares en beneficios. Desarrollo del estudio de

sostenibilidad económica Para el cálculo de la TIR y la RCB se consideraron los siguientes factores:

- Costos de inversión: se consideraron los costos de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, que se estimaron en 2.5 millones de dólares.

- Costos operacionales: se consideraron los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, que se estimaron en 200.000 dólares anuales.

- Beneficios: se consideraron los beneficios derivados del mejoramiento de la calidad del agua y el impacto ambiental positivo del proyecto.

Se estimó que el proyecto permitirá ahorrar 500.000 dólares anuales en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla 50

Presupuesto de la Planta de Tratamiento para aguas residuales

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | COSTO | CANTIDAD | TOTAL |
|--|--------|--------|--------------|-----------------|
| OBRAS PRELIMINARES | | | | |
| Replanteo y nivelación con equipo topográfico | m^2 | 1,69 | 2676,92 | 4523,99,48 |
| DESALOJOS | | | | |
| Desalojo a máquina con equipo | m^3 | 3,7 | 9610,26 | 39257,962 |
| MOVIMIENTOS DE TIERRAS | | | | |
| EXCAVACIÓN H=3 A 4 m A MÁQUINA (EXCAVADORA) | m^3 | 5,81 | 16243,21 | 94373,0501 |
| RELLENOS | | | | |
| Compactado con suelo natural | m^2 | 6,58 | 20123,3 | 132411,34 |
| HORMIGÓN | | | | |
| Hormigón simple muros, F´C= 210 kg/cm2, no incluye encofrado | m^3 | 137,78 | 30,6 | 4216,068 |
| ACERO | | | | |
| Acero de refuerzo FY= 4200 kg/cm2 14-32 mm con alambre galvanizado. N°18 | kg | 1,67 | 52,15 | 87,0905 |
| Elaboración y colocación de rejillas con varillas de acero inoxidable Ø 16 mm | U | 482,55 | 2 | 965,1 |
| METÁLICO | | | | |
| Encofrado/dsencofrado metálico tipo RENTECO alquilado | m^2 | 6,69 | 81,86 | 547,6434 |
| CANALIZACIÓN | | | | |
| Excavación de zanjas a máquina en tierra H= 0-2.75 m | m^3 | 3,56 | 198,55 | 706,838 |
| Tubería PVC U/E 200 mm 1.25 MPA | m | 34,46 | 1178,66 | 40616,6236 |
| Pozo de revisión H.S ,INC. TAPA HF | m | 184,44 | 8 | 1475,52 |
| OBRA DE EDIFICACIÓN | | | | |
| Construcción administración y bodega | m^2 | 250 | 74 | 18500 |
| Limpieza final de la obra | m^2 | 1,85 | 24316,81 | 44986,0985 |
| | | | TOTAL | 378967,3 |

Nota: En tabla se observa los costos por cada proceso al realizar la construcción de una PTAR y su costo total. Elaborado por: La autora

4.5.2 Estudio de sostenibilidad técnica

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia de Pifo se realizará en función de los siguientes criterios:

- Capacidad de la planta: 1460.16 m³/día
- Caudal máximo admitido: 16,9 l/s
- Volumen máximo de almacenamiento: 500 m³

La planta de tratamiento de aguas residuales deberá cumplir con los requisitos del Reglamento de Aguas Residuales Domésticas (RARD), según el cual, el agua tratada deberá cumplir con los requisitos del código sanitario para el abastecimiento público de agua potable. En el diseño de la planta se tendrán en cuenta los costos de inversión y operación, así como la sostenibilidad técnica y ambiental del proyecto.

La planta de tratamiento de aguas residuales estará ubicada en la parroquia de Pifo, en la provincia de Pichincha, a unos 30 km al este de Quito. La planta tendrá una capacidad de 1460.16 m³/día y estará diseñada para el tratamiento de aguas residuales domésticas. La planta estará compuesta por las siguientes instalaciones: - Un sistema de pretratamiento, compuesto por un desarenador, un decantador y una unidad de filtración.

- Un sistema de tratamiento biológico, compuesto por una unidad de oxidación por aireación, una unidad de sedimentación y una unidad de filtración.

- Un sistema de tratamiento final, compuesto por una unidad de desinfección y una unidad de filtración.

- Un sistema de almacenamiento de agua tratada.

- Un sistema de monitoreo y control.

La planta estará construida en un terreno de 2 hectáreas, de las cuales 1,5 hectáreas estarán dedicadas a la planta y el resto se destinará a áreas verdes y de servicio.

El estudio de sostenibilidad técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales se ha realizado utilizando el software de simulación de plantas de tratamiento Aqua DESIGNER. El estudio ha considerado las siguientes variables:

- Capacidad de la planta: 1460.16 m³/día
- Caudal máximo admitido: 0.0169 m³/s
- Volumen máximo de almacenamiento: 500 m³
- Concentración de DQO inicial: 60 mg/L
- Tasa de remoción de turbidez: 33,3%

A partir de los resultados del estudio, se ha determinado que la planta de tratamiento de aguas residuales es técnicamente sostenible y cumplirá con los requisitos del RARD.

4.5.3 Estudio de sostenibilidad social

El presente estudio de sostenibilidad social se realiza con el objetivo de analizar el impacto social de la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, Ecuador. La planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación que se encarga de limpiar las aguas residuales antes de que sean vertidas al cuerpo receptor, ya sea un río, un lago o el mar. Esto es importante para proteger el medio ambiente y la salud pública. La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales requiere de una inversión inicial, la cual debe ser considerada en el estudio de sostenibilidad social.

Una vez construida, la planta requerirá de un mantenimiento periódico y de un personal calificado para su operación. La implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales tendrá un impacto social en la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, Ecuador. Se espera que el impacto sea positivo, ya que contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población y a proteger el medio ambiente. No obstante, es importante considerar los costos asociados a la implantación de la planta, así como los riesgos y las oportunidades que puedan surgir.

4.5.4 Identificación de impactos sociales

La implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, Ecuador, tendrá un impacto social en la población. Se espera que el impacto sea positivo, ya que contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población y a proteger el medio ambiente.

No obstante, es importante considerar los costos asociados a la implantación de la planta, así como los riesgos y las oportunidades que puedan surgir.

4.5.5 Identificación de costos sociales

Los costos sociales asociados a la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, Ecuador, serán los siguientes:

- Inversión inicial: se requerirá de una inversión inicial para construir la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Mantenimiento periódico: la planta requerirá de un mantenimiento periódico para mantenerla en funcionamiento.
- Personal calificado: se requerirá de un personal calificado para operar la planta.

4.5.6 Identificación de riesgos sociales

Los riesgos sociales asociados a la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, Ecuador, serán los siguientes:

- Riesgo de contaminación: si la planta no se opera correctamente, puede ocasionar la contaminación del medio ambiente.
- Riesgo de enfermedades: si la planta no se opera correctamente, puede ocasionar enfermedades en la población.

4.5.7 Identificación de oportunidades sociales

Las oportunidades sociales asociadas a la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo, provincia de Pichincha, Ecuador, serán las siguientes:

- Mejora de la calidad de vida: la planta contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población, ya que contribuirá a proteger el medio ambiente.
- Creación de empleo: la planta requerirá de un personal calificado para su operación, lo cual generará empleo en la localidad.

El proyecto debe contemplar el impacto social que tendrá en la comunidad. Se debe considerar el impacto en términos de:

1. Mejora de la calidad de vida de la población.
2. Reducción de los niveles de contaminación.
3. Mejora del acceso a agua potable.
4. Incremento de la awareness sobre la importancia del agua y el cuidado del medio ambiente.

4.5.8 Desarrollo del estudio de sostenibilidad social

1. Se realizarán encuestas a la población para evaluar el impacto del proyecto en términos de mejora de la calidad de vida.

2. Se llevarán a cabo estudios de contaminación antes y después de la implementación del proyecto para evaluar los niveles de contaminación.

3. Se evaluará el acceso a agua potable de la población antes y después del proyecto.

4. Se realizarán charlas y talleres sobre la importancia del agua y el cuidado del medio ambiente para incrementar la awareness de la población.

4.5.9 Evaluaciones

1. Se evaluará el impacto social del proyecto mediante encuestas a la población.

2. Se evaluarán los niveles de contaminación antes y después del proyecto.

3. Se evaluará el acceso a agua potable de la población antes y después del proyecto.

4.6 Puesta en marcha

1. Se elaborará un plan de acción para la puesta en marcha del proyecto.

2. Se asignarán recursos humanos y materiales para la implementación del proyecto.

3. Se llevará a cabo la capacitación del personal encargado de la implementación del proyecto.

4. Se implementará el proyecto de acuerdo con el plan de acción.

4.6.1 Desarrollo de los planes de acción

Para poner en marcha el proyecto, se elaborará un plan de acción que incluya todas las actividades a realizar y los recursos necesarios para su implementación. Se asignarán recursos humanos y materiales para la puesta en marcha del proyecto.

Se llevará a cabo la capacitación del personal encargado de la implementación del proyecto. Se implementará el proyecto de acuerdo con el plan de acción.

4.6.2 Actividades

1. Selección de la tecnología a utilizar.

2. Diseño de la planta de tratamiento.

3. Obtención de los permisos y autorizaciones necesarios.
4. Construcción de la planta de tratamiento.
5. Pruebas y puesta en marcha de la planta.
6. Operación y mantenimiento de la planta.
7. Evaluación del proyecto.

4.6.3 Cronograma de trabajo

1. Investigación de las condiciones actuales de la parroquia de Pifo en cuanto a la gestión de sus aguas residuales. (1 mes)
2. Identificación de las necesidades de la población en cuanto a la gestión de aguas residuales. (1 mes)
3. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. (6 meses)
4. Evaluación del impacto ambiental, social y económico del proyecto. (1 mes)
5. Elaboración del cronograma de implementación del proyecto. (1 mes)

Resultado de análisis social

Se realizó una encuesta dirigida a la población de la comunidad de PIFO, con el fin de saber su perspectiva en cuanto a la implementación de una PTAR para mejorar la calidad de agua en el sector entre otros factores.

Las preguntas de la encuesta fueron las siguientes:

Figura 13

Opinión sobre construcción de una PTAR en Pifo (Pregunta 1)



Nota: En la gráfica se observa que el 95% de la población está de acuerdo. Elaborado por: La autora

En esta pregunta se busca la opinión de los residentes de la parroquia de Pifo, con respecto a si sería necesario construir una PTAR en su zona y como más adelante podría generar algunos impactos positivos. Dentro de este gráfico, el 95% de los encuestados aseguran que, si es necesario la construcción de una PTAR en la zona, mientras que el 5% restante cree que no y esto podría deberse a cierta falta de información con respecto a estos procesos.

Figura 14

Impacto ambiental de la PTAR (Pregunta 2)



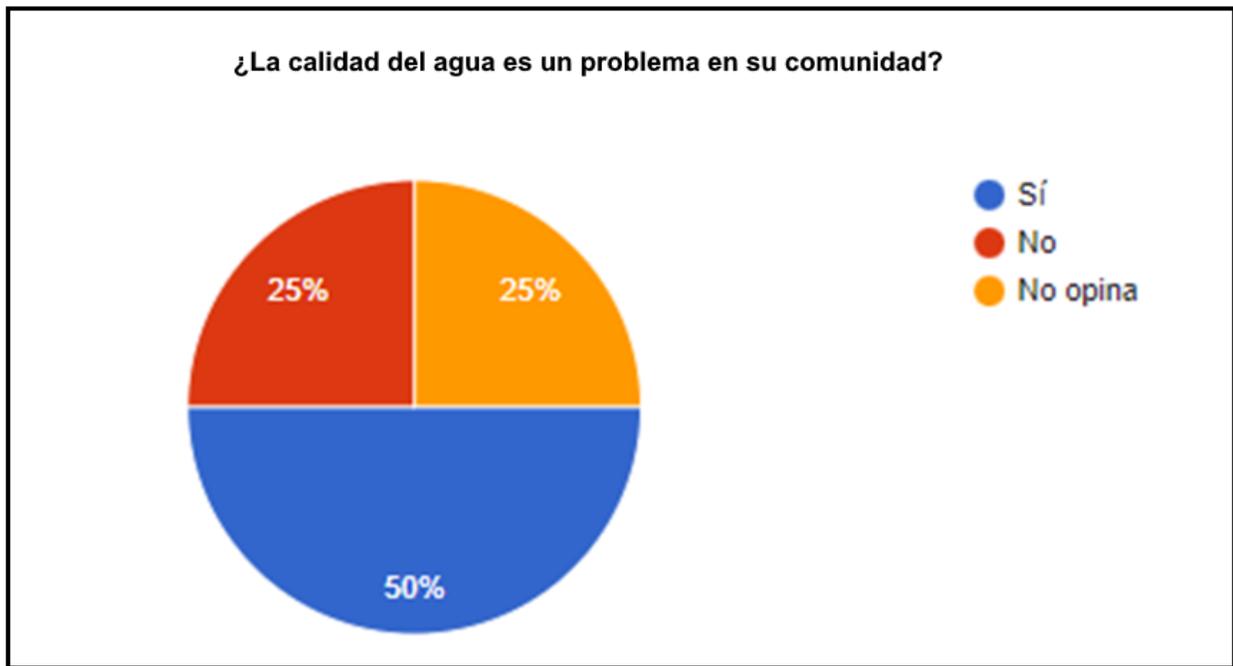
Nota: En la gráfica se observa que el 90% de la población piensa que es un impacto positivo.

Elaborado por: La autora

En este apartado, se busca analizar el impacto ambiental en la construcción de una PTAR en Pifo. En el presente gráfico, se muestra que el 90% de los encuestados opina al respecto y cree que, si existiese un impacto ambiental, pero no hay denominación del nivel en cuanto si fuera alto, medio o bajo, o a su vez positivo o negativo. Mientras que el 10% cree que no y se podría enlazar con la pregunta anterior, en donde se presume que ciertos habitantes no tienen información al respecto de estos proyectos.

Figura 15

Opinión sobre la calidad de agua (Pregunta 3)

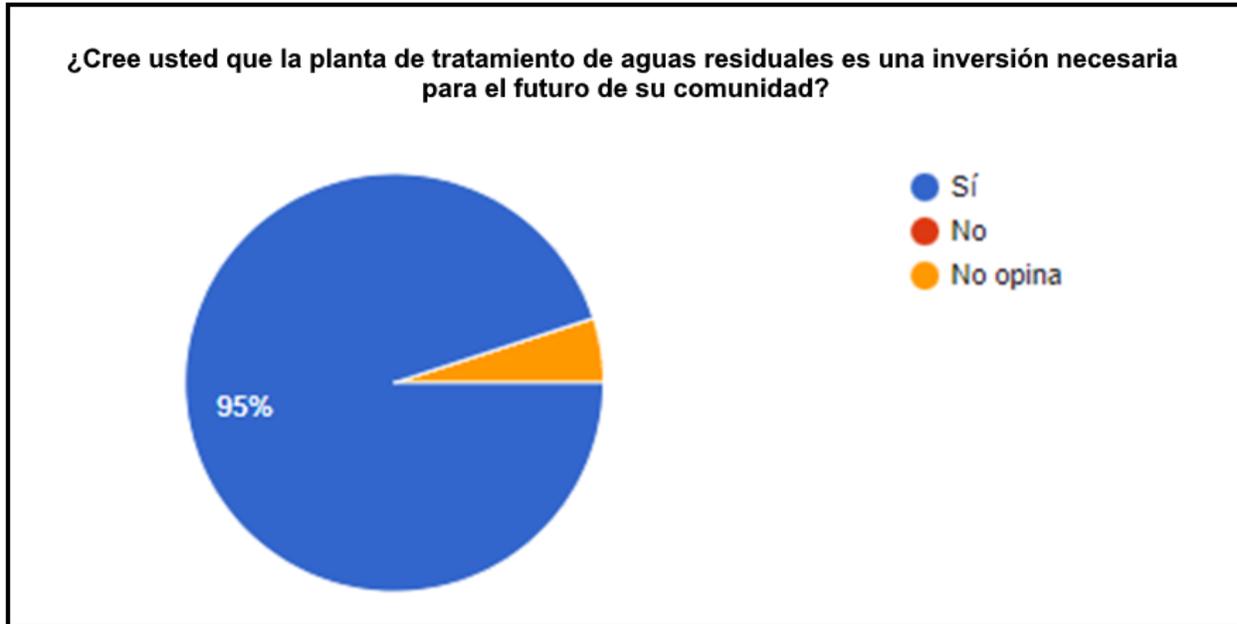


Nota: En la gráfica se observa que el 50% de la población piensa que si tiene un problema en la calidad del agua. Elaborado por: La autora

En este acápite se requiere saber si la calidad de agua que utilizan los pobladores representa un problema que puede traducirse en factores de salud más adelante. La presente gráfica muestra que el 50% cree que la calidad de agua en la parroquia si es un problema que aqueja a los moradores, mientras que, para el resto de la población encuestada, cree que no o prefiere no opinar al respecto por falta de conocimientos.

Figura 16

Inversión para PTAR (Pregunta 4)

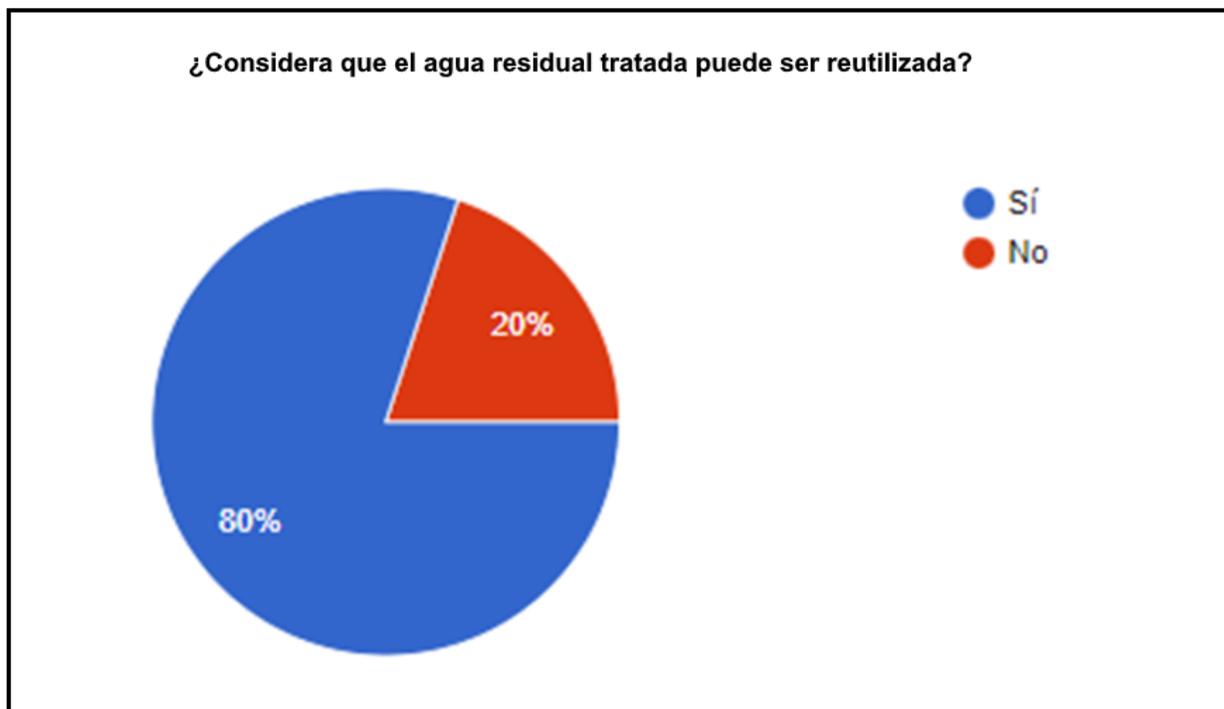


Nota: En la gráfica se observa que el 95% de la población está de acuerdo. Elaborado por: La autora

Desde esta pregunta, se busca la opinión de los moradores con respecto a la inversión comunal para construir una PTAR en la parroquia. Como se observa en la gráfica, el 95% de los encuestados opina que, si es necesaria una inversión para el futuro de la comunidad, pero esta inversión debe ser a través del GAD municipal.

Figura 17

Reutilización del agua residual (Pregunta 5)

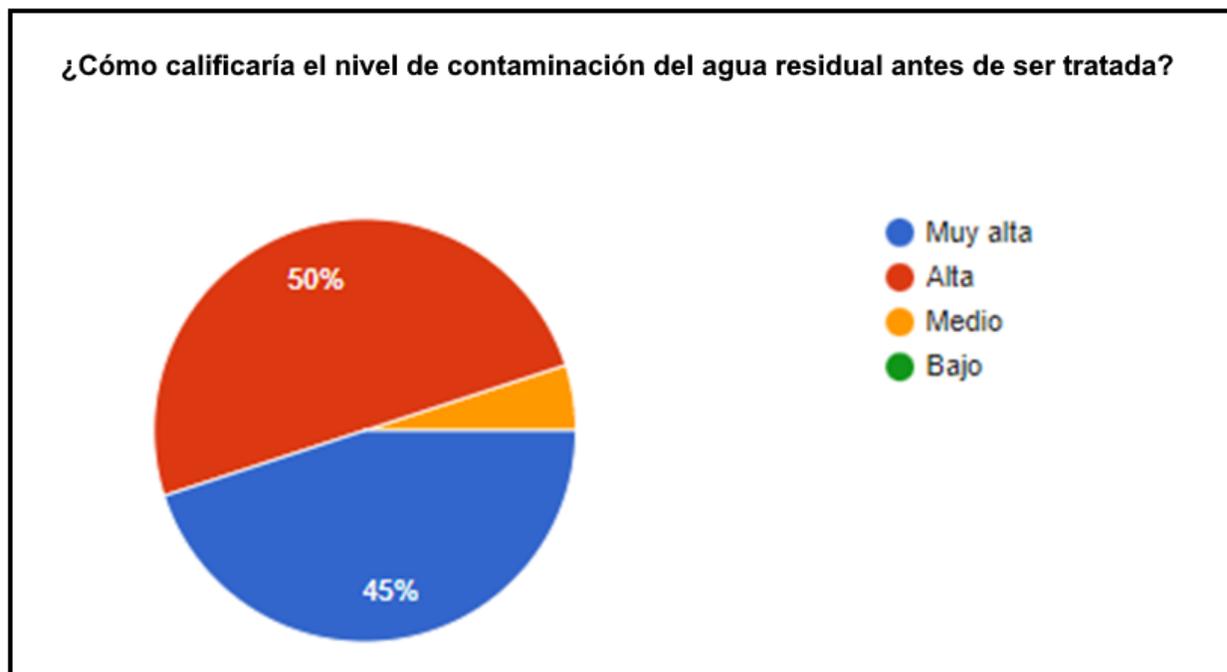


Nota: En la gráfica se observa que el 80% de la población está de acuerdo. Elaborado por: La autora

Para esta pregunta, los encuestados que realizan gestión de desechos, son un poco conocedores al respecto de la reutilización por lo cual utilizan el agua en varias de sus actividades. El 80% de los moradores, comenta que, si se puede reutilizar el agua tratada en sistemas de agricultura por su alto contenido de nutrientes y materia orgánica, mientras que el 20% comenta que no, por no saber reaprovecharla en otros procesos.

Figura 18

Nivel de contaminación del agua antes de ser tratada (Pregunta 6)

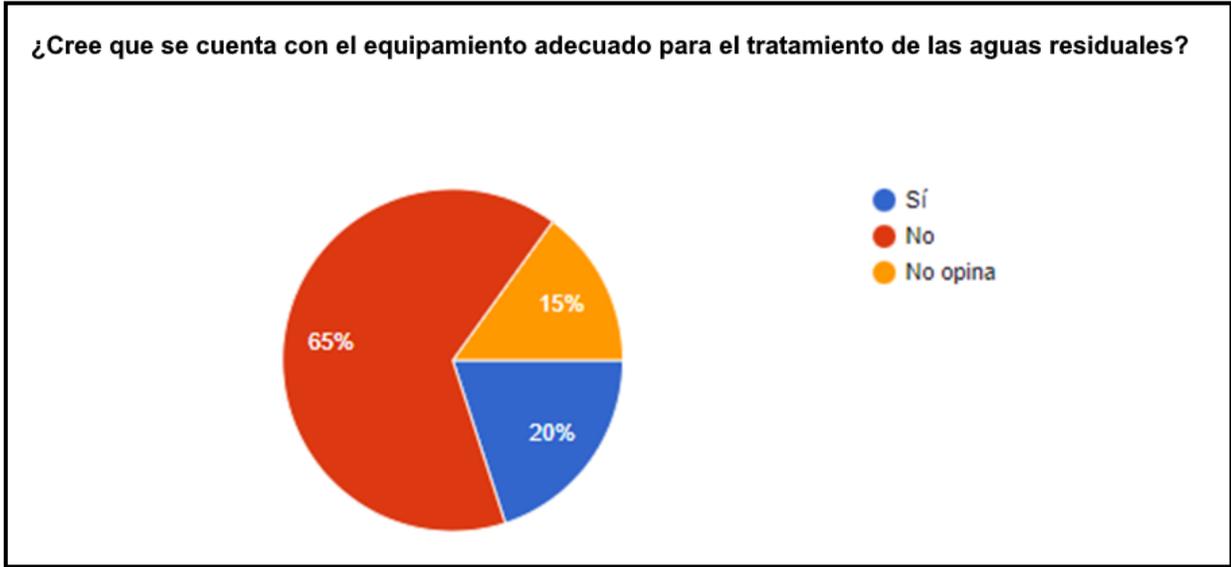


Nota: En la gráfica se observa que el 50% de la población tiene un nivel de contaminación alto en el agua de la parroquia. Elaborado por: La autora

Es de saber que los hogares son el principal factor de contaminación de las aguas y es por ello por lo que su tratamiento demanda de más costos y tiempo, por lo que las inversiones pueden ser mayores y significativas, ante esto la población calificaría el trabajo del GAD municipal al tratar el agua residual. El 45% de los encuestados, cree que la contaminación del agua antes de ser tratada es muy alta, mientras que el 50% cree que es alta y estos dos apartados significarían que los niveles de contaminación en la zona pueden deberse a las actividades que realizan en la parroquia o que hubo algún factor que eleve la contaminación.

Figura 19

Equipamiento adecuado (Pregunta 7)

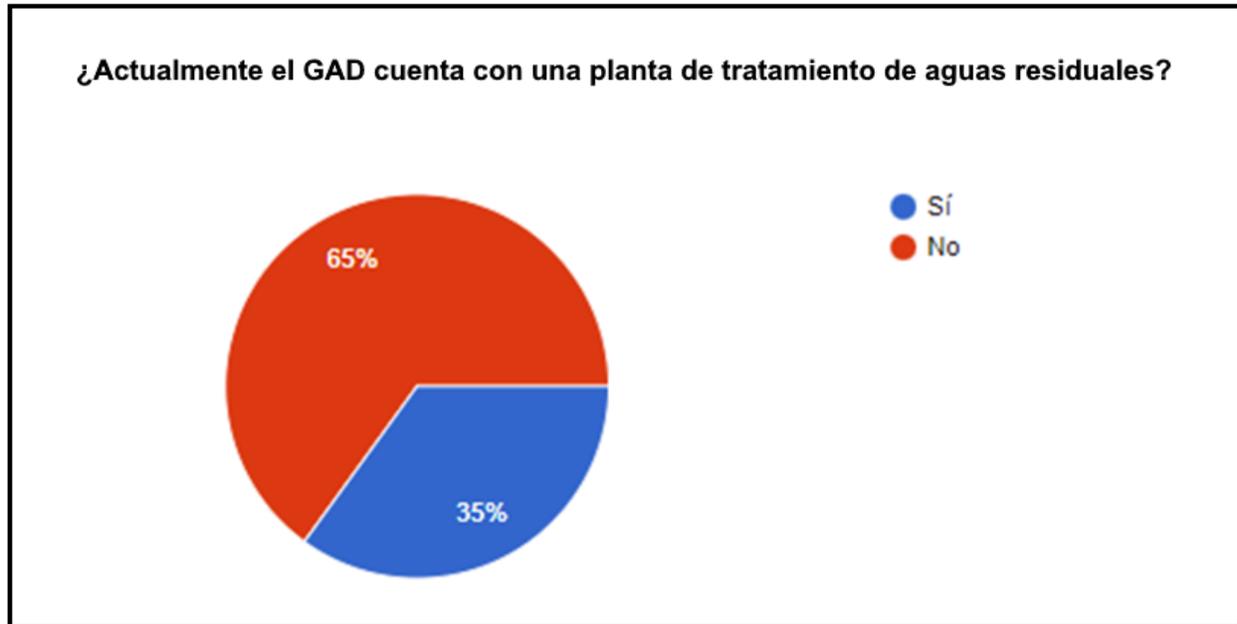


Nota: En la gráfica se observa que el 65% de la población está de acuerdo. Elaborado por: La autora

Esta pregunta es para saber si el GAD municipal consta con el equipo adecuado para el tratamiento de aguas residuales. Podemos observar que el 65% de los encuestados han dicho que no lo tienen por el resultado de la calidad de agua que reciben en sus respectivos hogares, mientras que el otro 20% ha dicho que si ya que estos deben ser zonas urbanizadas y el 15% restante no opina.

Figura 20

Planta de tratamiento en el GAD (Pregunta 8)



Nota: En la gráfica se observa que el 65% dice que el GAD cuenta con una PTAR . Elaborado por:

La autora

Esta pregunta es para saber si el GAD municipal consta un tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Pifo. Dentro de este gráfico, el 65% de los encuestados aseguran que, no disponen de una PTAR de tratamiento de aguas residuales en la zona ya que los moradores creen que la calidad del agua es baja, mientras que el 35% asegura que si ya que deben estar en una zona más urbanizada.

Figura 21

Precio más alto por mejor calidad (Pregunta 9)

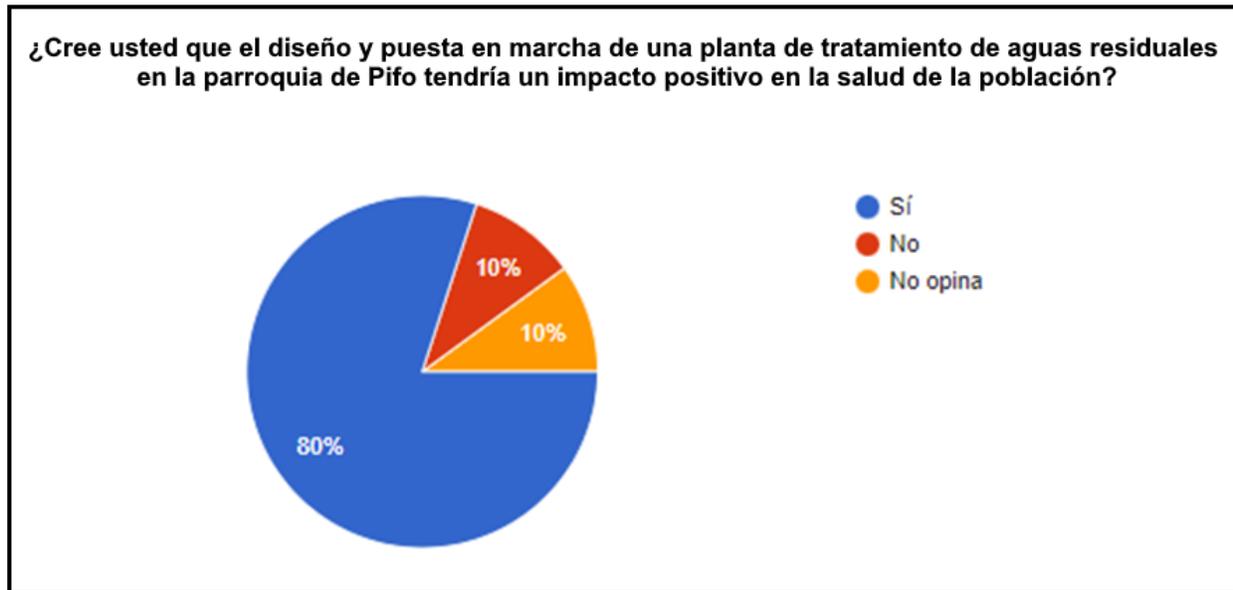


Nota: En la gráfica se observa que el 55% de la población está de acuerdo. Elaborado por: La autora

Esta pregunta es para saber si los moradores pagarían un precio más alto del agua si tuviera mejor calidad. Como se observa en este gráfico, el 55% de los encuestados aseguran que, si estuvieran dispuestos a pagar un precio más alto en el recibo del agua si esta mejora su calidad, mientras que el otro 20% asegura que no lo haría ya que creen que solo es competencia del GAD o simplemente no quieren pagar un poco más y el 25% restante prefiere no opinar.

Figura 22

Diseño y puesta en marcha de PTAR según encuesta (Pregunta 10)



Nota: En la gráfica se observa que el 80% de la población está de acuerdo. Elaborado por: La autora

Esta pregunta es para saber la PTAR en la parroquia Pifo ayudaría a la salud de los habitantes de la zona. El 80% de los encuestados aseguran que con la existencia de una PTAR en la zona si ayudase a proteger la salud humana y a la prevención de enfermedades infecciosas, el otro 10% asegura que no habría ningún cambio con la existencia de las misma y otros no opinan.

4.6.4 Discusión

Con los valores obtenidos experimentalmente antes de haber iniciado el sistema de diseño de tratamiento se determinó que lo más adecuado era el diseño por lodos activados tomando en cuenta que en una de las primera visita de campo se hizo un análisis visual del terreno de la zona del proyecto y se observó que es un suelo arenoso lo que implica que para las lagunas de estabilización se tiene que hacer una impermeabilización mediante geotextil y cambio de terreno este material geotextil tiene un valor aproximado de 600000 USD lo cual justificó plenamente que se cambie el tipo de tratamiento de aguas residuales a lodos activados en donde las unidades de tratamiento son mucho más compactas y pequeñas solucionando el problema en la visita de campo.

Además, la membrana geotextil MAC line HDPE 2000 es excesivamente costosa para este tipo de proyectos ya que el metro cuadrado se encuentra en un valor aproximado de 25 USD lo cual incrementa el costo total del proyecto. Adicionalmente se consultó algunos expertos de la carrera y argumentaron que el sistema de lagunajes es un sistema que ya no se utiliza en la práctica debido a que es una tecnología de hace 50 años y es muy antigua y por eso se aumentó el tratamiento de lodos activados.

Y tal como se había mencionado, para determinar si la laguna de estabilización era factible en el terreno, se seleccionó tres puntos en el área de construcción de la PTAR se realizó la excavación de 3 orificios de 30 cm de largo por 30 de ancho y 30 cm de profundidad; se rellenó totalmente de agua y en el primer punto se absorbió totalmente el agua en 3 minutos; en el segundo punto en 2,15 y en el tercer punto en 2 minutos 10 segundos con lo cual se comprobó que el suelo es extremadamente permeable. En la Parroquia de Pifo se genera actualmente un volumen significativo de agua residual, generando un caudal promedio de 16,9 L/s. Esta agua no cuenta con ningún tratamiento previo antes de su descarga, lo cual tiene repercusiones negativas en la calidad

del agua del Río Guambi, al cual es vertida, a las comunidades aguas abajo, a la flora y la fauna de la zona. Mediante la parametrización de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual se pudo conocer el estado de esta, de manera que se pudo verificar que parámetros incumplían la normativa ambiental vigente y determinar si el método empleado iba a ser adecuado y suficiente para solventar la problemática actual. De acuerdo a las características del agua residual determinadas en el laboratorio, esencialmente de la relación DBO5 (100 mg/L)/DQO (60 mg/L) siendo igual a 1,67, se estableció el método de tratamiento, el cuál fue la implementación de lodos activados, que van a permitir disminuir las concentraciones de sólidos totales y la turbidez, DBO5 y DQO a cantidades menores a la de los límites permisibles, tal y como el ACUERDO MINISTERIAL 097-A, publicado en el Registro Oficial N° 387 del 4 de Noviembre de 2015 en la TABLA 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, indica. Actualmente se ha planteado la alternativa para una comunidad pequeña, similar a la Parroquia de Pifo, ya que solo una reducida parte de esta zona cuenta con sistemas de alcantarillado. A través de las pruebas de jarras desarrolladas, utilizando 2 tipos diferentes de coagulantes como el Sulfato de Aluminio y PAC, bajo diferentes dosis, con 6 repeticiones respectivas, se buscó definir el mejor coagulante, para iniciar con la identificación de la dosis, pH y velocidad adecuada para disminuir la turbidez de las muestras de agua residual. Al finalizar este proceso se pudo determinar que el sulfato de aluminio + PAC a 0,25 ppm / 1 L de agua residual; con un pH de 6,25; con una velocidad de coagulación, floculación y tiempo de sedimentación adecuados se pudo obtener un 33,33 % de remoción de turbidez. Estos resultados se encuentran descritos en las Tablas 41 hasta la 46. Al finalizar las pruebas de tratabilidad y análisis de laboratorio, se procedió a efectuar el dimensionamiento de cada unidad de la PTAR. Este sistema de tratamiento para la Parroquia Pifo está pensado para un tiempo de vida de 25 años y una población futura de 18230 habitantes.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se puede concluir que, a partir de la caracterización del agua residual en la caja de última revisión de la cabecera Pifo Parroquial, para determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, es posible determinar los parámetros que cumplen con la normatividad, tal como se indica en Protocolo 097-A, y en base a estos resultados obtenidos, se puede dimensionar la unidad de tratamiento y calcular la eficiencia de remoción antes de la descarga al cuerpo de agua dulce. La PTAR está diseñada con una previsión de población y una vida útil de 25 años, es decir, hasta 2047. Nuevamente, el diseño del flujo de agua restante se basa en proyecciones de población futuras para las 5 comunidades involucradas. Con base en esto y análisis de laboratorio, se calculó el índice de biodegradabilidad a partir de la relación DBO5/DQO y se encontró un valor de 63 mg/l, lo que confirma que el sistema de tratamiento biológico es factible ya que el agua residual es una materia orgánica altamente degradable.

Como no era posible un estanque de fieltro, se usará agregar un sistema de lodos activados, que es un método más eficiente que puede ayudarnos a lograr una eficiencia de alrededor del 80% para garantizar que el agua tratada pueda fluir hacia el agua dulce del cuerpo. A través de pruebas de tratabilidad, se prolongará que el sulfato de aluminio + coagulante PAC es más efectivo y maximiza la remoción de la carga contaminante a medida que aumenta el tamaño del tanque de lodos activos.

Con base en el análisis económico, se reducirá el costo de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de cabecera Parroquial Pifo es de \$400.013,754 y el costo de

operación y mantenimiento de \$33,34/mes. El tratamiento químico, por su parte, tiene un valor de \$0.12/m³, y con base en estos costos, se puede determinar que el tratamiento químico de aguas residuales es un gasto económico que debe ser considerado para la implementación de este sistema, el cual, por diseño, no utiliza lagunas tratadas químicamente. Depura muy eficazmente las aguas residuales y cumple con las normas ambientales nacionales para el vertido de agua dulce.

Se caracterizaron las aguas servidas y se definieron los principales contaminantes presentes en ellas y sus posibles afectaciones.

Al reemplazar la laguna de estabilización de acuerdo con el criterio de varios expertos se determinaron las pruebas de tratabilidad, por medio de tratamiento de lodos activados y ensayos a nivel de laboratorio para la obtención de los parámetros antes mencionados obteniendo un 33.3% de remoción.

Se desarrolló un estudio de sostenibilidad económico, técnico y social con la ayuda de encuestas en la zona del proyecto, para determinar la viabilidad de este, concluyendo que el proyecto es viable económica, técnica y socialmente.

5.2 Recomendaciones

Antes de la construcción de la planta de tratamiento, el terreno debe ser trazado y nivelado para asegurar la correcta ubicación del edificio y también verificar la compactación del suelo del lugar del proyecto. Si se implementa una planta de tratamiento de aguas residuales, se debe realizar un mantenimiento preventivo para evitar daños futuros en cualquiera de sus unidades y asegurar su eficiencia.

Para el tratamiento ecológico de la estructura se proponen espacios verdes en el espacio disponible entre la administración y la bodega.

Al ser una zona rural, se recomienda utilizar otras tecnologías dentro de la PTAR para aprovechar el agua para actividades agrícolas, como la creación de humedales construidos, o descargar agua a cuerpos de agua a través de sistemas convencionales como UASB o cualquier otro sistema auxiliar.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, J., y Alvear, A. (2015). *Estudio de la sedimentabilidad de los sólidos presentes en el tratamiento primario del agua residual doméstica de la ciudad de Cali*. [Tesis de postgrado] Universidad del Valle.
- Arocutipa, L. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una Planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari - Sandia*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Arrieta, A., y Chica Santos, K. (2019). *Diseño de una Planta de tratamiento de aguas residuales con tecnología de lodos activos, para la Parroquia de San José de Ayora, Cayambe*. [Tesis de postgrado] Universidad Salesiana.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109>.
- Bermeo, F. (2013). *Optimización de la Planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa Textil*. [Tesis de pregrado] Universidad Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6215/1/UPS-GT000524.pdf>
- Cortes, F., Treviño, A., y Tomasini, A. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. Mexico: IMTA.
- Creswell, J. (2007). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches (2nd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Crites, R., y Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá: Mc Graw-Hill.
- Cueva, S., y Eras, D. (2021). *Diseño de una Planta de tratamiento de aguas residuales para la población de la Cabecera Cantonal de Puerto Quito, Cantón Puerto Quito, Provincia de Pichincha*. [Tesis de pregrado] Universidad Salesiana.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2128>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*. *Química Viva*, 16(3).
<https://www.redalyc.org/toc.oa?id=863>

- García, M., y Pérez, J. (2016). *Aguas residuales: Composición*. https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Hernández, S., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6th ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Herrera, V., y Quisaguano, A. (2020). *Diseño de un Planta de tratamiento en Ambato*. [Tesis de pregrado] Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- INAMHI. (2019). *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>
- López, A., Piedra, A., y Calderón, I. (2015). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES;DESARROLLO SUSTENTABLE;CALIDAD AMBIENTAL;ECUADOR*. [Tesis de pregrado] Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3585>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Revisión y actualización de la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*. Registro Oficial No. 387. MAE. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Ordenamiento Territorial. (2015). *Pifo*. GAD Parroquial PIFO: http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT_PIFO_2015.pdf
- Pedrozo, A. (2021). *En la regulación de descargas de aguas residuales ¿quo vadis?*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. gua.org.mx/biblioteca/en-la-regulacion-de-descargas-de-aguas-residuales-quo-vadis-instituto-mexicano-de-tecnologia-del-agua/
- Piedra, A. (2020). *Propuesta para el manejo de lodos residuales de la Planta de tratamiento de la Empresa Fabrinorte, Cantón Otavalo*. [Tesis de postgrado] Universidad Técnica del Norte. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10593/2/03_RNR_363_TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10593/2/03_RNR_363_TRABAJO_GRADO.pdf)
- Romero, J. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño* (Tercera ed.). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Salvador, G. (2017). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la industria cosmética Envapress Cía. Ltda., a través de la caracterización de los efluentes para el cumplimiento ambiental de la normativa vigente.* [Tesis de pregrado] Universidad Internacional SEK. <http://repositorio.uisek>
- Valencia, A. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - Provincia de Chimborazo.* [Tesis de Maestría] ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3118>
- Villacis, A. (2011). *Estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la Parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.* [Tesis de Maestría] Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1350>

7. ANEXOS

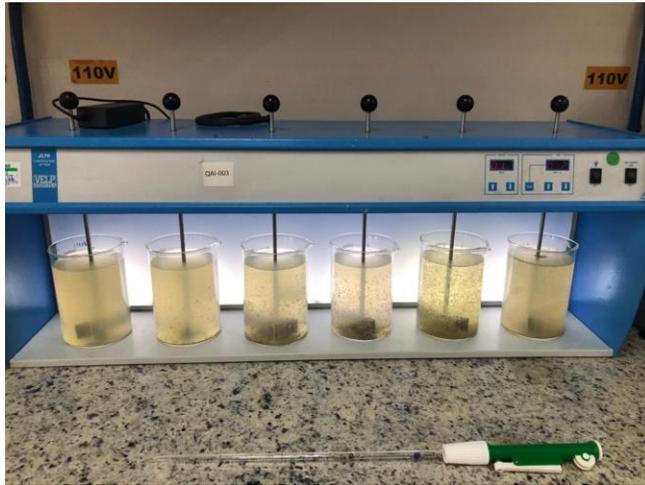
Anexo 1 Filtrado de la muestra



Anexo 2 Análisis de sólidos sedimentables y lodos activados



Anexo 4 Prueba de jarras



Anexo 3 Medición de parámetros



Anexo 5 Pruebas de laboratorio



Análisis de Parámetros iniciales



INFORME DE RESULTADOS CONFIDENCIAL



IR-CT2200880

NOMBRE DEL CLIENTE: Daniela Jaramillo
DIRECCIÓN: Santa Rita

REPRESENTANTE DE LA EMPRESA: Daniela Jaramillo
TELÉFONO: 0998050931

INFORMACIÓN CLIENTE
®CÓDIGO DE LA MUESTRA: Muestra de agua
®LUGAR DE MUESTREO: Pño - Agua de Alcantarilla
®RESPONSABLE MUESTREO: No hay información

CÓDIGO HAVOC: A22050051
FECHA DEL MUESTREO: 25 de mayo del 2022

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: PTM-01

FECHA DE RECEPCIÓN: 25 de mayo del 2022

RECEPCIONADO POR: Alexandra Brito
ANALIZADO POR: Mireya Terán, Andres Viteri, Elena López
FECHA DE ANÁLISIS: Del 25 de mayo al 3 de junio del 2022
FECHA DE EMISIÓN: 3 de junio del 2022

ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL¹

| ENSAYOS | MÉTODOS | UNIDADES | RESULTADOS |
|-----------------------------|---|------------|------------------|
| Coliformes Fecales | MEAG-60 APHA 9215 E | NMP/100 ml | >24 196 |
| Coliformes Totales | MEAG-59 APHA 9215 E | NMP/100 ml | >24 196 |
| DQO | MEAG-04 APHA 5220 D | mg/l | 354 |
| DBD ₅ | MEAG-08 APHA 5220 D | mg/l | 205 |
| Sólidos Sedimentables | MEAG-24 APHA 2540 F | mg/l | 1 |
| Sólidos Suspendedos Totales | MEAG-23 APHA 2540 D | mg/l | 44 |
| Sólidos Totales | MEAG-12 APHA 2540 B | mg/l | 602 |
| Nitratos | MEAG-56 APHA 4500-NO ₃ -E | mg/l | 2,5 |
| Nitritos | MEAG-16 APHA 4500-NO ₂ -B | mg/l | >3,26 |
| Fósforo | MEAG-41 APHA 4500 PE | mg/l | 9,6 ^A |

INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS

| ENSAYOS | NIVELES | INC. EXPANDIDA |
|-----------------------------|-------------|----------------|
| Coliformes Fecales | 1 NMP/100ml | 30,0 % |
| Coliformes Totales | 1 NMP/100ml | 30,0 % |
| DQO | 20 mg/l | 18,0 % |
| DBD ₅ | 1 mg/l | 11,2 % |
| Sólidos Sedimentables | 1 mg/l | 14,2 % |
| Sólidos Suspendedos Totales | 16 mg/l | 14,2 % |
| Sólidos Totales | 17 mg/l | 19,6 % |
| Nitratos | 0,3 mg/l | 19,2 % |
| Nitritos | 0,05 mg/l | 19,7 % |
| Fósforo | 0,16 mg/l | 14,1 % |

FMC-01

EL INFORME DE RESULTADOS SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA TOTAL O PARCIAL CON LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL GERENTE GENERAL.

Chimborazo 0611-31 y Tungurahua, Cooperativa de Profesores Municipales - Quito, Ecuador
Teléfax: (593-2) 2024-131 / 2022-956 www.havoc-lab.com

Página: 1 de 2

Análisis de Parámetros de Prueba de Jarras



INFORME DE RESULTADOS CONFIDENCIAL



IR-CT2200913

NOMBRE DEL CLIENTE: Daniela Jaramillo
DIRECCIÓN: Santa Rita

REPRESENTANTE DE LA EMPRESA: Daniela Jaramillo
TELÉFONO: 0998050931

INFORMACIÓN CLIENTE
CÓDIGO DE LA MUESTRA: Pfo - Frial
LUGAR DE MUESTREO: Pfo - Agua de Alcantarilla
RESPONSABLE MUESTREO: Daniela Jaramillo

CÓDIGO HAVOC: A22060039
FECHA DEL MUESTREO: 1 de junio del 2022

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: PTM-01
FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de junio del 2022

RECEPCIONADO POR: Cristian Basantes
ANALIZADO POR: Mirya Tarán, Andrea Viteri, Elena López
FECHA DE ANÁLISIS: Del 7 al 14 de junio del 2022
FECHA DE EMISIÓN: 14 de junio del 2022

ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL¹

| ENSAYOS | MÉTODOS | UNIDADES | RESULTADOS |
|-----------------------------|--|------------|------------|
| Coliformos Fecales | MEAG-09 APHA 9215 E | NMP/100 ml | 310 |
| Coliformos Totales | MEAG-09 APHA 9215 E | NMP/100 ml | 410 |
| DQO | MEAG-14 APHA 5220 D | mg/l | 138 |
| DBO ₅ | MEAG-08 APHA 5210 D | mg/l | 63 |
| pH | MEAG-15 APHA 4500 H ⁺ B | Und. pH | 6,82 |
| Sólidos Sedimentables | MEAG-24 APHA 2540 F | mg/l | 100 |
| Sólidos Suspendedos Totales | MEAG-23 APHA 2540 D | mg/l | 478 |
| Sólidos Totales | MEAG-12 APHA 2540 B | mg/l | 678 |
| Nitratos | MEAG-06 APHA 4500-NO ₃ E | mg/l | 0,4 |
| Nitritos | MEAG-16 APHA 4500-NO ₂ B | mg/l | <0,05 |
| Fósforo | MEAG-41 APHA 4500 PF | mg/l | <0,16 |

INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS

| ENSAYOS | NIVELES | INC. EXPANDIDA |
|-----------------------------|---------------|----------------|
| Coliformos Fecales | 1 NMP/100ml | 30,0 % |
| Coliformos Totales | 1 NMP/100ml | 30,0 % |
| DQO | 20 mg/l | 18,0 % |
| DBO ₅ | 1 mg/l | 11,2 % |
| pH | 4,01 Und. pH | 0,6 % |
| | 7,00 Und. pH | 0,8 % |
| | 10,00 Und. pH | 0,7 % |
| Sólidos Sedimentables | 1 ml/l | 14,2 % |
| Sólidos Suspendedos Totales | 16 mg/l | 14,2 % |
| Sólidos Totales | 17 mg/l | 19,8 % |
| Nitratos | 0,3 mg/l | 14,1 % |
| Nitritos | 0,05 mg/l | 19,7 % |
| Fósforo | 0,16 mg/l | 14,1 % |

FMC-01

EL INFORME DE RESULTADOS SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA TOTAL O PARCIAL CON LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL GERENTE GENERAL.

Análisis de Parámetros Lodos Activados



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° SAE LEN 06-002
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

INF. LASA 01/07/2022 -4821
ORDEN DE TRABAJO N° 22-2941

| DATOS DEL CLIENTE | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------------|------------------|
| SOLICITANTE: | JARAMILLO ABRIL DANIELA CONCEPCION | DIRECCIÓN: | SANTA RITA |
| TELÉFONO: | 0988050931 | TIPO DE MUESTRA: | AGUA |
| INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | AGUA RESIDUAL DOMESTICA | PROCEDECENCIA: | PIFO-FINAL |
| 9H00 10/06/2022 | LATITUD: 0.207727 LONGITUD: 78.340871 | | |
| DATOS DEL LABORATORIO | | | |
| MUESTREO POR: | SOLICITANTE | FECHA DE MUESTREO: | - |
| FECHA DE RECEPCIÓN: | 20/06/2022 | FECHA DE ANÁLISIS: | 20 AL 01/07/2022 |
| CÓD. MUESTRA: | 22-8494 | REALIZACIÓN DEL ENSAYO: | LABORATORIO |
| | | NÚMERO DE MUESTRAS: | UNA (1) |
| | | FECHA DE ENTREGA: | 01/07/2022 |

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | ¹ VALORES DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE %U (K=2) | MÉTODOS DE ENSAYO |
|--|-----------|----------------------|------------------------------------|------------------------|---|
| COLIFORMES TOTALES-PRUEBA DE SUSTRATO ENZIMÁTICO | NMP/100ml | 23 x 10 ³ | - | - | PEE LASA.MB.35; APHA 9223 B, Ed. 23, 2017 |
| COLIFORMES FECALES, FERMENTACIÓN EN TUBO | NMP/100ml | 1600 | 2000 | - | PEE LASA.MB.27 APHA 9221 F, Ed 23, 2017 |

NOTA: Las muestras fueron procesadas bajo la responsabilidad del cliente, en las condiciones de temperatura entregadas.
1-Valores de referencia tomados de Acuerdo ministerial N° 097 Libro de la calidad ambiental Tabla 9 - Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce

Mcb. David Bonifaz
JEFE DE DEPARTAMENTO

[Elaborado por: Adriana Guevara]

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio. LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos. El laboratorio se compromete con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados. La aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolas.com. Los criterios de conformidad serán emitidos solamente al cliente lo solicita por escrito. Página 1 de 1

Juan Ignacio Pareja De5-97 y Simón Cárdenas | clientes@laboratoriolas.com
(02) 2269012 | (02) 2468659 | 0995707705



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-01-07-22 -2991
ORDEN DE TRABAJO No. 22-2941

| INFORMACION DEL CLIENTE | | |
|--|-----------------------|--|
| SOLICITADO POR: JARAMILLO ABRIL DANIELA CONCEPCION | | DIRECCION: SANTA RITA |
| TELÉFONO/FAX: 0998050931 | TIPO DE MUESTRA: AGUA | PROCEDENCIA: FINAL-PIFO |
| IDENTIFICACION: AGUA RESIDUAL DOMESTICA 9:00 | | CODIGO INICIAL: MI - FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 10/06/2022 COORDENADAS: Latitud 0.207727-Longitud 78.340871 |

Información suministrada por el cliente

| INFORMACION DEL LABORATORIO | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| MUESTREO POR: SOLICITANTE | FECHA DE MUESTREO: - | INGRESO AL LABORATORIO: 20/06/2022 |
| FECHA DE ANÁLISIS: 20/06-01/07/2022 | FECHA DE ENTREGA: 01/07/2022 | NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1) |
| CODIGO DE MUESTRA: 22-8494 | REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO | |

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | ¹ VALORES DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE U (k=2) | MÉTODO DE ENSAYO |
|------|---|----------|------------|------------------------------------|-----------------------|--|
| 1 | D.B.05 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO | mg/l O2 | 100 | 100 | ± 10 % | (b) FEE.LASA.PQ.07 APHA 5210 B |
| 2 | D.Q.O DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO | mg/l O2 | 60 | 200 | ± 10 % | (a) FEE.LASA.PQ.04B APHA 5220D |
| 3 | FÓSFORO TOTAL | mg/l P | 2,62 | 10,0 | ± 12,90 % | (a) FEE.LASA.PQ.09c APHA 4500-P B y E |
| 4 | N-NITRATOS | mg/l | 49,0 | - | - | (b*) HACH 8039 Espectrofotometría |
| 5 | N-NITRITOS | mg/l | 12,1 | - | ± 10 % | (a*) FEE.LASA.PQ.54 APHA 4500-NO2 B |
| 6 | SÓLIDOS SEDIMENTABLES | m/l | 2,3 | - | ± 17,00 % | (b) FEE.LASA.PQ.48 APHA 2540 F |
| 7 | SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | mg/l | 120 | 130 | ± 14 % | (a) FEE.LASA.PQ.05 APHA 2540 D |
| 8 | SÓLIDOS TOTALES | mg/l | 636 | 1600 | ± 18 % | (a) FEE.LASA.PQ.19 APHA 2540 B |

Los ensayos marcados con * NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

Los ensayos marcados con (b) NO están incluidos en el alcance de acreditación de AZLA.

Los ensayos marcados con (a) ESTÁN incluidos en el alcance de acreditación de AZLA.

(1) Valores de referencia tomado del Acuerdo Ministerial N° 097, Libro VI de la Calidad Ambiental, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

NOTA: Las muestras fueron procesadas bajo la responsabilidad del cliente en las condiciones entregadas.

QUÍM. PABLO SAAVEDRA
JEFE DE DEPARTAMENTO

Elaborado por: Andrea López

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.

LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada

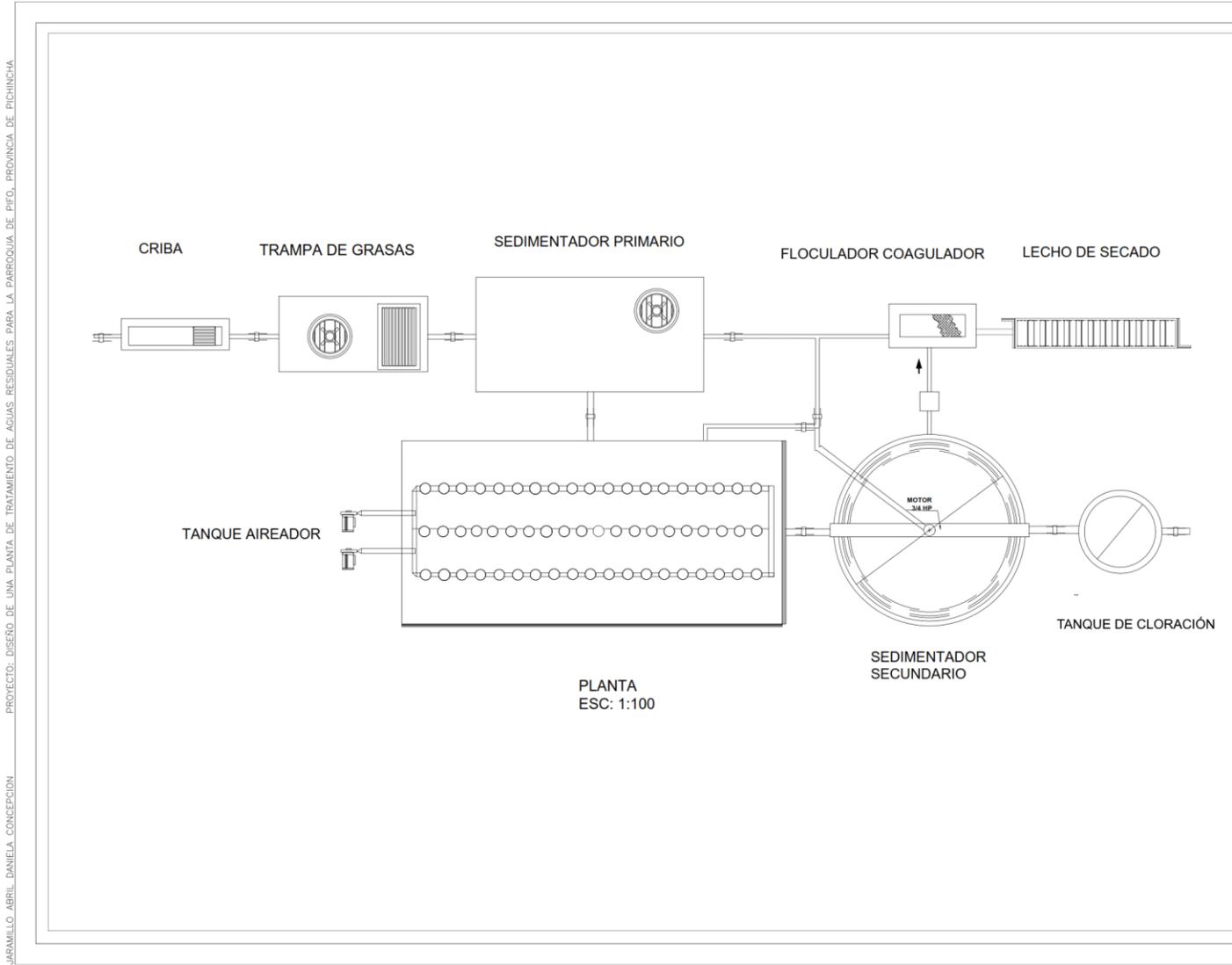
por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos

Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.

El laboratorio se compromete con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolas.com)

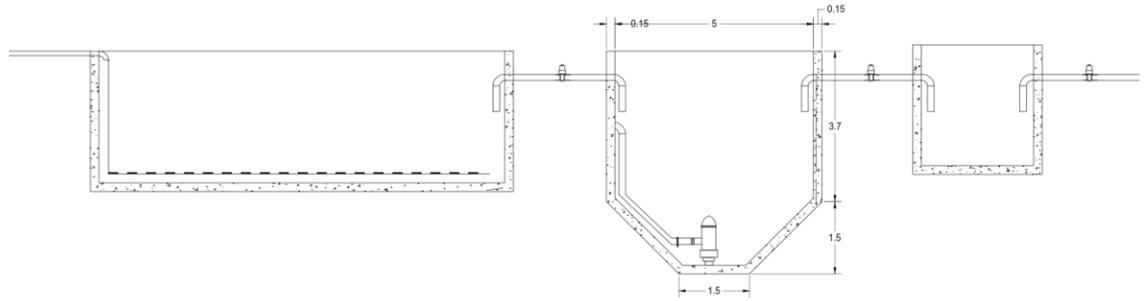
Juan Ignacio Pareja 065-97 y Simón Cárdenas |clientes@laboratoriolas.com
(02) 2269012 | (02) 2468659 | 0995707705

Anexo 6 Diseño de la planta de tratamiento

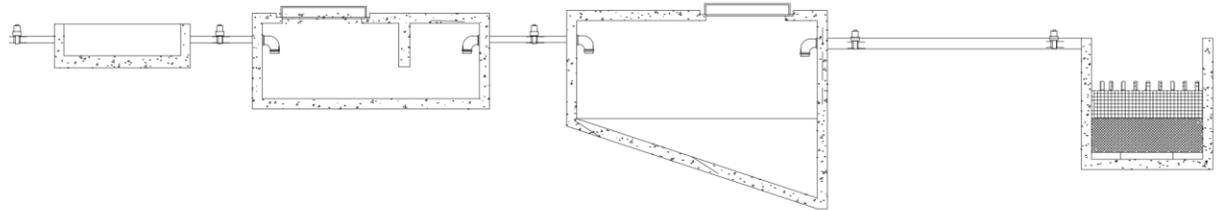


Anexo 7 Segunda vista en perspectiva

JARAMILLO ABRIL DANIELA CONCEPCION PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA DE PIFO, PROVINCIA DE PICHINCHA



CORTE B-B'
ESC: 1:100



CORTE A-A'
ESC: 1:100

Anexo 8 Datos de la prueba de jarras

| Determinación de la velocidad y tiempo óptimo de coagulación (Velocidad Rápida) | | | | | | | | |
|--|------------|--|----------------|---|------------|--------------------------|----------------|-------|
| Gradiente de velocidad de coagulación (rpm) | Tiempo (s) | Dosis del coagulante SULFADO DE ALUMINIO | Turbidez (NTU) | Gradiente de velocidad de coagulación (rpm) | Tiempo (s) | Dosis del coagulante PAC | Turbidez (NTU) | |
| 50 | 1 | 0.01 | 125.5 | 50 | 1 | 0.01 | 101 | |
| | 1 | 0.05 | 115.75 | 50 | 1 | 0.05 | 53 | |
| | 1 | 0.1 | 71 | 50 | 1 | 0.1 | 35.07 | |
| | 1 | 0.12 | 62.25 | 50 | 1 | 0.12 | 49.45 | |
| | 1 | 0.25 | 20.95 | 50 | 1 | 0.25 | 14.86 | |
| | 1 | 0.5 | 19.14 | 50 | 1 | 0.5 | 2.3 | |
| | 2 | 0.01 | 124.25 | 50 | 2 | 0.01 | 87 | |
| | 2 | 0.05 | 109.75 | 50 | 2 | 0.05 | 46.2 | |
| | 2 | 0.1 | 68 | 50 | 2 | 0.1 | 27.58 | |
| | 2 | 0.12 | 57 | 50 | 2 | 0.12 | 46.6 | |
| | 2 | 0.25 | 16.06 | 50 | 2 | 0.25 | 10.2 | |
| | 2 | 0.5 | 12.75 | 50 | 2 | 0.5 | 5.64 | |
| | 3 | 0.01 | 119.25 | 50 | 3 | 0.01 | 72 | |
| | 3 | 0.05 | 97 | 50 | 3 | 0.05 | 41.22 | |
| | 3 | 0.1 | 84 | 50 | 3 | 0.1 | 27.22 | |
| | 3 | 0.12 | 67 | 50 | 3 | 0.12 | 44.64 | |
| | 3 | 0.25 | 18.12 | 50 | 3 | 0.25 | 8.46 | |
| | 3 | 0.5 | 29.68 | 50 | 3 | 0.5 | 4.86 | |
| | 100 | 1 | 0.01 | 123 | 100 | 1 | 0.01 | 70 |
| | | 1 | 0.05 | 93.25 | 100 | 1 | 0.05 | 41.47 |
| 1 | | 0.1 | 59 | 100 | 1 | 0.1 | 24.51 | |
| 1 | | 0.12 | 55 | 100 | 1 | 0.12 | 41.94 | |
| 1 | | 0.25 | 18.24 | 100 | 1 | 0.25 | 18.3 | |
| 1 | | 0.5 | 16.79 | 100 | 1 | 0.5 | 2.12 | |
| 2 | | 0.01 | 116.5 | 100 | 2 | 0.01 | 99 | |
| 2 | | 0.05 | 83.25 | 100 | 2 | 0.05 | 47.2 | |
| 2 | | 0.1 | 54 | 100 | 2 | 0.1 | 24.1 | |
| 2 | | 0.12 | 44.65 | 100 | 2 | 0.12 | 42.11 | |
| 2 | | 0.25 | 6.15 | 100 | 2 | 0.25 | 13 | |
| 2 | | 0.5 | 21 | 100 | 2 | 0.5 | 1.25 | |
| 3 | | 0.01 | 130 | 100 | 3 | 0.01 | 112 | |
| 3 | | 0.05 | 73 | 100 | 3 | 0.05 | 53 | |
| 3 | | 0.1 | 55 | 100 | 3 | 0.1 | 26.33 | |
| 3 | | 0.12 | 38.68 | 100 | 3 | 0.12 | 43.23 | |
| 3 | | 0.25 | 4.8 | 100 | 3 | 0.25 | 13.05 | |
| 3 | | 0.5 | 5.98 | 100 | 3 | 0.5 | 1.54 | |
| 150 | | 1 | 0.01 | 121.5 | 150 | 1 | 0.01 | 108 |
| | | 1 | 0.05 | 93 | 150 | 1 | 0.05 | 62 |
| | 1 | 0.1 | 45.33 | 150 | 1 | 0.1 | 27.54 | |
| | 1 | 0.12 | 35.07 | 150 | 1 | 0.12 | 41.93 | |
| | 1 | 0.25 | 0.28 | 150 | 1 | 0.25 | 10.48 | |
| | 1 | 0.5 | 22.06 | 150 | 1 | 0.5 | 2.95 | |
| | 2 | 0.01 | 111 | 150 | 2 | 0.01 | 120 | |
| | 2 | 0.05 | 99 | 150 | 2 | 0.05 | 39.84 | |
| | 2 | 0.1 | 45.55 | 150 | 2 | 0.1 | 25.57 | |
| | 2 | 0.12 | 34.25 | 150 | 2 | 0.12 | 43.6 | |
| | 2 | 0.25 | 2.78 | 150 | 2 | 0.25 | 10.83 | |
| | 2 | 0.5 | 46.26 | 150 | 2 | 0.5 | 2.8 | |
| | 3 | 0.01 | 121 | 150 | 3 | 0.01 | 122 | |
| | 3 | 0.05 | 86 | 150 | 3 | 0.05 | 48.71 | |
| | 3 | 0.1 | 56 | 150 | 3 | 0.1 | 25.93 | |
| | 3 | 0.12 | 35.25 | 150 | 3 | 0.12 | 45.7 | |
| | 3 | 0.25 | 0.58 | 150 | 3 | 0.25 | 8.34 | |
| | 3 | 0.5 | 54 | 150 | 3 | 0.5 | 4.27 | |

| Determinación de la velocidad y tiempo óptimo de coagulación (Velocidad Lenta) | | | | | | | |
|--|------------|--|----------------|---|------------|--------------------------|----------------|
| Gradiente de velocidad de coagulación (rpm) | Tiempo (s) | Dosis del coagulante SULFADO DE ALUMINIO | Turbidez (NTU) | Gradiente de velocidad de coagulación (rpm) | Tiempo (s) | Dosis del coagulante PAC | Turbidez (NTU) |
| 10 | 3 | 0.01 | 109 | 10 | 3 | 0.01 | 66 |
| | 3 | 0.05 | 91 | | 3 | 0.05 | 38.77 |
| | 3 | 0.1 | 61 | | 3 | 0.1 | 26.19 |
| | 3 | 0.12 | 55 | | 3 | 0.12 | 45.12 |
| | 3 | 0.25 | 10.35 | | 3 | 0.25 | 12.2 |
| | 3 | 0.5 | 18.7 | | 3 | 0.5 | 3.79 |
| | 4 | 0.01 | 102 | | 3 | 0.01 | 65 |
| | 4 | 0.05 | 88 | | 4 | 0.05 | 43.81 |
| | 4 | 0.1 | 59 | | 4 | 0.1 | 24.26 |
| | 4 | 0.12 | 54 | | 4 | 0.12 | 44.33 |
| | 4 | 0.25 | 14.62 | | 4 | 0.25 | 14.96 |
| | 4 | 0.5 | 35.17 | | 4 | 0.5 | 34.3 |
| | 5 | 0.01 | 111 | | 5 | 0.01 | 62 |
| | 5 | 0.05 | 107 | | 5 | 0.05 | 38.58 |
| | 5 | 0.1 | 67 | | 5 | 0.1 | 24.67 |
| 5 | 0.12 | 72 | 5 | 0.12 | 43.3 | | |
| 5 | 0.25 | 18.54 | 5 | 0.25 | 19.18 | | |
| 5 | 0.5 | 26.82 | 5 | 0.5 | 6.25 | | |
| 15 | 3 | 0.01 | 96 | 15 | 3 | 0.01 | 64 |
| | 3 | 0.05 | 65 | | 3 | 0.05 | 37.19 |
| | 3 | 0.1 | 62 | | 3 | 0.1 | 22.19 |
| | 3 | 0.12 | 35.6 | | 3 | 0.12 | 38.35 |
| | 3 | 0.25 | 0.15 | | 3 | 0.25 | 9.94 |
| | 3 | 0.5 | 28.51 | | 3 | 0.5 | 3.45 |
| | 4 | 0.01 | 86 | | 4 | 0.01 | 66 |
| | 4 | 0.05 | 59 | | 4 | 0.05 | 39.23 |
| | 4 | 0.1 | 44.89 | | 4 | 0.1 | 22.93 |
| | 4 | 0.12 | 32.69 | | 4 | 0.12 | 40.25 |
| | 4 | 0.25 | 1.43 | | 4 | 0.25 | 11.45 |
| | 4 | 0.5 | 25.29 | | 4 | 0.5 | 2.97 |
| | 5 | 0.01 | 91 | | 5 | 0.01 | 67 |
| | 5 | 0.05 | 61 | | 5 | 0.05 | 44.59 |
| | 5 | 0.1 | 44.66 | | 5 | 0.1 | 23.96 |
| 5 | 0.12 | 33.75 | 5 | 0.12 | 38.86 | | |
| 5 | 0.25 | 1.56 | 5 | 0.25 | 9.57 | | |
| 5 | 0.5 | 18.38 | 5 | 0.5 | 3.47 | | |
| 20 | 3 | 0.01 | 103 | 20 | 3 | 0.01 | 89 |
| | 3 | 0.05 | 75 | | 3 | 0.05 | 52 |
| | 3 | 0.1 | 42.86 | | 3 | 0.1 | 24.25 |
| | 3 | 0.12 | 30.53 | | 3 | 0.12 | 40.9 |
| | 3 | 0.25 | 3.42 | | 3 | 0.25 | 5.45 |
| | 3 | 0.5 | 26.47 | | 3 | 0.5 | 4.66 |
| | 4 | 0.01 | 91 | | 4 | 0.01 | 67 |
| | 4 | 0.05 | 59 | | 4 | 0.05 | 39.55 |
| | 4 | 0.1 | 43.59 | | 4 | 0.1 | 24.22 |
| | 4 | 0.12 | 31.15 | | 4 | 0.12 | 39.54 |
| | 4 | 0.25 | 3.12 | | 4 | 0.25 | 11.24 |
| | 4 | 0.5 | 20.74 | | 4 | 0.5 | 8.22 |
| | 5 | 0.01 | 76 | | 4 | 0.01 | 57 |
| | 5 | 0.05 | 57 | | 5 | 0.05 | 34.45 |
| | 5 | 0.1 | 39.36 | | 5 | 0.1 | 19.82 |
| 5 | 0.12 | 29.92 | 5 | 0.12 | 36.97 | | |
| 5 | 0.25 | 18.37 | 5 | 0.25 | 8.17 | | |
| 5 | 0.5 | 17.78 | 5 | 0.5 | 5.65 | | |

TIPOS DE CONTAMINANTES

CONTAMINANTES FISICOS

- 🔻 COLOR
- 🔻 TURBIDEZ
- 🔻 TEMPERATURA
- 🔻 CONDUCTIVIDAD

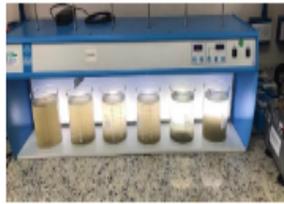


CONTAMINANTES QUIMICOS

- 🔻 NITRITO
- 🔻 NITRATO
- 🔻 AMONIO
- 🔻 FOSFORO

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son materiales disueltos y en suspensión los cuales provienen de las fuentes domésticas o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o fuentes hídricas



OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales a partir de la caracterización de las aguas servidas y prueba de tratabilidad, para conseguir un efluente que cumpla con la normativa ambiental vigente, en la parroquia de Pifo, Provincia de Pichincha

Objetivos Específicos

- Dar a conocer el manejo adecuado para el tratamiento de aguas residuales según la norma.
- Determinar los tipos de tratamientos de aguas residuales.



Universidad
Politécnica Salesiana
Parroquia de Pifo



TRATAMIENTO DE
AGUAS
RESIDUALES

FUENTES DE AGUAS NEGRAS

- ✦ Malos olores y sabores
- ✦ Acción tóxica
- ✦ Efectos Tóxicos



AGUAS RESIDUALES

Se dice que son aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por la calidad que tienen requiere de un tratamiento previo, antes de ser reusadas, y por último vertidas a un cuerpo de agua natural o descargadas al sistema de alcantarillado.

CLASIFICACIÓN

- Aguas residuales domesticas
- Industriales
- Pluviales



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales, también conocido como proceso de depuración, es un sistema utilizado para remover contaminantes del agua

TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS REISUDALES

Tratamiento Primario O Físico – Químico

- ✓ Cribado
- ✓ Coagulación
- ✓ Floculación
- ✓ Decantación o Flotación

Tratamiento Secundario o biológico

- ✓ Procesos Aerobios
- ✓ Procesos Anaerobios
- ✓ Procesos de Lodos Activados

