

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERAS AMBIENTALES

TEMA:
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN LA
POBLACIÓN DE SAN CARLOS, CANTÓN EL CHACO, PROVINCIA DE NAPO,
PARA SU DIMENSIONAMIENTO

AUTORAS:
MOLINA VILLAVICENCIO ANDREA ELIZABETH
MOYA ORTIZ MISHEL ESTEFANÍA

TUTOR:
ARAQUE ARELLANO EDUARDO ALBERTO MIGUEL

Quito, febrero del 2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, Molina Villavicencio Andrea Elizabeth con documento de identificación N° 172726168-5 y Moya Ortiz Mishel Estefanía con documento de identificación N° 0604575985, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN LA POBLACIÓN DE SAN CARLOS, CANTÓN EL CHACO, PROVINCIA DE NAPO, PARA SU DIMENSIONAMIENTO, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERAS AMBIENTALES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Molina Villavicencio Andrea Elizabeth
172726168-5



Moya Ortiz Mishel Estefanía
060457598-5

Quito, febrero 2022

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades físico químicas en la población de San Carlos, Cantón El Chaco, Provincia de Napo, para su dimensionamiento realizado por Andrea Elizabeth Molina Villavicencio y Mishel Estefanía Moya Ortiz, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, febrero 2022



Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano

170725309-0

DEDICATORIA

Con todo mi corazón dedico el presente proyecto primeramente a Dios por permitirme tener salud y por hacer posible este importante logro académico, también agradezco a mi madre Gladys Ortiz quien siempre me ha brindado su constante amor y apoyo, además ha sido un pilar fundamental para poder culminar una etapa más de mi vida, a pesar de las dificultades que se han ido presentando a lo largo de este trayecto, siempre me ha enseñado a salir adelante y a no rendirme.

Mi agradecimiento también está dirigido a mi padrastro Rodrigo Cárdenas, mis hermanos Ronald, Wendy y John por la fe que depositaron en mí, por poder contar con ellos siempre tanto en momentos buenos y malos, así como por su apoyo y cariño incondicional.

Mishel

Este trabajo es la culminación de un largo camino, con tramos simples y otros un tanto complicados, es por eso que con todo mi corazón, yo Andrea Elizabeth Molina Villavicencio dedico este logro a todas las personas que están a mi lado y que estuvieron desde el principio, a mis hermanos David y Luis, mis hermanas Margarita y Gabriela, quienes nunca me han dejado flaquear en ningún momento y han sido mi apoyo incondicional tanto físico como emocionalmente, a mi padre Luis Germán por toda su ayuda en este largo proceso, pero, sobre todo a mi madre Carmen Isabel Villavicencio, esta tesis es un logro que pudo ser llevado a cabo gracias a usted, no sé dónde estaría ahora sin todo el amor que nos brinda, no sé qué será de mi en el futuro pero si llego a ser al menos la mitad de buena persona de lo que usted fue puedo estar segura que lograré cualquier cosa, que podré llegar a cualquier lugar y cumplir cualquier meta que me proponga.

Gracias a todos, por creer en mí, por estar a mi lado dándome fuerzas, si no fuera por ustedes no hubiera logrado culminar con esta etapa de mi vida.

Andrea

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema	1
1.2 Delimitación	2
1.3 Pregunta de investigación	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 General	2
1.4.2 Específicos	3
1.5 Hipótesis:.....	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1 El agua.....	4
2.1.1 Aguas residuales	4
2.1.2 Fuentes de aguas residuales	5
2.1.3 Tipos de caudales que aportan a las aguas residuales.....	6
2.2 Importancia ecológica y sanitaria.....	6
2.3 Características de las aguas residuales	7
2.3.1 Características Físicas	7
2.3.2 Características Químicas.....	8
2.3.3 Características Biológicas	10
2.4 Tratamiento de aguas residuales	12
2.5 Objetivos del tratamiento de aguas residuales	13
2.6 Factores que influyen en la selección de los tratamientos de aguas residuales.....	13
2.7 Tipos de pretratamiento y tratamientos de aguas residuales.....	13
2.7.1 Pretratamiento	14
2.7.2 Tratamiento primario	14
2.7.3 Tratamiento secundario.....	15

2.7.4	Tratamiento terciario.....	16
2.8	Otros sistemas de tratamiento o depuración de las aguas residuales	16
2.8.1	Tanque séptico	16
2.8.2	Lagunas de estabilización	16
2.8.2.1	Lagunas aerobias.....	18
2.8.2.2	Lagunas anaerobias	18
2.8.2.3	Lagunas facultativas.....	18
2.8.2.4	Lagunas de maduración	18
2.9	Línea base.....	19
2.9.1	Ubicación de la zona del proyecto	19
2.9.2	Superficie del área del proyecto.....	19
2.9.3	Área de influencia	20
2.9.4	Información climática	20
2.9.5	Hidrografía.....	20
2.9.6	Demografía	21
2.9.7	Infraestructura y acceso a servicios básicos.....	22
2.9.8	Actividades económicas.....	23
2.9.9	Problematización en la Comunidad de San Carlos	23
2.10	Marco legal.....	24
2.10.1	Constitución de la Republica del Ecuador	24
2.10.2	Ley Orgánica de la Salud.....	25
2.10.3	Código Orgánico del Ambiente	26
2.10.4	Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso agua.....	27
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1	Muestreo.....	29
3.1.1	Materiales para la fase de muestreo	29
3.1.2	Materiales utilizados para el análisis de laboratorio	30

3.1.3 Equipos utilizados para la fase de análisis de laboratorio	31
3.2 Metodología	31
3.2.1 Fase de campo.....	31
3.2.2 Para el análisis en laboratorio	32
3.2.3 Mediciones realizadas en laboratorio:	33
3.3 Elementos de Diseño.....	37
3.3.1 Población actual	37
3.3.2 Población Futura	37
3.3.3 Dotación:.....	38
3.3.4 Selección del Método	39
3.4 Diseño de una Planta de tratamiento de aguas residuales	40
3.4.1 Diseño de un sistema de lagunas de estabilización.....	40
3.4.2 Cálculos de diseño	41
3.5 Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	44
3.5.1 Diseño del canal de entrada	44
3.5.2 Diseño de rejillas.....	46
3.5.3 Diseño del desarenador	49
3.5.4 Diseño del canal de Parshall	49
3.5.5 Diseño del floculador	51
3.5.6 Diseño del sedimentador.....	54
3.5.7 Diseño de la laguna anaerobia	56
3.5.8 Diseño de la Laguna Facultativa.....	61
3.5.9 Diseño de la laguna de maduración	65
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
4.1 Resultados para Análisis de Calidad de Agua.....	70
4.1.4 Resultados de la Prueba de Tratabilidad.....	73
4.2 Resultados del Dimensionamiento de Lagunas de Estabilización	78

4.2.1 Dimensionamiento del canal de entrada	78
4.2.2 Dimensionamiento de rejillas	79
4.2.3 Dimensionamiento Desarenador.....	79
4.2.4 Dimensionamiento Canal Parshall.....	79
4.2.5 Dimensionamiento Floculador	80
4.2.6 Dimensionamiento Sedimentador.....	80
4.2.7 Dimensionamiento Laguna Anaerobia	81
4.2.8 Dimensionamiento Laguna Facultativa	81
4.2.9 Dimensionamiento de la Laguna de Maduración	82
4.3 Valores finales del tratamiento físico-químico y biológico	82
4.4 Análisis económico técnico y social	83
4.4.1 Análisis Económico.....	83
4.4.2 Análisis Técnico	86
4.4.3 Análisis Social	87
4.5 Discusión de resultados.....	87
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1 Conclusiones	89
5.2 Recomendaciones.....	89
6 BIBLIOGRAFÍA:	91
7 ANEXOS:	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de pretratamiento de aguas residuales	14
Tabla 2: Métodos de tratamiento primario de las aguas residuales	15
Tabla 3: Tratamiento secundario de las aguas residuales	15
Tabla 4: Tratamiento terciario de las aguas residuales	16
Tabla 5: Proyección Demográfica 2010 – 2020 de la Parroquia Gonzalo Díaz de Pineda ...	21
Tabla 6: Impacto y niveles de contaminación en el entorno ambiental	23
Tabla 7: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	28
Tabla 8: Materiales para la toma de muestras de agua	30
Tabla 9: Materiales utilizados para el análisis en el laboratorio	30
Tabla 10: Equipos utilizados en el laboratorio para realizar el análisis de las muestras de agua	31
Tabla 11: Parámetros físico-químicos analizados para determinar su calidad	32
Tabla 12: Materiales, equipos y reactivos utilizados para la prueba de jarras.....	36
Tabla 13: Índice de Willcomb	37
Tabla 14: Dotaciones de agua, para los diferentes tipos de clima	38
Tabla 15: Relación DBO ₅ /DQO	39
Tabla 16: Proyección poblacional.....	41
Tabla 17: Datos de la estación meteorológica Lumbaqui.....	43
Tabla 18: Datos climatológicos de la Estación meteorológica Lumbaqui.....	43
Tabla 19: Magnitudes establecidas para el dimensionamiento del canal de Parshall.....	50
Tabla 20: Tiempo de sedimentación.....	54
Tabla 21: Datos de remoción de de DBO ₅ en lagunas anaerobias	59
Tabla 22: Resultados de los parámetros medidos in situ para la primera medición.....	70
Tabla 23: Resultados de los parámetros medidos in situ para la segunda medición	71

Tabla 24: Resultados de los parámetros medidos in situ para la tercera medición	71
Tabla 25: Resultados del análisis de sólidos en el agua residual	72
Tabla 26: Resultados del análisis microbiológico de agua residual para el parámetro coliformes fecales	72
Tabla 27: Resultados del análisis microbiológico de agua residual	73
Tabla 28: Resultados del análisis químico del agua residual.....	73
Tabla 29: Valores iniciales de la muestra de agua residual antes de iniciar con el tratamiento	74
Tabla 30: Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 1	74
Tabla 31: Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 2	75
Tabla 32: Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 3	75
Tabla 33: Datos iniciales.....	76
Tabla 34: Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 4	76
Tabla 35: Valores de la muestra de agua residual después del tratamiento.....	78
Tabla 36: Valores de la muestra de agua residual después del tratamiento para cada una de las jarras.....	78
Tabla 37: Dimensiones del Canal de entrada.....	78
Tabla 38: Dimensiones de las rejillas	79
Tabla 39: Dimensiones del Desarenador	79
Tabla 40: Dimensiones del Canal de Parshall	79
Tabla 41: Dimensiones del Floculador	80
Tabla 42: Dimensiones del Sedimentador	80
Tabla 43: Dimensiones de la Laguna Anaerobia	81
Tabla 44: Dimensiones de la Laguna Facultativa	81
Tabla 45: Dimensiones de la Laguna de Maduración.....	82

Tabla 46: Condiciones del agua residual después del tratamiento.	82
Tabla 47: Presupuesto de la PTAR.....	84
Tabla 48: Costo de tratamiento diario, mensual y por m ³	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona del proyecto	19
Figura 2: Mapa hidrográfico de la Comunidad San Carlos	21
Figura 3: Sistema de alcantarillo del Sector San Carlos.....	22
Figura 4: Mapa de ubicación del punto de muestreo.....	29
Figura 5: Ubicación propuesta para el proyecto	40
Figura 6: Canal de Parshall.....	50
Figura 7: Relación entre el tiempo y las partículas sedimentadas durante una hora	55
Figura 8: Relación entre el porcentaje de remoción y la dosis de coagulante.....	77
Figura 9: Porcentaje de remoción VS Concentración de coagulante	77
Figura 10: Área propuesta para la construcción de la PTAR	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Comunidad San Carlos	96
Anexo 2: Socialización inicial del proyecto	97
Anexo 3: Toma de muestras para su análisis.....	97
Anexo 4: Medición de parámetros in situ.....	99
Anexo 5: Evidencia Fotográfica del Análisis en Laboratorio	99
Anexo 6: Socialización final del proyecto.....	103
Anexo 7: Solicitud de la socialización inicial	104
Anexo 8: Solicitud de la socialización final	105
Anexo 9: Registro de asistencia a la socialización final del proyecto.....	106
Anexo 10: Resultado de los análisis físicos químicos y microbiológicos, Laboratorio CICAM	107
Anexo 11: Resultado de los análisis microbiológicos, Laboratorio de la Universidad Central	108
Anexo 12: Resultado de los análisis físicos químicos, Laboratorio de la Universidad Central	110
Anexo 13: Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	112
Anexo 14: Pretratamiento de la planta de tratamiento de agua residual	113
Anexo 15: Plano de la Comunidad San Carlos realizada en AutoCAD.....	114

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN LA POBLACIÓN DE SAN CARLOS, CANTÓN EL CHACO, PROVINCIA DE NAPO, PARA SU DIMENSIONAMIENTO” tiene como objetivo el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Comunidad de San Carlos, parroquia Gonzalo Díaz de Pineda, con el fin de reducir la contaminación ambiental a los cuerpos de agua circundantes y asegurar un correcto tratamiento anterior a su descarga.

Para establecer el método correcto de tratamiento se determinó primero el índice de biodegradabilidad, en donde se pudo evidenciar que el agua residual a tratar tiene una característica de ser muy biodegradable, por lo cual se indica que el tratamiento biológico adecuado es de tipo secundario, es decir, lagunas de estabilización.

Tras realizar un análisis físico químico y microbiológico se procedió a dimensionar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), así como un esquema general para la comunidad de San Carlos, que consta de la elaboración de planos donde se visualizan: un canal de entrada que consta de rejillas, desarenador, canal de Parshall, floculador, sedimentador; y. una segunda parte que corresponde al sistema de lagunaje que consta de una laguna anaerobia, una facultativa y una de maduración. Logrando así la reducción notable del parámetro DBO_5 y coliformes fecales desde sus valores iniciales a unos por debajo del límite máximo permisible establecido.

Finalmente se realizó un análisis técnico y socioeconómico donde se determinaron costos aproximados para la construcción, puesta en operación de la planta y el mantenimiento de la misma, el cual fue socializado con los miembros de la comunidad.

Palabras clave: agua residual, límite permisible, biodegradabilidad, planta de tratamiento, lagunas de estabilización.

ABSTRACT

The present research work entitled "Design of a wastewater treatment plant and determination of the physical and chemical properties in the town of San Carlos, Canton El Chaco, Napo Province, for its sizing" aims to design a wastewater treatment plant for the community of San Carlos, Gonzalo Diaz de Pineda parish, in order to reduce environmental pollution to the surrounding water bodies and ensure proper treatment prior to discharge.

To establish the correct treatment method, the biodegradability index was first determined, where it became evident that the wastewater to be treated is highly biodegradable, which indicates that the appropriate biological treatment is of the secondary type, i.e., stabilization ponds.

After conducting a physical, chemical and microbiological analysis, we proceeded to dimension the Wastewater Treatment Plant (WWTP), as well as a general scheme for the community of San Carlos, which consists of the development of plans where we visualize: an inlet channel consisting of grids, sand trap, Parshall channel, flocculator, settler; and a second part corresponding to the lagooning system consisting of an anaerobic lagoon, a facultative lagoon and a maturation lagoon. Thus, the BOD5 and fecal coliforms parameters were significantly reduced from their initial values to values below the maximum permissible limit established.

Finally, a technical and socioeconomic analysis was carried out to determine the approximate costs for the construction, start-up, and maintenance of the plant, which was socialized with the community members.

Key words: wastewater, allowable limit, biodegradability, treatment plant, stabilization ponds.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

pH: Potencial de Hidrógeno

OD: Oxígeno Disuelto

T: Temperatura

°C: Grado Centígrado

NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez

ST: Sólidos Totales

SSed: Sólidos Sedimentables

m³: Metro Cúbico

mg: Miligramos

L: Litro

mL: Mililitro

V: Volumen

g: Gramos

hab: Habitante

ha: Hectárea

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

En la actualidad en la comunidad San Carlos se produce la contaminación del Río Alto Coca debido a que las aguas servidas de la población son vertidas al río sin ningún tipo de tratamiento.

De acuerdo con (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013) se afirma lo siguiente:

Las diferentes actividades que realiza el ser humano alteran la naturaleza del agua, provocando la contaminación de esta inutilizándola para actividades como agricultura, pesca, etc. La falta de plantas de tratamiento de aguas residuales ha resultado en la pérdida de las condiciones naturales para que los cuerpos de agua proporcionen suficiente vida acuática. Por tal razón es fundamental garantizar un correcto tratamiento para su reutilización. El tratamiento aguas residuales ofrece beneficios tanto para el medio ambiente como para la salud de los humanos, el tratamiento de las aguas residuales genera subproductos como los nutrientes y biogás estos subproductos pueden ser de utilidad para los agricultores. (p. 19)

La población de San Carlos no cuenta con un adecuado sistema de tratamiento para descarga de aguas servidas, por tal motivo se requiere realizar las investigaciones necesarias para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que tienen como objetivo disminuir la contaminación de las aguas residuales y que estas se encuentren dentro de la normativa de descarga de efluentes para preservar el medio ambiente y poseer mayor disponibilidad de este recurso.

La PTAR tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los residentes de San Carlos, cantón El Chaco ya que brindará el acceso a dicho recurso y por lo tanto podrán utilizarlo para sus diferentes actividades como agricultura, ganadería, riego, etc.

Una vez que las aguas residuales son tratadas y están dentro de los límites permisibles pueden ser fácilmente descargadas en los cuerpos de agua ya que no van a alterar los ecosistemas naturales, se disminuirá la contaminación y el riesgo para la salud humana se va a mitigar. Una vez argumentado la necesidad de la población de acceder a un sistema de tratamiento de aguas residuales, es importante realizar este proyecto ambiental, que busca dar solución al problema mediante el diseño una PTAR.

1.2 Delimitación

La comunidad de San Carlos se encuentra ubicada, en la parroquia Gonzalo Díaz de Pineda, en el cantón El Chaco provincia del Napo, limita al Norte por la comunidad de San Luis, al Sur por la Comunidad El salado, al este por la comunidad de Piedra Fina y al oeste por la comunidad Santa Rosa. El lugar de ubicación de la Planta de Tratamiento es en los límites de la comunidad al final de la calle Rio Malo a una cuadra del puente peatonal sobre el Río Alto Coca. (GAD Municipal del Cantón El Chaco , 2020)

1.3 Pregunta de investigación

¿Con la propuesta de tratamiento de aguas servidas en la comunidad San Carlos del Cantón el Chaco, se lograría llegar a los parámetros límites de acuerdo cómo lo estipula la normativa ambiental aplicable?

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Población de San Carlos, Cantón El Chaco, Provincia de Napo.

1.4.2 Específicos

- Objetivo Específico 1: Determinar la calidad de agua mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- Objetivo Específico 2: Dimensionar las unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Objetivo Especifico 3: Realizar el estudio de sostenibilidad económico, técnico y social.

1.5 Hipótesis:

Mediante la implementación de la Planta de Tratamiento, la evacuación de las aguas servidas producidas en la Comunidad San Carlos, se realizarán en una forma segura y tratada hacia el Río Alto Coca, cumpliendo con los estándares de la normativa ambiental, de manera que no afecten las actividades ecoturísticas y la salud de la comunidad.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 El agua

El agua es un líquido necesario para la vida de los organismos vivos del planeta, tiene propiedades únicas, participa en la regulación del clima global y cubre más del 70% de la superficie del planeta la podemos encontrar en los océanos, ríos, lagos, lagunas, etc.

Según (UNESCO, 2017) en todo el mundo, 1000 millones de personas sufren escasez de agua. El agua potable y el saneamiento son factores importantes para garantizar la salud de las personas y protegerlas de diversas enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, el tifus, la hepatitis, la poliomielitis, el tracoma, los parásitos, entre otros (p. 10).

El deterioro de la calidad del agua ha creado un problema ambiental importante, causado por la descarga incontrolada de aguas residuales sin un previo tratamiento y van de la mano con prácticas agrícolas deficientes, existen varias actividades como la minería, las industrias de extracción, la contaminación atmosférica que contribuyen al deterioro de esta. Los efectos del agua contaminada conducen a la pérdida de ecosistemas acuáticos, así como el riesgo de infección humana y pérdida de la capacidad productiva de los suelos regados con agua contaminada.

Según (Escobar y Schäfer, 2010) en su libro afirma que casi todos los usos del agua pueden contaminar el recurso y convertirlo en no disponible para otros usos, lo que hace indispensable un tratamiento (p. 255), dando lugar a la creciente demanda de agua la cual ha ejercido presión sobre nuestro medio ambiente, y ha provocado la extinción de especies de agua dulce, así como la pérdida de biodiversidad.

2.1.1 Aguas residuales

Según la reforma al TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA). Libro VI, Anexo I de la Calidad Ambiental, las aguas residuales son aquellas que tiene composición variada

provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 287).

2.1.2 Fuentes de aguas residuales

El agua residual (AR) se forma de manera continua, se compone por el agua que usamos para satisfacer una necesidad humana pudiendo ser doméstica, industrial, agrícola, entre otras y por sólidos que logran entrar en las tuberías y que se transportan por los sistemas de alcantarillado. La composición de las aguas residuales es un 99% agua y 1% sólidos suspendidos o sólidos disueltos, los cuales debido a sus características pueden ser orgánicos (nitrogenados y no nitrogenados) e inorgánicos (sulfato, carbonato, nitrógeno, fósforo, cloruros, zinc, mercurio, cromo, cadmio, y cobre). Las aguas residuales se caracterizan por contener grandes concentraciones de patógenos (Romero, 2010, p. 17).

De acuerdo con (Romero, 2010) encontramos diferentes tipos de aguas residuales, entre ellas se tiene:

- Aguas residuales domésticas (ARD): son aquellas que resulta de los líquidos de las viviendas, edificios, centros comerciales e instituciones.
- Aguas residuales municipales (ARM): son aguas que se transportan por el sistema de alcantarillado de una determinada ciudad y son tratadas en una planta de tratamiento municipal
- Aguas residuales industriales (ARI): provienen generalmente de las descargas de industrias de manufactura

- Aguas negras: son aguas procedentes de inodoros, transportan excrementos humanos y orina, estas aguas contienen gran cantidad de sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- Aguas grises: se forman en las duchas, lavamanos, lavadoras y contienen DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales (p. 18).

2.1.3 Tipos de caudales que aportan a las aguas residuales

Como expresa (Metcalf y Eddy, 2014) los caudales medios de las aguas residuales ya sean domésticas o industriales, y de los ríos, así como los caudales afluentes y de entrada no controlados, es un dato muy importante antes de diseñar la red de saneamiento y las plantas de tratamiento

Aguas residuales industriales: el volumen de aguas residuales industriales generadas en diferentes industrias depende del tipo y tamaño del centro industrial, el grado de reutilización del agua y el tratamiento primario del agua utilizada en el caso de que exista alguno son factores de los cuales depende un caudal.

Aguas domésticas: Aguas residuales domésticas constituyen los líquidos provenientes de las viviendas, edificios de zonas comerciales. (Metcalf y Eddy, 2014, p. 17)

Aguas pluviales: Esta agua es de escorrentía (Bermeo, 2016).

2.2 Importancia ecológica y sanitaria

Como señala (Espigares y Pérez, 2010) las aguas residuales constituyen la razón y medio de contaminación en lugares donde se vierten sin tratamiento previo, ya que contienen sustancias nocivas y microorganismos patógenos.

Con el crecimiento de la población, la contaminación también aumenta debido a la diversidad de contaminantes que provienen de las actividades agrícolas, industriales, comerciales y urbanas, y el ser humano no se preocupa por reparar lo que destruye. Hay que tener claro que muchas de estas sustancias contaminantes provocan alteraciones en los organismos vivos, y en el ser humano provoca enfermedades crónicas como el cáncer, debido a la exposición a ciertas sustancias por largos periodos de tiempo (pp. 320-321).

2.3 Características de las aguas residuales

2.3.1 Características Físicas

Citando a (Metcalf y Eddy, 2014), tenemos lo siguiente:

Las propiedades físicas más importantes son el contenido de sólidos totales, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbidez.

- **Sólidos Totales**

Es la materia que se obtiene como residuo después de haber expuesto el agua residual a evaporación entre 103°C y 105°C. estos sólidos se clasifican en filtrables y no filtrables.

- **Sólidos sedimentables**

Son aquellos que descienden por el cono Imhoff, esto se da por acción de la gravedad, se expresa en ml/l, indica la cantidad de lodo que se logrará remover mediante sedimentación primaria.

- **Sólidos disueltos**

Son sólidos que quedan aún en el agua residual después de haber filtrado una muestra de esta, para ser eliminados se requiere de procesos de oxidación biológica o coagulación. (p. 68)

- **Sólidos suspendidos**

Son aquellos sólidos retenidos en el papel filtro luego de haber pasado por un proceso de filtración (Ronquillo, 2016, p. 88).

- **Turbiedad**

Este parámetro mide la transmisión de luz del agua, cuanto menos turbia sea el agua, mayor será la calidad del agua, y se produce al dispersar coloides que absorben la luz o bloquean la transmisión de la luz (Metcalf y Eddy, 2014, p. 68).

- **Temperatura**

Por lo general en las aguas residuales este parámetro siempre es superior al agua de consumo humano. Su temperatura esta entre 10°C y 21°C, estas altas temperaturas ocasionan daño sobre las aguas receptoras incluso puede llegar a modificar la flora y fauna de esta, en algunos casos puede agotar el oxígeno disuelto (Espigares y Pérez, 2010, p. 326).

- **Olor**

Este parámetro surge debido a los gases que se libera durante la descomposición de la materia orgánica, el agua residual tiene un olor desagradable, en algunos casos los olores que producen las aguas residuales hacen que las personas rechacen proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (Romero, 2010, p. 56).

- **Color**

El color típico del agua residual es gris debido a la presencia de elementos tales como desechos domésticos y desechos industriales, pero cuando se transfiere al alcantarillado, el color se torna gris oscuro (Romero, 2010, p. 56).

2.3.2 Características Químicas

- **Materia orgánica**

Tal como menciona (Espigares y Pérez, 2010) la materia orgánica corresponde a una tercera parte de los elementos de las aguas residuales, entre estos podemos tener:

- ~ Proteínas (40%-60%)
- ~ Carbohidratos (25%-50%)
- ~ Grasas y aceites (10%)

Otros compuestos importantes son azúcares, glucosa, lactosa, sacarosa, fructosa y ácidos como el acético, propiónico, butírico, y cítrico. (p. 338)

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Este es un parámetro muy indispensable para analizar y se utiliza para medir la calidad del agua, también permite medir el oxígeno disuelto que consumen los microorganismos y para que estos puedan oxidar la materia orgánica (Espigares y Pérez, 2010, p. 338).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Ese parámetro es ampliamente utilizado para medir el contenido de materia orgánica presente en las aguas residuales que contengan compuestos tóxicos para la vida, la DQO del agua residual es mayor que la DBO, esto se debe a que la cantidad de sustancias oxidables por vía química es mayor frente a la biológica (Metcalf y Eddy, 2014, p. 26).

- **Oxígeno disuelto**

Es indispensable para la vida acuática, y si este disminuye la capacidad de autodepuración de las aguas va a disminuir también. Este parámetro es un excelente indicador de la calidad de agua (Romero, 2010, p. 59).

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

Este parámetro es indispensable evaluar para tomar una decisión y saber que tratamiento es el adecuado para tratar el agua residual, su rango recomendado es entre 6.5 – 8.5, el agua que contiene concentraciones no idóneas de pH presenta diversos problemas a la

hora de realizar tratamientos con procesos biológicos, además de modificar la composición y la vida biológica del agua natural (Romero, 2010, p. 61).

- **Alcalinidad**

Mide la cantidad de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos presentes en las aguas residuales, pudiendo ser neutralizados con calcio, magnesio, amoníaco y otros (Ronquillo, 2016, p. 127).

- **Nitrógeno**

Este elemento se encuentra en el agua residual en forma de urea y proteínas, mismos que son degradados por bacterias que lo transforman en amonio, el cual resulta toxico para algunos microorganismos. Este elemento también contribuye a la escasez de oxígeno y por consiguiente a la eutrofización de las aguas receptoras (Espigares Pérez, 2010).

- **Fósforo**

En las aguas residuales se encuentra en forma de ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico, entra al agua por medio de los detergentes que comúnmente utilizamos, también contribuye al proceso de eutrofización (Ronquillo, 2016, p. 105).

- **Metales pesados**

El níquel, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio son necesarios para la vida, el problema ocurre cuantos estos elementos alcanzan concentraciones super altas, ya que se vuelven tóxicos y se acumulan en organismos acuáticos (Ronquillo, 2016, p. 113).

2.3.3 Características Biológicas

En el agua residual encontramos diversos microorganismos que poseen la capacidad de descomponer la materia orgánica y que a su vez sirven como indicadores de calidad del agua (López, et al, 2017).

- **Bacterias**

En las aguas residuales predominan las siguientes especies: *Escherichiam*, *Salmonella*, *Streptococos fecales*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Aeromas*, *Serratia*, *Clostridium*, *Nocardia*, *Achromobacter*, *Nitrosomonas*, etc.

Las bacterias coliformes se utilizan como un indicador de la contaminación de los desechos humanos, alrededor de 100 000 a 400 000 millones de coliformes por día son excretados por una persona en las heces, junto con otras bacterias (Espigares y Pérez, 2010).

- **Virus**

Proceden de los excrementos de una persona o animal infectado, y se absorben de los sólidos y partículas fecales de tal forma que pueden persistir en las aguas residuales durante mucho. Entre ellos tenemos: *Poliovirus*, *Virus Echo*, *Coxsackievirus A y E*, *Virus de la hepatitis*, *Agente de Norwalk*, *Rotavirus*, *Reovirus*, *Parvovirus*.

Estos virus son resistentes a algunos métodos de tratamiento de aguas residuales y representan un peligro inminente para el agua receptora. En el tratamiento del agua, los virus se adsorben en la superficie de los bloques para separarlos de las aguas residuales, pero no se inactivan y quedan algunos. aguas residuales y representa una amenaza permanente para la salud pública (López, et al, 2017).

- **Algas**

Crecen debido a que en las aguas residuales se encuentran cantidades de fósforo y nitrógeno, representan un serio problema debido a que pueden crecer y dar lugar a la eutrofización (López, et al, 2017). Este hecho ocurre por las siguientes algas: *Anacystis*, *Anabaena*, *Gleocystis*, *Spirogyra*, *Chiorella*, *Euglena*, *Phormidium*.

- **Protozoos**

Estos organismos son esenciales en los procesos de tratamiento biológico, especialmente en filtros de goteo y lodos activados, ya que tienen la capacidad de eliminar las bacterias suspendidas en el agua al no sedimentar.

Entre los principales protozoos que se encuentran en AR tenemos: amebas, flagelados, ciliados fijos y libres (López, et al, 2017).

- **Hongos**

En su mayoría son aerobios estrictos, tienen la capacidad de tolerar un pH con valores muy bajos y su demanda de nitrógeno es igualmente baja (Espigares y Pérez, 2010). Entre ellos tenemos: *Geotrichium*, *Mucor*, *Aureobasidium*, *Subbaromyces*, *Fusarium*, *Sepedonium*

2.4 Tratamiento de aguas residuales

Como dice (Bermeo, 2016), las aguas generadas de los procesos industriales requieren un tratamiento antes de su descarga. En la etapa inicial por lo general predomina los fenómenos físicos, que corresponden a las operaciones unitarias, luego se utiliza procesos químicos y biológicos, conocidos como procesos unitarios para eliminar los sólidos suspendidos, usualmente se realiza una combinación de procesos y operaciones unitarias. Las aplicaciones de estos darán lugar a los tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios (p. 176).

Tratamiento según biodegradabilidad: Según (Osorio, et al, 2014), “los tratamientos según su biodegradabilidad se dividen en 2 grandes grupos: si el agua es biodegradable generalmente se utilizan tratamientos biológicos y si no es biodegradable o parcialmente biodegradable, se utilizan los tratamientos de oxidación avanzado para eliminar los contaminantes” (p. 212).

2.5 Objetivos del tratamiento de aguas residuales

De acuerdo con (Bermeo, 2016) expresa que entre los objetivos del tratamiento de las aguas residuales se tiene los siguientes:

- Reducir la carga orgánica de los efluentes en términos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) o demanda química de oxígeno (DQO).
- Remover o reducir los nutrientes: N, P, a fin de evitar la infiltración en el subsuelo que contamine las aguas subterráneas o evitar el crecimiento acelerado de las algas que podrían ocasionar problemas de eutrofización en las aguas receptoras.
- Remover o inactivar a los organismos patógenos, incluyendo las formas parasitarias (huevos de helmintos, quistes de protozoarios, etc.).
- Cumplir con las normas o reglamentos legales que permiten el uso de las aguas residuales, vertimientos a la red de alcantarillado a las fuentes de agua o aguas marinas.

2.6 Factores que influyen en la selección de los tratamientos de aguas residuales

Los factores que influyen en la selección según (Bermeo, 2016) son:

- a) Las características físicas, química y biológicas del agua residual.
- b) La calidad del efluente requerido a la salida.
- c) La disponibilidad de terrenos para aplicar ciertos tratamientos biológicos, como lagunas de estabilización.
- d) Prever futuras ampliaciones y de los límites máximos permisibles de descargas según leyes en el futuro.

2.7 Tipos de pretratamiento y tratamientos de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos que se integran con el objetivo de limpiar las

AR, hasta lograr que esta se encuentre por debajo de los límites máximos permisibles para su descarga o a su vez su aprovechamiento.

2.7.1 Pretratamiento

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos que se integran con el objetivo de limpiar las AR, hasta lograr que esta se encuentre por debajo de los límites máximos permisibles para su descarga o a su vez su aprovechamiento (pp. 194-197).

Tabla 1:

Tipos de pretratamiento de aguas residuales

PRETRATAMIENTO
Cribado
Dilaceración
Desarenado
Desengrasado
Homogeneización

Nota: En la presente tabla se describe los diferentes tipos de pretratamiento de las aguas residuales, para que ayuden a descontaminar las mismas y puedan ser vertidas a un cuerpo de agua receptor. Tomado de: (Bermeo, 2016)

2.7.2 Tratamiento primario

“Elimina sólidos en suspensión, excepto coloides. Durante el tratamiento inicial se eliminan del 60% al 70% del total de sólidos en suspensión y hasta el 30% de la DBO” (Bermeo, 2016, p. 201).

Tabla 2:*Métodos de tratamiento primario de las aguas residuales*

TRATAMIENTO PRIMARIO	
Químico	Físico
Coagulación	Sedimentación
Neutralización	Floculación
	Flotación
	Filtración

Nota: La presente tabla describe el tratamiento primario, tanto el tratamiento químico como físico de las aguas residuales. Tomado de (Bermeo, 2016)

2.7.3 Tratamiento secundario

“En este proceso se incluyen procesos biológicos en los cuales predominan las reacciones bioquímicas que se generan por acción de los microorganismos, se logra una remoción de DBO de entre 50% y 95%” (Bermeo, 2016, p. 203).

Tabla 3:*Tratamiento secundario de las aguas residuales*

TRATAMIENTO SECUNDARIO	
Lodos activados	Estabilización por lagunaje
Aireación prolongada (Proceso de oxidación total)	Filtros biológicos
Estabilización por contacto	Biodiscos
Otras modificaciones de sistema convencional de lodos activados: aireación de fases, mezcla completa, aireación descendente, alta carga, aireación con oxígeno puro.	Tratamientos anaerobios
Lagunaje con aireación	

Nota: En la presente tabla se describen los principales métodos secundarios de depuración de las aguas residuales. Tomado de: (Bermeo, 2016).

2.7.4 Tratamiento terciario

“Este tratamiento busca remover nutrientes como el nitrógeno y fósforo, de esta manera se evita que la descarga del agua residual ocasiona eutrofización y como consecuencia disminuya el oxígeno disuelto y afecte la vida acuática” (Bermeo, 2016, p. 205).

Tabla 4:

Tratamiento terciario de las aguas residuales

TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO	
Micro tamizado	Osmosis inversa
Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas)	Electrocoagulación
Precipitación y coagulación	Cloración y ozonización
Adsorción (carbón activado)	Proceso de reducción de nutrientes
Intercambio iónico	Otros

Nota: En la presente tabla se describen algunos de los principales métodos terciarios de depuración de las aguas residuales. Tomado de (Bermeo, 2016)

2.8 Otros sistemas de tratamiento o depuración de las aguas residuales

2.8.1 Tanque séptico

(Mercado, 2017) describe que “este tipo de tratamiento se utiliza en localidades que no cuentan con servicio de alcantarillado. Su finalidad es crear estabilidad hidráulica que permita una sedimentación por gravedad de las partículas pesadas” (p. 84).

2.8.2 Lagunas de estabilización

Tal como lo hace notar (Mercado, 2017), las lagunas de estabilización forman una opción factible para tratar las aguas residuales porque forman sistemas de tratamiento simples, están constituidas por excavaciones poco profundas en donde se almacena el agua con largos periodos de retención, los climas tropicales favorecen al proceso de tratamiento, poseen una operación sencilla, su construcción resulta

económica comparada con otros sistemas de tratamiento de aguas residuales y para su operación se necesita de poco personal.

Este tipo de sistemas tiene como finalidad remover la materia orgánica de las aguas residuales, remover nutrientes como nitrógeno y fosforo y eliminar organismos patógenos. Se clasifican en aerobias, anaerobias, facultativas y de maduración. (p. 85)

En el trabajo actual, después de analizar varias alternativas de tratamiento de aguas residuales, se ha determinado que el método más adecuado para San Carlos es el tratamiento por medio de lagunas de estabilización, esto debido a que los sistemas de lagunaje representan una opción factible para el tratamiento de aguas residuales, proporcionando las condiciones necesarias y que favorecen a dicho tratamiento.

(Cortés, Treviño, et al, 2017) describe algunas de las ventajas que proporciona los sistemas de lagunaje y estas son:

- Poseen bajos costos en lo que respecta a operación y mantenimiento.
- Son fáciles de construir operar y mantener ya que no requieren de personal altamente calificado.
- Remueven una gran cantidad de materia orgánica, sólidos y patógenos.
- No se manejan con energía eléctrica.
- Una vez que las aguas están tratadas, pueden ser reutilizadas en la agricultura (p. 6).

Tomando en cuenta estas ventajas, y, considerando que la Comunidad de San Carlos es un área semi rural que cuenta con un área ideal para la construcción de lagunas, se ha decido juntamente con las autoridades del sector (GAD parroquial), aplicar un sistema de lagunas de estabilización como método para el tratamiento de sus aguas residuales.

Para este proyecto se ha considerado la implementación en serie, en donde los sistemas de tratamiento van seguidos uno a continuación de otro, es decir, laguna anaerobia, laguna facultativa y laguna de maduración.

2.8.2.1 Lagunas aerobias

Como dice (Cortés, Treviño, et al, 2017), estas lagunas aceptan aguas residuales pretratadas y por lo tanto contienen pocos sólidos en suspensión, y la descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo por la actividad de bacterias aeróbicas que consumen oxígeno.

2.8.2.2 Lagunas anaerobias

Gracias a la acción de las bacterias anaerobias, la eficacia de la biodegradación depende del tiempo de retención hidráulica, y el objetivo de estas lagunas es retener la mayor parte de la materia en suspensión, que se acumula o se adhiere a la capa de lodos acumulados en el fondo y eliminar parte de la materia orgánica.

Para este tipo de lagunas se necesita de las siguientes condiciones: no contener oxígeno disuelto y una temperatura mayor a 15°C.

2.8.2.3 Lagunas facultativas

Son aquellas que poseen una zona aerobia y una zona anaerobia, y la finalidad de crear estas lagunas es estabilizar la materia orgánica en el ambiente oxigenado que proporcionan las algas existentes y así obtener aguas residuales de la mayor calidad posible, y lograr una alta estabilidad de materia orgánica y una evidente reducción de nutrientes y coliformes fecales.

2.8.2.4 Lagunas de maduración

Está diseñado para reducir la cantidad de coliformes en las heces hasta que cumpla con el estándar de descarga del agua residual en los cuerpos receptores.

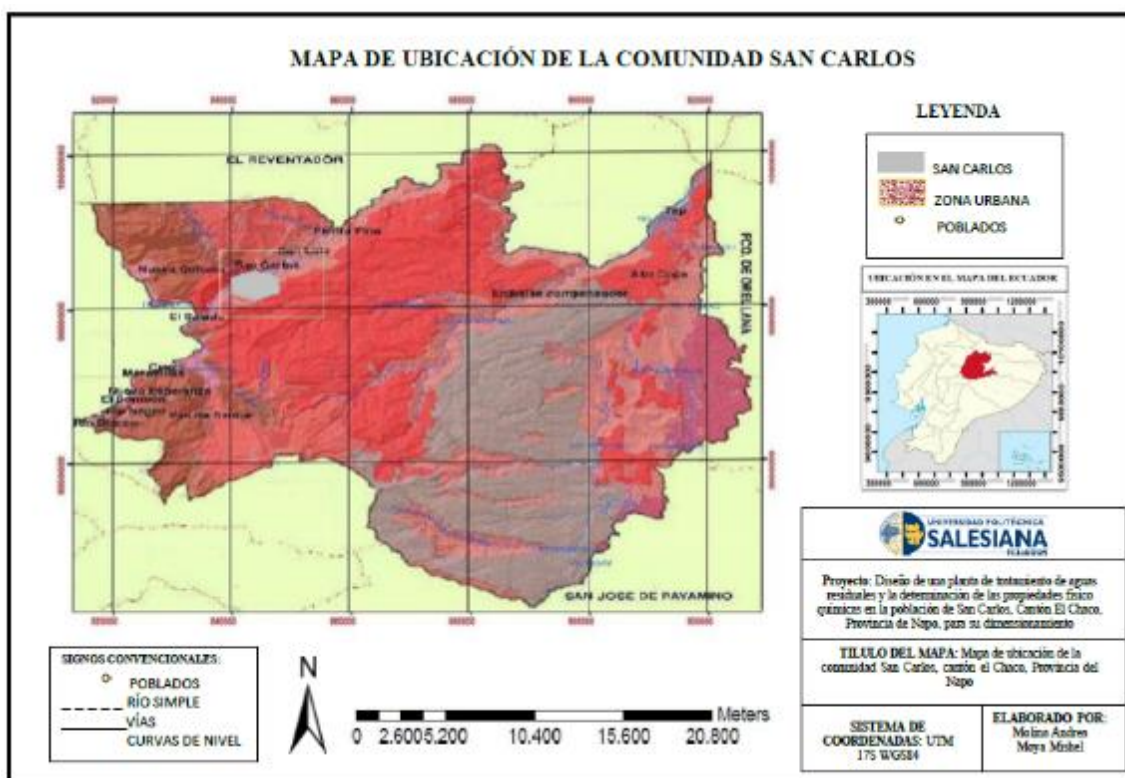
Además, ayudan a la nitrificación del nitrógeno amoniacal, eliminan ciertos nutrientes y clarifican el efluente (pp. 12-15).

2.9 Línea base

2.9.1 Ubicación de la zona del proyecto

La comunidad de San Carlos se encuentra ubicada, en la parroquia Gonzalo Díaz de Pineda, en el cantón El Chaco provincia del Napo, se encuentra limitado al Norte por la comunidad de San Luis, al Sur por la Comunidad El salado, al este por la comunidad de Piedra Fina y al oeste por la comunidad Santa Rosa.

Figura 1: Ubicación de la zona del proyecto



Nota: El mapa muestra la ubicación de la comunidad San Carlos, lugar en donde se realiza el presente proyecto. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

2.9.2 Superficie del área del proyecto

Según datos del censo de 2010, la comunidad de San Carlos tiene una superficie aproximada de 653.13 Km², y una densidad poblacional de 0.28 habitantes por Km².

Las proyecciones realizadas por la Secretaría de Planificación y Desarrollo la población oficial registrada para la Comunidad en 2015 fue de 168 habitantes (INEC, 2020).

2.9.3 Área de influencia

De acuerdo con la Actualización Del Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Gonzalo Díaz De Pineda el área poblada correspondiente a la comunidad en el año 2008 correspondía a 31.89 Ha y desde el año 2014 incrementó a 230.13 Ha, dicho incremento se produjo a causa de la apertura de nuevos barrios, centros poblados y vías de acceso construidas como parte del proyecto Coca Codo Sinclair (ITECPRO CONSULTING C.A., 2019, p. 127).

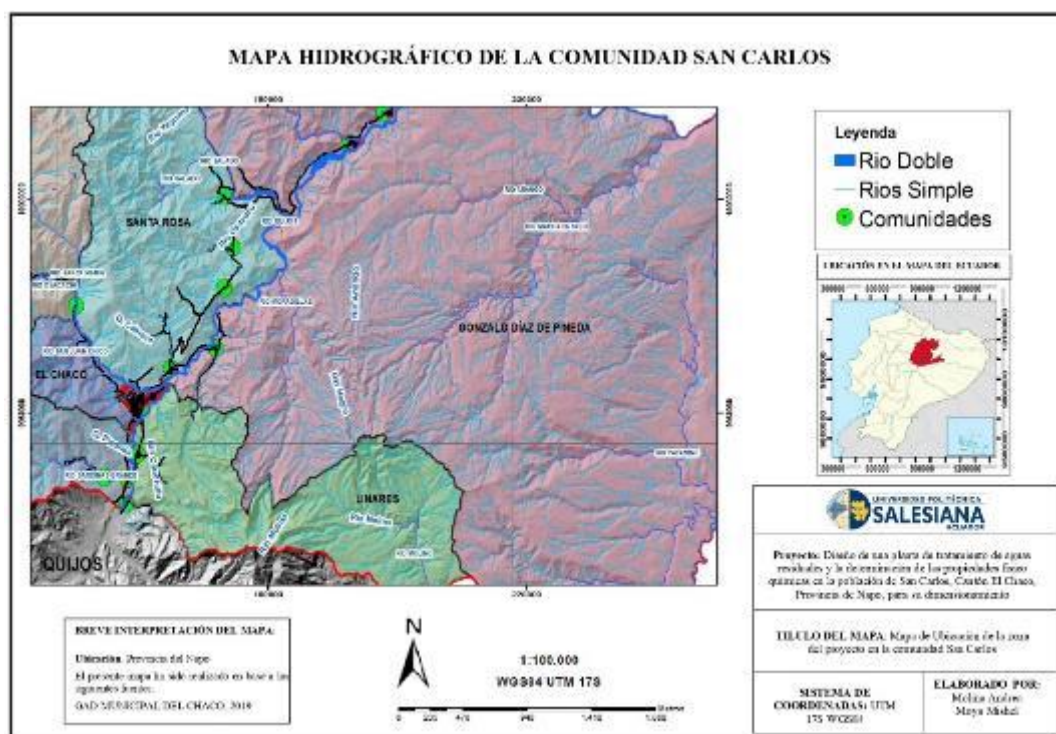
2.9.4 Información climática

El cantón el Chaco no cuenta con una estación meteorológica, por lo cual se toma de referencia la información generada por la estación más cercana (Lumbaqui y Baeza), La temperatura puede ascender desde los 16°C hasta un máximo de 23°C. esta PTAR se diseñó para una temperatura promedio de 19.5°C (INAMHI, 2019).

2.9.5 Hidrografía

El cantón el chaco, en la provincia del Napo, y en especial la zona que corresponde a la comunidad de San Carlos, cuenta con una red hidrográfica que está compuesta por cuenca del Rio Napo, subcuencas del Rio Aguarico, Rio Bueno, Rio Coca y Rio Payamino. La mayor cantidad de microcuencas pertenecen a la subcuenca del Rio Coca y Payamino (ITECPRO CONSULTING C.A., 2019).

Figura 2: Mapa hidrográfico de la Comunidad San Carlos



Nota: La imagen muestra la ubicación de los ríos cerca de la ubicación de la comunidad San Carlos. Fuente: PDOT Cantón el Chaco (GAD Municipal del Cantón El Chaco, 2020). Elaborado por: Molina y Moya, 2021

2.9.6 Demografía

Según el INEC- Censo de Población y Vivienda del 2010 (INEC, 2020), “la población de la comunidad San Carlos era de 146 habitantes, según el pronóstico del INEC para el 2021 serán 209 personas, lo que se considera un crecimiento poblacional del 13,92%”.

Tabla 5:

Proyección Demográfica 2010 – 2020 de la Parroquia Gonzalo Díaz de Pineda

AÑO	No. HABITANTES PROYECCION REFERENCIAL
2010	146
2015	168
2021	209

Nota: La tabla muestra el crecimiento poblacional de la parroquia Gonzalo Díaz de Pineda desde el año 2010 hasta el 2021. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

2.9.7 Infraestructura y acceso a servicios básicos

Para la comunidad de San Carlos el servicio de agua a las viviendas corresponde al 46% de quebradas, acequias, agua o canales provenientes de ríos, lo que se conoce como agua potable, el 42% de viviendas que reciben agua a través del servicio de red pública y el 12% proveniente de agua pluvial almacenada En tanques y baldes, el 1% de la población saca agua de un pozo familiar.

De acuerdo con los datos del INEC CPV2010, la comunidad de San Carlos forma parte del 79% del Cantón que elimina su basura por medio de un carro recolector, junto con la cabecera cantonal El Bombón y la comunidad de San Luis.

Según diagnóstico participativo realizado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Gonzalo Díaz De Pineda, el sistema de alcantarillado funciona para tres comunidades: El Bombón, San Carlos y San Luis, el resto de los sectores eliminan las excretas a través de un Pozo séptico, ciego, río, letrina o directamente al campo (ITECPRO CONSULTING C.A., 2019, p. 135).

Figura 3: Sistema de alcantarillo del Sector San Carlos



Nota: La Figura muestra el sistema de alcantarillado con el que cuenta la Comunidad de San Carlos. Tomado de: PDOT Cantón el Chaco (GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN EL CHACO, 2020).

2.9.8 Actividades económicas

Población Económicamente Activa de la Comunidad corresponde a 108 personas según con el Censo del 2010 (INEC, 2020), las cuales se clasifican acorde a la actividad, entre las que se observa un 54% en total de actividades agrícolas, ganadería, pesca y silvicultura, 15% se dedica al comercio, gestión de desechos y actividades de alojamiento, servicio de comidas, transporte, almacenamiento, enseñanza y explotación de minas y canteras, un 6% a actividades de construcción, y el 15% restante de habitantes corresponde a actividades no declaradas (p. 89).

2.9.9 Problematización en la Comunidad de San Carlos

A continuación, se describen los impactos y el nivel de afectación y/o contaminación que afectan a la comunidad San Carlos.

- **Problemática de contaminación:**

Tabla 6:

Impacto y niveles de contaminación en el entorno ambiental

RECURSO	IMPACTO	ACTIVIDAD	NIVEL DE AFECTACIÓN
Vegetación y bosque nativo	Deforestación	Actividades agropecuarias en zonas de bosque nativo.	Alta
Especie de animales silvestres	Disminución de la población de especies.	Deforestación en el bosque nativo.	Alta
Agua	Disminución del caudal y contaminación del recurso.	Mínimo o nulo tratamiento de aguas servidas.	Media
Suelo	Erosión, contaminación y alteración de los drenajes naturales.	Construcción de nuevas vías de acceso a nuevos sectores	Media

Nota: En la tabla se puede apreciar los impactos y los niveles de afectación de la contaminación en la comunidad de San Carlos. Fuente: (ITECPRO CONSULTING C.A., 2019). Tomado de Diagnostico PDOT el Chaco

2.10 Marco legal

2.10.1 Constitución de la Republica del Ecuador

Acorde a lo que se establece en la (Constitución de la República del Ecuador, 2008), en el Registro Oficial No 499 publicada por la Asamblea Nacional el 20 de octubre de 2008, tenemos lo siguiente:

Art. 12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible y esencial para la vida” (p. 12)

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (p.12)

Art.15.- el estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o

que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional (p. 13).

Art.72.- la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas (p. 33).

Art.412.- la autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 123).

2.10.2 Ley Orgánica de la Salud

Acorde a (LEY ORGANICA DE SALUD, 2017) que establece en la Registro Oficial No 423, Congreso Nacional, 22 de diciembre del 2006, con última modificación en 2015, tenemos lo siguiente:

Art. 102.- es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y de otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; Así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Art. 103.- se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales sin el tratamiento apropiado como conforme lo disponga en el reglamento correspondiente como en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.

Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud como deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto de los municipios del país. Para la eliminación de los desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto.

Art. 104.- establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades. (p. 36).

2.10.3 Código Orgánico del Ambiente

Conforme a lo establecido en el (COA, 2017), en el registro oficial suplemento número 983, por el Gobierno nacional del Ecuador el 12 de abril del 2017 señalan lo siguiente:

Art. 26.- Facultad de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales en materia ambiental.

Se debe controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales, así como la aplicación de las normas técnicas de los componentes tanto: agua, suelo, aire, y ruido.

Generaremos y procedimientos para prevenir, evitar, reparar, controlar y sancionar la contaminación y daños ambientales como una vez que el Gobierno Autónomo Descentralizado se haya acreditado ante el Sistema Único de Manejo Ambiental (COA, 2017, p. 18).

Art. 196.- tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando éstas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado como su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras como los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia (COA, 2017, p. 55).

2.10.4 Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso agua

De acuerdo con lo establecido en la (Reforma del Libro VI del TULSMA, 2015), mediante Registro Oficial Edición Especial No 316 del 4 de mayo del 2015.

Se establece los siguientes límites de descarga de efluentes a cuerpo de agua:

Tabla 7:*Límites de descarga al sistema de alcantarillado público*

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Potencial hidrógeno	-	5-9
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	100
Demanda química de oxígeno DQO	mg/L	200
Sólidos suspendidos	mg/L	130
Sólidos totales	mg/L	1600
Temperatura	°C	Condición natural ± 3
Fosforo total	mg/L	10
Coliformes fecales	<i>NMP</i> /100mL	2000

Nota: Adaptado de *Límites de descarga al sistema de alcantarillado público* (TULSMA, 2018, p. 22).

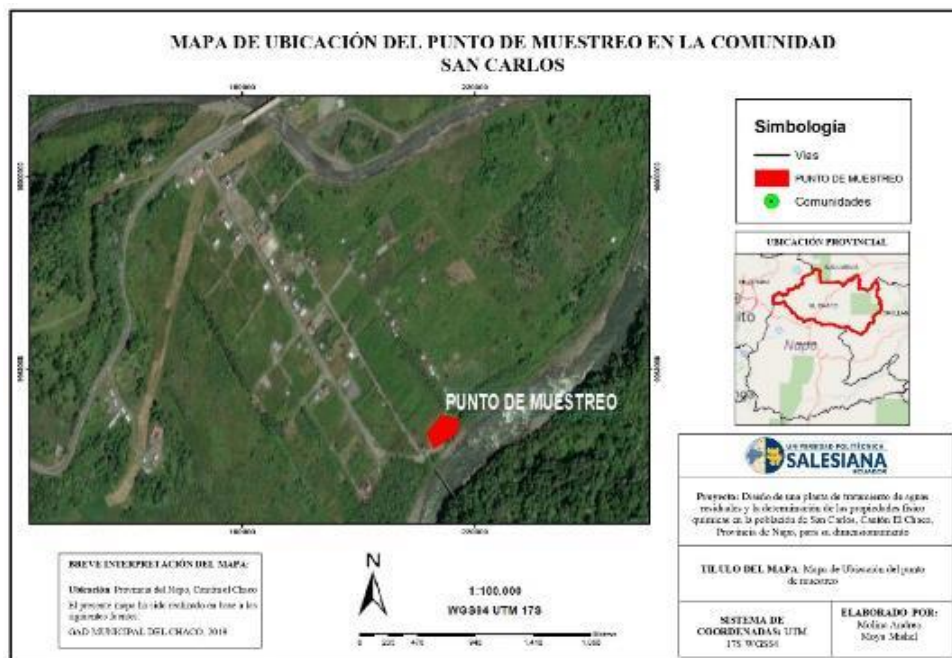
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Muestreo

- **Sitio de muestreo**

El presente trabajo se realizó en la comunidad de San Carlos, Cantón El Chaco, provincia de Napo

Figura 4: Mapa de ubicación del punto de muestreo



Nota: En la presente Figura se observa el punto de muestreo ubicado en la última caja de revisión de la comunidad San Carlos. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

- **Materiales**

Los materiales que se utilizarán para esta investigación serán tanto para la fase de muestreo como para la fase de análisis de laboratorio.

3.1.1 Materiales para la fase de muestreo

Estos materiales son necesarios para tomar la muestra de agua residual:

Tabla 8:*Materiales para la toma de muestras de agua*

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS
Balde	Capacidad para 20 L
Piedra	Peso de 0.5 Kg
Botellas plásticas	Capacidad para 5 L – 1 L
Recipientes Plásticos	Capacidad para 125 ml
Cuerda	Longitud 4 m
Guantes	Quirúrgicos
Machete	
Marcador permanente	
Etiquetas adhesivas	

Nota: En la presente tabla se puede apreciar los diferentes materiales que se utilizaron para la toma de muestra de agua residual. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

3.1.2 Materiales utilizados para el análisis de laboratorio

Estos materiales son necesarios para realizar el análisis de las muestras de agua residual dentro del laboratorio, estos análisis se llevarán a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 9:*Materiales utilizados para el análisis en el laboratorio*

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS
Vasos de precipitación	Capacidades de: 1000 ml – 250 ml
Conos Imhoff	Capacidad de 1000 ml
Jeringuillas	Capacidad de 5 ml
Crisoles	Capacidad de: 100 ml
Probeta	Capacidad de 1000 ml
Pipeta	Capacidad de 10 ml
Desecador	
Pinzas	
Guantes	

Nota: La tabla muestra los diferentes materiales que se utilizaron para el análisis de laboratorio de las muestras de agua residuales. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

3.1.3 Equipos utilizados para la fase de análisis de laboratorio

Tabla 10:

Equipos utilizados en el laboratorio para realizar el análisis de las muestras de agua

EQUIPOS:
Turbidímetro
Equipo OD y Conductividad
pH -metro
Mufla
Estufa
Desecador
Balanza Analítica
Prueba de Jarras
Medidor de DQO
Digestor de DQO

Nota: La tabla muestra los diferentes equipos de laboratorio que se utilizaron para el análisis de las muestras de agua residual. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

3.2 Metodología

3.2.1 Fase de campo

- **Muestreo de agua residual**

El tipo de muestreo para esta investigación será el muestreo compuesto, se tomarán 4 muestras de 1L con intervalos de 1 hora cada una en un solo día en horas de la mañana.

Como referencia para tomar las muestras de agua se utilizará el método APHA “Standard Methods for examination of wáter and wastewater” (Baird, et al, 2017).

Se medirán las siguientes características Fisicoquímicas:

- **pH, temperatura, conductividad:**

Para medir estos parámetros se utilizará un pH-metro

- **Turbidez:**

Para medir este parámetro se utilizará un turbidímetro y una muestra de agua residual recolectada

- **Oxígeno disuelto:**

Para este parámetro se utilizará el equipo OD del laboratorio

- **Caracterización del agua residual:**

Se realizará con el objetivo de determinar el tipo de contaminación presente en el agua y encontrar un tratamiento óptimo.

Las muestras tomadas serán enviadas a un laboratorio acreditado para su análisis.

- **Parámetros:**

Los parámetros para analizar en las muestras recolectadas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 11:

Parámetros fisicoquímicos analizados para determinar su calidad

PARÁMETRO	UNIDAD
pH	-
Coliformes fecales	NMP/100 ml
DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L
(SSed) Sólidos sedimentables	ml/Lh
(SS)Sólidos suspendidos	mg/L
(ST)Sólidos totales	mg/L
(T) Temperatura	°C
(OD) Oxígeno Disuelto	---
(PT) Fosforo total	mg/L
Nitritos y Nitratos	mg/L

Nota: En la presente tabla se muestran los parámetros fisicoquímicos que se analizaron en las muestras de agua residual, para determinar la calidad de esta. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

3.2.2 Para el análisis en laboratorio

Todas las muestras recolectadas en el sistema de alcantarillado de la Comunidad de San Carlos se etiquetan y son enviadas a un laboratorio acreditado para su análisis de coliformes

fecales y totales. Mientras tanto los análisis de DBO_5 , DQO , nitritos, nitratos, fósforo total y coliformes fecales se los realizó en un Laboratorio privado ajeno a la UPS.

Usando los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana se analizarán los siguientes parámetros: DQO , sólidos totales (ST) y sólidos sedimentables (SSed), así como también se llevará a cabo una prueba de tratabilidad utilizando el Método APHA (“Standard Methods for examination of water and wastewater”) (Baird, Eaton, & Rice, 2017).

3.2.3 Mediciones realizadas en laboratorio:

3.2.3.1 Determinación de DQO

Para efectuar el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se recurrió a la utilización de un digestor de DQO , así como la utilización de viales de rango medio.

El procedimiento para medir la DQO del agua residual es el siguiente:

- Se enciende el reactor y se programa una temperatura de 150°C y un tiempo de 2 horas, y se oprime el botón start.
- Cuando el equipo llega a los 150°C , el equipo emite una alerta, en ese momento se entiende que el equipo se encuentra listo para ingresar las muestras
- Se etiquetan los viales
- Se proceden a preparar las muestras se toman los viales y colocando el vial en un ángulo de 45° se introduce agua destilada, para que sea nuestro cero y en el segundo vial se agrega la muestra de agua, se cierran completamente, se agitan y se ingresan en el calentador y se presiona el botón start para que el equipo inicie el conteo regresivo.
- Una vez que pasa las 2 horas el equipo emite una alerta, en ese momento se detienen el reactor y se oprime stop, y se espera alrededor de unos 20 minutos hasta que la temperatura baje a unos 120°C aproximadamente, se retiran los viales y se agitan nuevamente.

- Se debe esperar hasta que lleguen a temperatura ambiente, se toma el fotómetro se enciende y se ingresa el cero, se oprime el botón method y con las flechas se desplaza hasta encontrar el método que se desea, en este caso Demanda Química de Oxígeno en Rango Medio (Oxigen Demand (COD) MR), y se oprime seleccionar, el equipo pide el zero que ya ingresamos, por lo tanto, oprimimos zero y esperamos a que el equipo identifique el vial como zero, en la pantalla hay una nueva opción de lectura (Read)
- Se saca el vial zero y se ingresa el vial con la muestra, se oprime read y se espera hasta que el equipo muestre la concentración de DQO en ppm.

3.2.3.2 Determinación de sólidos

- **Sólidos totales (ST):**

Para medir este parámetro se tomará una muestra de 50 mililitros del agua residual en el sistema de alcantarillado, ésta es colocada en un crisol y posteriormente es sometida a un proceso de evaporación mediante el uso de una estufa a una temperatura de 105°C, durante 20 H aproximadamente. La concentración será determinada mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

En dónde:

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

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

- **Sólidos sedimentables (SSed):**

Para determinar este valor se coloca una cantidad de 1Litro de muestra del agua residual en un cono Imhoff utilizando de una probeta; la muestra debe reposar alrededor de 1 hora, una vez culminado el tiempo, se anota la medida de los sólidos que se sedimentaron en la parte inferior del cono. La concentración será determinada mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

3.2.3.3 Prueba de tratabilidad:

Este análisis es también denominado Prueba de Jarras mediante el cual es posible conocer la dosis óptima de coagulante, misma que ayudará en la clarificación y remoción de los sólidos en las aguas residuales para que puedan continuar con su proceso de tratamiento.

Para obtener el valor de la dosis óptima del coagulante se dispone de 1Litro de muestra de agua residual en cada una de las 6 del equipo. Cada Jarra deberá tener una dosis diferente de 2 coagulantes: 0,05 g/L, 0,1 g/L, 0,2 g/L, 0,4 g/L, 0,7 g/L y 1 g/L respectivamente, para evitar confusiones es recomendable numerar las jarras. A continuación, se detalla el procedimiento a seguir:

- Una mezcla rápida con las paletas de agitación durante 20 segundos a una velocidad de 300 revoluciones por minuto (rpm);
- Disminuir la velocidad a 30 rpm y durante 20 minutos;
- Dejar sedimentar las jarras durante 30 minutos;
- Al transcurrir este tiempo y con la ayuda de una pipeta se toma una muestra del sobrenadante, el cual se utiliza para determinar la turbidez.

- Las mediciones tanto de turbidez como de pH deben realizarse tanto antes como después de realizar la prueba de tratabilidad.

3.2.3.3.1 Materiales equipos y reactivos

La siguiente tabla muestra los diferentes materiales, equipos y reactivos utilizados en las pruebas de jarras.

Tabla 12:

Materiales, equipos y reactivos utilizados para la prueba de jarras

Materiales	Equipos	Reactivos
Balón aforado de 500ml	Turbidímetro	Sulfato de aluminio
Jeringuillas de plástico 5ml	pH-metro	Cloruro de aluminio
Vasos de precipitación	Balanza analítica	
Espátula, vidrio reloj	Floculador jar test	

Nota: En la presente tabla se pueden apreciar los diferentes equipos, materiales y reactivos que se utilizaron para la prueba de jarras. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

3.2.3.4 Índice de Willcomb

El índice de Willcomb se obtiene mediante observación del desarrollo del flóculo en cada una de las jarras, distinguiéndolos de acuerdo con el tamaño del fóculo, la velocidad de asentamiento aparente y aquel que posee menor aglutinación (COPIULEMU S. A., 2013, p. 12).

Tabla 13:

Índice de Willcomb

índice	Descripción flóculo	
0	Coloidal	Ningún signo de aglutinación
2	Visible	Aglutinación casi imperceptible
4	Disperso	Flóculo bien formado, distribuido uniformemente, es muy disperso y no sedimenta
6	Claro	Flóculo de tamaño relativamente grande, precipita con lentitud
8	Bueno	Flóculo que se deposita no completamente pero rápidamente
10	Excelente	Flóculo que se deposita totalmente, dejando arriba agua cristalina

Nota: En la tabla se observa el índice del floculo que se forma cuando se realiza la prueba de jarras. Adaptado de (COPIULEMU S. A., 2013)

3.3 Elementos de Diseño

El periodo de diseño es el tiempo para el cual se estimarán los cálculos del diseño de la PTAR, considerando un tiempo de vida útil de 25 años.

3.3.1 Población actual

La población de la Comunidad de San Carlos de acuerdo con el último censo realizado en el año 2010 es de 146 habitantes. Al año 2015 constaba con una población de 168 habitantes (ITECPRO CONSULTING C.A., 2019, p. 96).

3.3.2 Población Futura

Para implementar este proyecto con una vida útil estimada de 25 años, se calcula la población futura de 2046, con base en las proyecciones demográficas 2010-2015 de la comunidad.

Población actual año 2021:

$$Pf = 168(1 + 0.0366)^6$$

$$Pf = 209 \text{ habitantes}$$

Población futura año 2040

$$Pf = 209(1 + 0.0366)^{25}$$

$$Pf = 514 \text{ habitantes}$$

3.3.3 Dotación:

Según (Cortés, Treviño, et al, 2017) la producción de agua para satisfacer las necesidades de la población y otros requerimientos, se fijarán en base a estudios se las condiciones particulares de cada población, para lo cual este dato ha sido tomado en base a dotaciones recomendadas para poblaciones de hasta 5000 habitantes, que son útiles para estudios de factibilidad (p. 28).

Tabla 14:

Dotaciones de agua, para los diferentes tipos de clima

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frio	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frio	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frio	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Nota: En la presente tabla se observa la dotación que se emplea para los cálculos, se debe tomar en cuenta el clima y el número de habitantes. Tomado de: (Cortés, Treviño, et al, 2017)

El valor utilizado corresponde a 160 (l/hab/día), ya que respeta las características descritas en el cuadro anterior, en una población de menos de 5.000 personas, y se caracteriza por un clima templado.

3.3.4 Selección del Método

La relación entre los valores DBO₅ y DQO nos indica el tipo de contaminación de las aguas residuales. Un cociente DBO₅/DQO inferior a 0,3 indica que las aguas vertidas son de tipo inorgánico (aguas residuales de carácter industrial), mientras que un cociente superior a 0,6 indica que las aguas vertidas son de tipo orgánico (aguas residuales urbanas, restos de ganado o de la industria alimenticia) (Bedoya, et al, 2014). El resultado obtenido para el agua residual sin tratamiento de la relación DBO₅/DQO es 0,8 lo que indica que, el efluente es de naturales biodegradable, en donde la mayor cantidad de materia orgánica e inorgánica se puede oxidar bioquímicamente mediante la implementación de sistemas biológicos como lo son las lagunas de estabilización.

Tabla 15:

Relación DBO₅/DQO

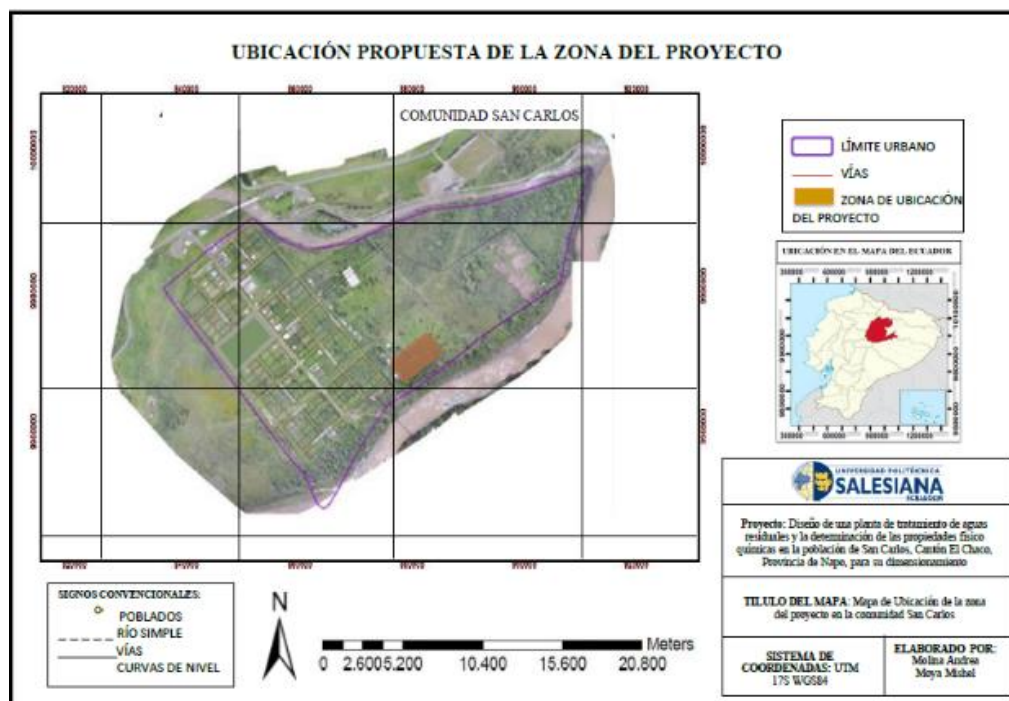
Relación DBO/DQO	
> 0,8	Muy Biodegradable
0,7 - 0,8	Biodegradable
0,3 - 0,7	Poco biodegradable
<0,3	No biodegradable

Nota: En la tabla se aprecia la contaminación de las aguas residuales mediante esta relación permite conocer y determinar el tipo adecuado de tratamiento para las mismas. Tomado de: (Bedoya, et al, 2014)

3.4 Diseño de una Planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento estará en la parroquia Gonzalo Días de Pineda, cantón El Chaco, comunidad de San Carlos. La siguiente figura muestra el área propuesta por el GAD para la construcción de una planta de tratamiento.

Figura 5: Ubicación propuesta para el proyecto



Nota: La Figura muestra el lugar en donde se ubica el presente proyecto. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

3.4.1 Diseño de un sistema de lagunas de estabilización

Para realizar el diseño de un sistema de lagunas de estabilización con diferentes arreglos, se necesita contar con la siguiente información:

- ~ Número de habitantes del proyecto
- ~ Aportación de aguas residuales: en Litros/(hab*día)
- ~ Temperatura promedio del mes más frío: en °C
- ~ Concentración de la DBO5: en mg/L
- ~ Coliformes fecales: en NMP/100 mL
- ~ Evaporación en: mm/día

La calidad del agua residual tratada se define según el límite máximo permisible de contaminantes que pueden ser descargados al sistema de alcantarillado, de acuerdo con el Acuerdo Ministerial 097-A.

Dentro de la comunidad rural San Carlos no existen descargas de tipo industrial o comercial, por lo cual no existe una alta concentración de carga orgánica.

3.4.2 Cálculos de diseño

3.4.2.1 Cálculo para el dimensionamiento de Lagunas

- **Población futura**

En el presente proyecto se ha realizado una proyección de vida útil estimada de 25 años, la población futura ha sido calculada para el año 2046, dichas proyecciones son en base a las proyecciones de la comunidad, de los años 2015-2021.

De acuerdo con (Cortés, Treviño, et al, 2017), para realizar los diferentes cálculos de diseño se necesitan las siguientes formulas:

Tabla 16:

Proyección poblacional

Año	Número de habitantes
2010	146
2015	168
2021	209
2046	514

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Su fórmula es la siguiente:

Población actual año 2021

$$Pf = 168(1 + 0.0366)^6$$

$$Pf = 209 \text{ habitantes}$$

Población futura año 2046

$$Pf = 209(1 + 0.0366)^{25}$$

$$Pf = 514 \text{ habitantes}$$

- **Dotación**

“Se considera la cantidad de agua producida para satisfacer las necesidades de la población, y se determinará sobre la base de un estudio de las condiciones específicas de cada comunidad. El dato de dotación se ha tomado en base a las dotaciones recomendadas” (Secretaría del Agua, 2013, p. 31).

Para el proyecto se ha considerado una dotación de $160 \frac{L}{\text{hab} \times \text{día}}$

- **Cálculo del caudal de diseño**

$$Q_i = \frac{P \times D \times 0.8}{86400}$$

Donde,

Q_i : Gasto medio de aguas residuales $[L/s]$

D : Dotación de agua potable $[L/\text{hab} \times \text{día}]$

P : Proyección de la población año 2040

0.8: Coeficiente de retorno de aguas residuales

86400: Segundos por día

$$Q_i = \frac{514 \text{ hab} \times 160 \frac{l}{\text{hab} \times \text{día}} \times 0.8}{86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}}$$

$$Q_i = 65.66 \frac{m^3}{\text{día}}$$

- **Datos climatológicos**

Para diseñar la PTAR se ha tomado los datos meteorológicos de la estación Lumbaqui M1203, se ha considerado dicha estación debido a que se encuentra cerca al lugar del proyecto. Los datos extraídos de la estación meteorológica son la evaporación y la temperatura en el mes más frío, y estos datos son del 2019.

Tabla 17:

Datos de la estación meteorológica Lumbaqui

Nombre de la estación	Lumbaqui
Código de la estación	M1203
Provincia	Sucumbíos
Tipo	Meteorológica
Latitud	0° 2' 19" S
Longitud	77° 20 '2" W
Altitud	580.00 metros
Propietario	INAMHI

Nota: La tabla muestra los datos de la estación meteorológica Lumbaqui. Adaptado de (INAMHI, 2019).

Tabla 18:

Datos climatológicos de la Estación meteorológica Lumbaqui

M1203 LUMBAQUI		
MES	Evaporación	Temperatura
	mm (Mensual)	°C Mínima mensual
Enero	109.4	17
Febrero	64.7	16.5
Marzo	81.1	16.3
Abril	97.3	16.9
Mayo	82.6	17
Junio	81.3	16
Julio	96	15.7
Agosto	94.9	16.2
Septiembre	120.5	16.9
Octubre	136.8	15.4
Noviembre	111.2	17.1
Diciembre	108.5	17.1
VALOR ANUAL	1184.3	-
VALOR DIARIO	3.25 (mm/d)	-

Nota: La tabla refleja los datos climatológicos de la Estación meteorológica Lumbaqui. Adaptado de (INAMHI, 2019).

La temperatura del mes más frío es de 15.4°C, y la evaporación es de 3.25 mm/d.

3.5 Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

3.5.1 Diseño del canal de entrada

De acuerdo con (Secretaría del Agua, 2013), el canal de entrada adopta la forma de un canal abierto por el que fluye el agua por gravedad y sin presión. Para crear estos canales se debe realizar la excavación en el suelo, la cantidad de tierra de las excavaciones se puede utilizar para nivelar el terreno y se debe tomar en cuenta factores de velocidad mínima y máxima, así como los materiales utilizados

El coeficiente de rugosidad va a depender del material que se utilizará para la construcción del canal, en el presente proyecto se realizará un revestimiento de hormigón, y para la pendiente se tomó el valor recomendado por la Secretaría del agua (pp. 40-41).

Datos:

Caudal de diseño (Q_d): $0.00076 \text{ m}^3/\text{seg}$

Base (b): 0.8m

Coeficiente de rugosidad (n): 0.016

Pendiente (S): 1%

a) Coeficiente de Manning

Nos permite comprobar si la velocidad dentro del canal se encuentra dentro del rango adecuado, su ecuación es la siguiente:

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

Donde,

Q_d : Caudal de diseño [m^3/s]

n : Coeficiente de rugosidad [adimensional]

b : base del canal [m]

S : Pendiente [m/m]

$$k = \frac{0.00076 \frac{m^3}{seg} \times 0.016}{(0.8m)^{8/3} \times (0.01)^{1/2}}$$
$$k = 2.20 \times 10^{-4}$$

b) Altura del agua en el canal

$$h = 1.6624 \times k^{0.74232} \times b$$

Donde,

k : Coeficiente de Manning [adimensional]

b : base del canal [m]

$$h = 1.6624 \times (2.20 \times 10^{-4})^{0.74232} \times 0.8$$

$$h = 0.00256m$$

c) Radio hidráulico

Se calcula en función del ancho y de la altura del canal.

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

Donde,

b : base del canal [m]

h : altura de agu en el canal [m]

$$R_h = \frac{0.8m \times 0.00256m}{0.8m + 2 \times 0.00256m}$$

$$R_h = 0.00254m$$

d) Velocidad en el canal

Se calcula a partir de la fórmula de Manning

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

Donde,

R_h : Radio hidráulico [m]

S = pendiente [m/m]

$$v = \frac{1}{0.016} \times (0.00254)^{2/3} \times (0.01)^{1/2}$$

$$v = 0.12 \text{ m/seg}$$

“La velocidad máxima del conducto de hormigón es de 10 m/s, aunque no debe superar los 2,5 m/s para evitar la sedimentación del material retenido” (Secretaría del Agua, 2013, p. 43).

3.5.2 Diseño de rejillas

Este sistema es utilizado para separar el material grueso del agua, estas pueden ser de cualquier material.

Con base en (Secretaría del Agua, 2013), el sistema de rejillas consta de barras de hierro ubicadas a lo largo de las ranuras por donde fluye el agua, la velocidad máxima entre las barras será de 0.5 m/s, la distancia entre las barras es de 0.02 m.

Para el presente proyecto se consideró una limpieza manual de la rejilla, por lo que las barras deben tener una longitud máxima de 2m para formar un ángulo de 60° con la horizontal, 0.01m de espesor y un coeficiente de pérdida de 2.42 que corresponde a las barras rectangulares. (p. 44)

Datos:

Caudal de diseño(Q_d): $0.0005 \text{ m}^3/\text{seg}$

Velocidad a través de las barras (v_b): 0.5 m/seg

Ancho del canal de llegada (B): 0.8 m

Altura de seguridad (H_s): 0.9 m

Ángulo de inclinación de barras (α): 60 grados

Separación entre barras (e): 0.02 m

Espesor de las barras (S): 0.01 m

Coefficiente de pérdida de barras rectangulares (β): 2.42

a) Área libre al paso de agua

Permite determinar el flujo en el canal

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

Donde, Q_d : Caudal de diseño [m^3/s]

v_b : Velocidad a través de las barras [m/s]

$$Al = \frac{0.00076 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.5 \text{ m/seg}}$$

$$Al = 0.00152 \text{ m}^2$$

a) Tirante de agua en el canal

Con esto se determina la altura de agua que existe dentro del canal.

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

Donde,

Al : Área libre al paso del agua [m^2]

b : Ancho del canal de llegada [m]

$$h = \frac{0.00152 \text{ m}^2}{0.8 \text{ m}}$$

$$h = 0.0019 \text{ m}$$

b) Altura total del canal

Para este cálculo se realiza una suma de la altura de agua en el canal y de la altura de seguridad (valor propuesto)

$$H = h + H_s$$

Donde,

H_s : altura de seguridad [m]

$$H = 0.0019m + 0.90m$$

$$H = 0.9019m$$

$$H \approx 1m$$

c) Longitud de las barras

Con ello se determina la longitud que tendrá cada una de las barras.

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

$$L_b = \frac{0.90m}{\text{Sen}(60)}$$

$$L_b = 1.0392m$$

d) Numero de barras

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

Donde,

e : Separación entre las barras [m]

S : Espesor de las barras [m]

$$n = \left(\frac{0.8m}{0.02m + 0.01m} \right) - 1$$

$$n = 25.67 \approx 26 \text{ barras}$$

e) Pérdida de carga en las rejillas

Incluye la pérdida de energía y está determinada por la diferencia entre las alturas antes y después de las rejillas

$$h_f = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \times \frac{v^2_{canal}}{2 \times g} \times Sen\alpha$$

Donde,

β : Coeficiente de pérdida

$\frac{v^2_{canal}}{2 \times g}$: carga de velocidad antes de la reja [m]

$$h_f = 2.42 \left(\frac{0.01m}{0.02m}\right)^{4/3} \times \frac{(0.12 m/seg)^2}{2 \times 9.8} \times sen(60)$$

$$h_f = 0.000611m$$

Según (Romero, 2010), no se permite una pérdida de energía mayor a 75cm, por ningún motivo.

3.5.3 Diseño del desarenador

Según (Romero, 2010)“Los desarenadores son utilizados para remover arena y partículas pesadas o sólidos que tienen una tasa de sedimentación más alta que los sólidos orgánicos biodegradables. La mayoría de ellos están diseñados para eliminar partículas de más de 0,21 mm de diámetro” (p. 293).

3.5.4 Diseño del canal de Parshall

Citando a (Romero, 2010), el canal Parshall “consiste en una estructura hidráulica, que tiene como función la mezcla rápida en el momento en que se aplica el floculante en el flujo de agua. Para su dimensionamiento hay que basarse en tablas, en las cuales ya se encuentra establecidos los diferentes valores” (p. 295).

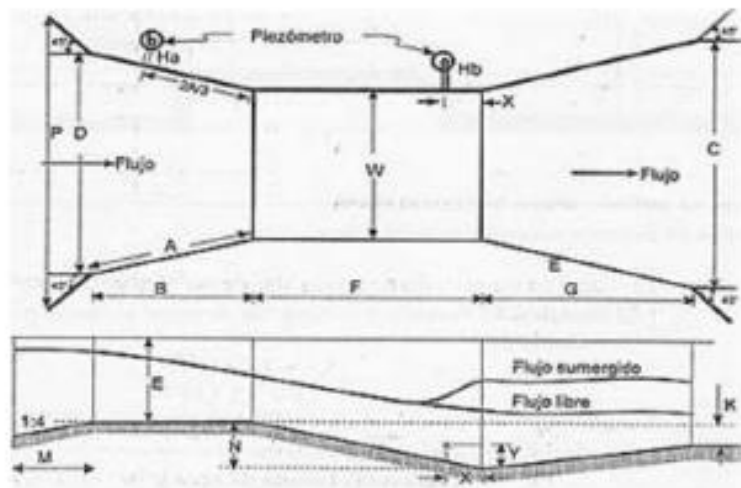
Tabla 19:

Magnitudes establecidas para el dimensionamiento del canal de Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.305	1.372	1.344	0.61	0.845	0.915	0.61	0.915	0.076	0.229

Nota: La presente tabla describe las Dimensiones establecidas para el dimensionamiento del canal de Parshall. Tabla obtenida de (Ingenieros Asociados de Control S.L, 2016, p. 7).

Figura 6: Canal de Parshall



Nota: La Figura presenta el esquema del Canal de Parshall. Tomado de: (Ingeciv, 2015)

Donde:

W: tamaño de la garganta

A: longitud (pared de sección convergente)

B: longitud (axial sección 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 del punto más bajo y la cresta

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

3.5.5 Diseño del floculador

Ayuda a la formación de flóculos, los mismos que sedimentan gracias al proceso de adición de sustancias químicas (Valdez y Vázquez, 2013).

Para su diseño se ha considerado el tiempo que tardan en formarse los flóculos de la prueba de jarras realizada, la misma que corresponde a diez minutos y con una velocidad de 0.35 m/seg .

a) Longitud total que recorre el agua residual

$$L = v \times t$$

Donde,

v : velocidad [m/s]

t : tiempo de retención [s]

$$L = 0.35 \text{ m/seg} \times 600\text{seg}$$

$$L = 210\text{m}$$

b) Volumen a mezclar

$$V = Q_d \times t$$

$$V = 0.00076 \text{ m}^3/\text{seg} \times 600\text{seg}$$

$$V = 0.456 \text{ m}^3$$

c) Área transversal del canal entre baffles

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

$$A = \frac{0.00076 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.35 \text{ m/seg}}$$

$$A = 0.00217 \text{ m}^2$$

d) Profundidad del agua en cada canal

Se ha considerado un ancho de 0.20 m, con un factor de seguridad de 1.10

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

Donde,

a: Ancho [m]

f_s: Factor de seguridad

$$d = \frac{0.00217m^2}{0.20m} \times 1.10$$

$$d = 0.012m$$

e) Espacio establecido entre cada tabique y la pared del tanque

$$e = 1.5 \times a$$

$$e = 1.5 \times 0.20m$$

$$e = 0.30m$$

f) Longitud efectiva útil del canal

Se consideró un ancho útil del floculador de 4.5m

$$l = B - e$$

B: ancho del floculador

$$l = 4.5m - 0.30m$$

$$l = 4.20m$$

g) Número de canales

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

$$N = \frac{210m}{4.20m}$$

$$N = 50 \text{ canales}$$

h) Longitud total de la cámara de floculación

$$L_T = N \times a + (N - 1) \times b$$

Donde,

b: Espesor de la lamina o tabique [m]

$$L_T = 50 \times 0.20 + (50 - 1) \times 0.03$$

$$L_T = 11.47m$$

i) Radio hidráulico

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

$$R = \frac{0.00217m^2}{2(0.012m) + 0.20m}$$

$$R = 0.00969 m$$

j) Pérdida por fricción

Se producen a lo largo de todo el canal, se obtiene a partir de la ecuación de Manning

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

n: Coeficiente de fricción (0.013 concreto simple)

$$h_f = \frac{(0.013 \times 0.35 \text{ m/seg})^2 \times 210m}{(0.00969m)^{4/3}}$$

$$h_f = 2.10 m$$

k) Pérdida adicional

Se utiliza la constante k para medir las pérdidas adicionales (de 2 a 4), comúnmente de 3.

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

Donde,

K: constante empírica

$$h = \frac{3(50 - 1)(0.30)^2}{2 \times 9.8}$$

$$h = 0.68m$$

l) Pérdidas totales

$$H = h_f + h$$

$$H = 2.10m + 0.68m$$

$$H = 2.78m$$

3.5.6 Diseño del sedimentador

Un sedimentador tiene la función de recibir las aguas residuales antes del tratamiento biológico, este tanque retiene las partículas que provienen de los procesos de coagulación-floculación. Las partículas sedimentables se depositan en el fondo del tanque, y tienen un diámetro superior a 0.05mm y menor a 0,02mm (Secretaría del Agua, 2013, p. 51).

a) Tiempo de sedimentación

Este valor se obtuvo con la ayuda de un cono Imhoff, visualizando la cantidad de partículas sedimentadas en un intervalo de 10 minutos, durante una hora.

Tabla 20:

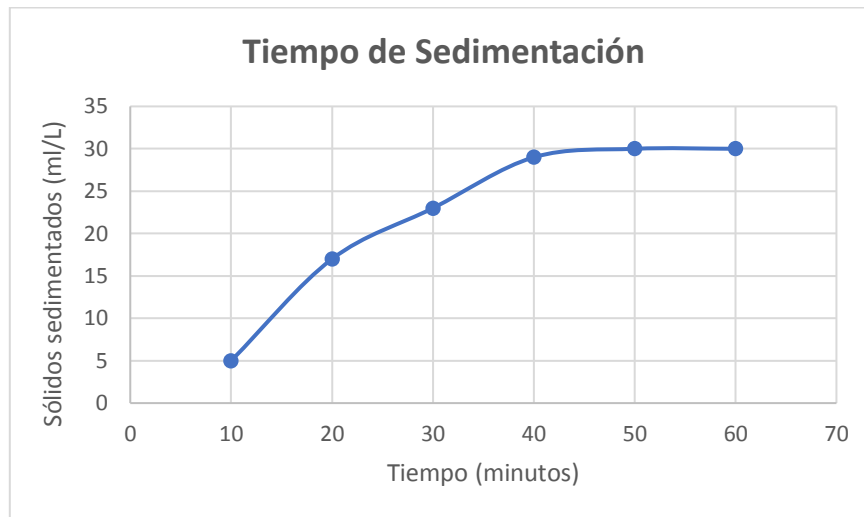
Tiempo de sedimentación

Tiempo (minutos)	ml/L
10	5
20	17
30	23
40	29
50	30
60	30

Nota: La tabla refleja el tiempo de sedimentación de la muestra en el cono Imhoff. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Figura 7:

Relación entre el tiempo y las partículas sedimentadas durante una hora



Nota: En la figura se visualiza la relación entre el tiempo y las partículas sedimentadas de la muestra de agua residual durante una hora. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

b) Volumen

$$V = Q_d \times t$$

Donde,

Q_d : Caudal de diseño [m^3/s]

t = Tiempo de retención [s]

La capacidad del tanque, se determina al multiplicar por un factor de seguridad de 6 al igual que el desarenador

$$V = 0.00076 \text{ m}^3/\text{seg} \times 1200\text{seg} \times 6$$

$$V = 5.47\text{m}^3$$

c) Área superficial

Se determina el valor del calado con el volumen y el valor de la profundidad que es de 1.2 m al igual que el desarenador

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

Donde,

P: Calado [m]

$$A = \frac{5.47m^3}{1.2m}$$

$$A = 4.56m^2$$

d) Relación Largo-Ancho

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

L: Largo

a: Ancho

$$A = L \times a = 3a^2$$

$$A = 3a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{4.56m^2}{3}}$$

$$a = 1.23m$$

$$L = \frac{3}{1.23}$$

$$L = 2.44m$$

3.5.7 Diseño de la laguna anaerobia

Datos:

Número de habitantes futuros = 514 habitantes (año 2046)

Dotación: $160 \frac{L}{hab \times día}$

Temperatura promedio del mes más frío: 15.4°C

DBO₅ = 463 mg/L

Coliformes fecales = 4.4×10^7 NMP/100ml

Evaporación = 3.25mm/día

Caudal de diseño (Q_i): $65.66 \frac{m^3}{día}$

a) Carga orgánica

$$CO = \frac{Q_i \times DBO_5}{1000}$$
$$CO = \frac{65.66 \frac{m^3}{día} \times 463 \frac{mg}{L}}{1000}$$
$$CO = 30.40 \frac{kg}{día}$$

b) Carga volumétrica

Para el presente caso la temperatura es 15.4°C, la formula a utilizar es la siguiente:

$$\lambda_v = 20T - 100$$
$$\lambda_v = 20(15.4^\circ C) - 100$$
$$\lambda_v = 208 \frac{g DBO_5}{m^3 \cdot día}$$

c) Remoción de la DBO_5

$$\%DBO5 \text{ removido} = 2T+20$$
$$\% DBO5 \text{removido} = 215.4^\circ C+20$$
$$\% DBO5 \text{removido} = 50.8\%$$

d) Volumen de la laguna

$$V = \frac{Li \times Q}{\lambda_v}$$
$$V = \frac{463 \frac{mg}{L} \times 65.66 \frac{m^3}{día}}{208 \frac{g DBO_5}{m^3 \cdot día}}$$
$$V = 146.16m^3$$

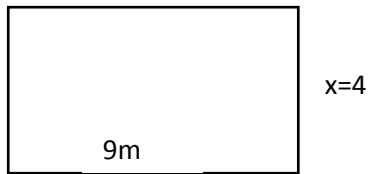
e) Área de la laguna

Se considera una profundidad (Z) de 4 metros, debido a que sus lodos son removidos de 2 a 5 años en lagunas anaerobias (Bermeo, 2016).

$$A = \frac{\text{volumen}}{\text{Profundidad}}$$

$$A = \frac{146.16m^3}{4m}$$

$$A = 36.54 m^2$$



$$2x \cdot x = 39.46m^2$$

$$x = \sqrt{\frac{36.54m^2}{2}}$$

$$x = 4.27 m$$

$$x = 4 m$$

$$L = \frac{36.54m}{4}$$

$$L = 9 m$$

f) Tiempo de retención hidráulico

$$t_R = \frac{V}{Q}$$

$$t_R = \frac{146.16m^3}{65.66 \frac{m^3}{día}}$$

$$t_R = 2.23 \text{ días}$$

De acuerdo con (Cortés, Treviño, et al, 2017) se presenta los datos de remoción de DBO_5 en lagunas anaerobias. Cuando se tiene el valor del tiempo hidráulico y no coincide con los valores de la tabla se procede a interpolar y de esta manera obtener el valor de DBO_5 removido.

Tabla 21:

Datos de remoción de de DBO₅ en lagunas anaerobias

Tiempo de retención (días)	DBO5 removido (%)
0.12	20
0.40	30
0.71	35
1.30	40
2.40	45
4.70	50
9.40	55

Nota: La tabla refleja el porcentaje de remoción de de DBO₅ en función del tiempo de retención para lagunas anaerobias según (Cortés, Treviño, et al, 2017).

Interpolamos:

$$\begin{array}{r} 1.30 \rightarrow 40 \\ 2.40 \rightarrow 45 \\ \hline 1.10 \rightarrow 5 \\ 1 \rightarrow x \end{array}$$

$$x = 4.55$$

Se determina que para un tiempo de retención de 2.23 días el porcentaje de DBO₅ removido será:

$$\% \text{ remoción de } DBO_5 = 40 + 4.55$$

$$\% \text{ remoción de } DBO_5 = 44.55$$

g) Concentración de DBO₅ en el efluente de la laguna

$$DBO_5 \text{ efluente} = (100\% - 44.55\%) \times DBO_5$$

$$DBO_5 \text{ efluente} = (55.45) \times 463 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 \text{ efluente} = 256.73 \frac{mg}{L}$$

h) Gasto del efluente corregido por evaporación

$$Q_e = Q_i - 0.001 \times A \times \text{Evaporación}$$

$$Q_e = 65.66 \frac{m^3}{día} - 0.001 \times 36.54 m^2 \times 3.25 \frac{mm}{día}$$

$$Q_e = 65.54 \frac{m^3}{día}$$

i) Remoción de coliformes fecales para lo cual usamos la constante global de decaimiento

$$kt = 2.6(1.19)^{T-20}$$

$$kt = 2.6(1.19)^{15.3-20}$$

$$kt = 1.17 \text{días}^{-1}$$

j) Coliformes fecales en el efluente de la laguna

$$N_e = \frac{N_i}{1 + kt \cdot tR}$$

$$N_e = \frac{4.4 \times 10^7 \frac{NMP}{100ml}}{1 + 1.17 \text{días}^{-1} * 2.23 \text{días}}$$

$$N_e = 12\,191\,405.06 \frac{NMP}{100 \text{ ml}}$$

k) DBO_5 corregida por evaporación

$$DBO_5 \text{ corregida} = \frac{DBO_5 \text{ efluente} \times Q_i}{Q_e}$$

$$DBO_5 \text{ corregida} = \frac{256.73 \frac{mg}{L} \times 65.66 \frac{m^3}{día}}{65.54 \frac{m^3}{día}}$$

$$DBO_5 \text{ corregida} = 257.20 \frac{mg}{L}$$

l) Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$N_e \text{ corregida} = \frac{N_e \times Q_i}{Q_e}$$

$$N_e \text{ corregida} = \frac{12\,191\,405.06 \frac{NMP}{100ml} \times 65.66 \frac{m^3}{día}}{65.54 \frac{m^3}{día}}$$

$$Ne\ corregida = 12\ 213\ 726.83 \frac{NMP}{100ml}$$

3.5.8 Diseño de la Laguna Facultativa

Para el diseño de los diferentes parámetros de la laguna facultativa se toma en consideración algunos de los resultados de la laguna anaerobia como son: evaporación, DBO_5 en la salida del estanque, gasto en el efluente, coliformes fecales y temperatura.

Datos:

$$\text{Caudal del efluente } (Q_e) = 65.54 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$DBO_5 \text{ en el efluente} = 256.73 \text{ mg/L}$$

$$\text{Coliformes fecales} = 12\ 213\ 726.83 \text{ NMP}/100ml$$

$$\text{Temperatura} = 15.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Evaporación} = 3.25\text{mm}/\text{día}$$

a) Carga Orgánica

$$C.O. = \frac{Q_e * DBO_5}{1000}$$

$$C.O. = \frac{65.54 \frac{m^3}{día} * 256.73 \frac{mg}{L}}{1000}$$

$$C.O. = 16.83 \frac{Kg}{día}$$

b) Carga superficial de diseño

$$\lambda_s = 250 * (1.085)^{T-20}$$

$$\lambda_s = 250 * (1.085)^{15.4-20}$$

$$\lambda_s = 171.78 \frac{Kg\ de\ DBO_5}{hab * día}$$

c) Área de la laguna facultativa

$$A = \frac{10 * DBO_5\ efluente * Caudal}{\lambda_s}$$

$$A = \frac{10 * 256.73 \frac{mg}{L} * 65.54 \frac{m^3}{día}}{171.78 \frac{Kg \text{ de } DBO_5}{hab * día}}$$

$$A = 979.51 m^2$$

d) Volumen de la laguna (se considera una profundidad de 1.5m)

$$V = A * Z$$

$$V = 979.51 m^2 * 1.5 m$$

$$V = 1469.27 m^3$$

e) Tiempo de retención

$$t_R = \frac{Volumen}{Q_{efluente}}$$

$$t_R = \frac{1469.27 m^3}{65.54 \frac{m^3}{día}}$$

$$t_R = 22.42$$

f) Dimensionamiento (relación largo-ancho X=3)

Para evitar zonas muertas, se considera una relación largo - ancho de x = 3 y un talud de 2:1

$$B = \sqrt{\frac{Área}{X}}$$

$$B = \sqrt{\frac{979.51 m^2}{3}}$$

$$B = 18.07 m$$

$$L = \frac{Área}{B}$$

$$L = \frac{979.51 m^2}{18.07 m}$$

$$L = 54.20 m$$

g) Gasto del efluente corregido por evaporación

$$Q_e = Q - (0.001 * \text{Área} * \text{evaporación})$$

$$Q_e = 65.54 \frac{m^3}{\text{día}} - (0.001 * 979.51 m^2 * 3.25 \text{mm})$$

$$Q_e = 62.36 \frac{m^3}{\text{día}}$$

h) Remoción de coliformes fecales (relación Largo-ancho X=3)

$$x = \frac{L}{B}$$

$$x = \frac{54.20m}{18.07m}$$

$$x = 3m$$

• **Coefficiente de dispersión**

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392X + 1.0136X^2}$$

$$d = \frac{3}{-0.26118 + 0.25392(3) + 1.0136(3)^2}$$

$$d = 0.3118 \text{ [adimensional]}$$

• **Coefficiente de reducción bacteriana**

$$Kb = 0.841(1.075)^{T-20}$$

$$Kb = 0.841(1.075)^{15.4-20}$$

$$Kb = 0.60 \text{ [días]}^{-1}$$

• **Constante "a"**

$$\alpha = \sqrt{1 + 4Kb \times t_R \times d}$$

$$\alpha = \sqrt{1 + 4(0.60) \times 22.42 \times 0.3118}$$

$$\alpha = 4.22$$

- **Coliformes fecales en el efluente de la laguna**

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4 \times \alpha \times e^{\frac{1-\alpha}{2 \times d}}}{(1 + \alpha)^2}$$

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4 \times 4.22 \times e^{\frac{1-4.22}{2 \times 0.3118}}}{(1 + 4.22)^2}$$

$$\frac{Nf}{No} = 0.00354$$

- **Coliformes fecales en el efluente de la laguna**

$$Ne = \frac{Nf}{No} \times \text{Coliformes fecales}$$

$$Ne = 0.00354 \times 12\,213\,726.83 \frac{NMP}{100ml}$$

$$Ne = 43\,236.6 \frac{NMP}{100ml}$$

- **Coliformes fecales corregidas por evaporación**

$$Ne_{\text{corregido}} = \frac{Ne \times \text{Caudal}_{\text{efluente}}}{Q_e}$$

$$Ne_{\text{corregido}} = \frac{43\,236.6 \frac{NMP}{100ml} * 65.54 \frac{m^3}{\text{día}}}{62.36 \frac{m^3}{\text{día}}}$$

$$Ne_{\text{corregido}} = 45\,441.42 \frac{NMP}{100ml}$$

- i) **Concentración de la DBO₅ en el efluente de la laguna**

$$Kf = \frac{1.2}{(1.085)^{35-T}}$$

$$Kf = \frac{1.2}{(1.085)^{35-15.4}}$$

$$Kf = 0.2425 [\text{días}]^{-1}$$

- **Concentración de la DBO en el efluente de la laguna**

$$DBO_e = \frac{DBO_{\text{inicial}}}{Kf \times t_R + 1}$$

$$DBO_e = \frac{256.73 \frac{mg}{L}}{0.2425 [días]^{-1} \times 22.42 días + 1}$$

$$DBO_e = 39.88 \frac{mg}{L}$$

- **Eficiencia de la remoción de DBO₅**

$$\begin{array}{r} 256.73 \quad 100\% \\ 39.88 \quad X = ? \end{array}$$

$$X = 15.53\%$$

Entonces la remoción de DBO₅ es:

$$Eficiencia \ de \ remoción = 100\% - 15.53\%$$

$$Eficiencia \ de \ remoción = 84.47\%$$

- **DBO₅ corregida por evaporación**

$$DBO_{5\text{corregida}} = \frac{DBO_5 \times Caudal_{efluente}}{Q_e}$$

$$DBO_{5\text{corregida}} = \frac{39.88 \frac{mg}{L} \times 65.54 \frac{m^3}{día}}{62.36 \frac{m^3}{día}}$$

$$DBO_{5\text{corregida}} = 41.91 \frac{mg}{L}$$

3.5.9 Diseño de la laguna de maduración

Datos:

Caudal del efluente (Q_e) = 62.36 m³/día

DBO₅ corregido = 41.91 mg/L

Coliformes fecales (N_e) = 45 441.42 NMP/100ml

Tiempo de retención (t_R) = 10 días (asumido)

Ancho sugerido (B) = 18.07m

a) Volumen de la laguna

$$V = Qe \times tR$$

$$V = 62.36 \frac{m^3}{día} \times 10 \text{ días}$$

$$V = 623.6m^3$$

b) Área de la laguna Z=1m

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen}}{Z}$$

$$A = \frac{623.6m^3}{1m}$$

$$A = 623.6m^2$$

c) Longitud de la laguna

Se ha considerado un talud de 2:1 con la finalidad de evitar deslizamientos

$$L = \frac{\text{Área}}{B}$$

$$L = \frac{623.6m^2}{18.07m}$$

$$L = 34.51m$$

d) Relación Largo-Ancho

$$X = \frac{\text{Largo}}{\text{ancho}}$$

$$x = \frac{34.51m}{18.07m}$$

$$x = 1.90$$

• **Coefficiente de dispersión**

$$d = \frac{x}{-0.26118 + 0.25392(x) + 1.0136^2}$$

$$d = \frac{1.90}{-0.26118 + 0.25392(1.90) + 1.0136(1.90)^2}$$

$$d = 0.49$$

- **Coefficiente de reducción bacteriana**

$$Kb = 0.841(1.075)^{T-20}$$

$$Kb = 0.841(1.075)^{15.4-20}$$

$$Kb = 0.60 \text{ días}^{-1}$$

- **Constante "a"**

$$\alpha = \sqrt{1 + 4Kb \times t_R \times d}$$

$$a = \sqrt{1 + 4(0.60 \text{ días}^{-1}) \times 10 \text{ días} \times 0.49}$$

$$a = 3.57$$

- **Coliformes fecales en el efluente de la laguna**

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4 \times \alpha \times e^{\frac{1-\alpha}{2 \times d}}}{(1 + \alpha)^2}$$

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4(3.57)e^{\frac{1-3.57}{2 \times 0.49}}}{(1 + 3.57)^2}$$

$$\frac{Nf}{No} = 0.050$$

- **Coliformes fecales en el efluente de la laguna**

$$Ne = \frac{Nf}{No} \times \text{Coliformes fecales}$$

$$Ne = 0.050 \times 45\,441.42 \frac{NMP}{100ml}$$

$$Ne = 2272.07 \frac{NMP}{100ml}$$

- **Gasto del efluente corregido por la evaporación**

$$Qe = Q - (0.001 * \text{Área} * \text{evaporación})$$

$$Qe = 62.36 \frac{m^3}{\text{día}} - 0.001 \times 623.6m^2 \times 3.25 \frac{mm}{\text{día}}$$

$$Q_e = 60.33 \frac{m^3}{\text{día}}$$

- **Coliformes fecales corregidas por evaporación**

$$N_{e_{\text{corregido}}} = \frac{N_e * \text{Caudal}_{\text{efluente}}}{Q_e}$$

$$N_{e_{\text{corregido}}} = \frac{2272.07 \frac{NMP}{100ml} \times 62.36 \frac{m^3}{\text{día}}}{60.33 \frac{m^3}{\text{día}}}$$

$$N_{e_{\text{corregido}}} = 1947.43 \frac{NMP}{100ml}$$

- e) **Concentración de la DBO₅ en el efluente de la laguna**

$$Kf = \frac{1.2}{(1.085)^{35-T}}$$

$$kf = \frac{1.2}{(1.085)^{35-15.4}}$$

$$kf = 0.2425 \text{ días}^{-1}$$

- **Concentración de la DBO en el efluente de la laguna**

$$DBO_e = \frac{DBO_{\text{inicial}}}{Kf * t_R + 1}$$

$$DBO_e = \frac{41.91 \frac{mg}{L}}{0.2425d^{-1} \times 10d + 1}$$

$$DBO_e = 12.24 \frac{mg}{L}$$

- **Eficiencia de la remoción de DBO₅**

$$41.91 \rightarrow 100\%$$

$$12.24 \rightarrow x$$

$$x = 29.20\%$$

Entonces la remoción de DBO_5 es:

$$\text{Eficiencia de remoción} = 100\% - 29.20\%$$

$$\text{Eficiencia de remoción} = 70.80 \%$$

- **DBO_5 corregida por evaporación**

$$DBO_{5\text{corregida}} = \frac{DBO_5 \times \text{Caudal}_{\text{efluente}}}{Q_e}$$

$$DBO_{5\text{corregida}} = \frac{12.24 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 62.36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{60.33 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$DBO_{5\text{corregida}} = 12.65 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

El valor de DBO_5 obtenido, es un valor menor a 100 mg/l, por lo tanto, se encuentra dentro del rango permisible para descarga a cuerpos de agua dulce.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

4.1 Resultados para Análisis de Calidad de Agua

4.1.1 Parámetros in situ: en la Tabla 22 se observan los valores obtenidos de la medición de los parámetros durante el muestreo in situ:

Tabla 22:

Resultados de los parámetros medidos in situ para la primera medición

Fecha	Hora	pH	Temperatura (° C)	OD (mg/L)	Conductividad (ms/cm)	Turbidez (NTU)
25-05-2021	8:00 a.m.	7,16	21.8	3.60	0.65	100.7
25-05-2021	9:00 a.m.	7.14	21.7	2.64	0,73	111.1
25-05-2021	10:00 a.m.	7.12	22.2	2.17	0.93	92.19
25-05-2021	11:00 a.m.	7.53	20.6	3,63	0.893	137.6
Promedio		7,24	21.58	3.01	0.800	110.40

Nota: Resultados de los parámetros medidos in situ para la semana del 25 al 26 de mayo. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Tabla 23:*Resultados de los parámetros medidos in situ para la segunda medición*

Fecha	Hora	pH	Temperatura (° C)	OD (mg/L)	Conductividad (ms/cm)	Turbidez (NTU)
11-08-2021	8:00 a.m.	7.35	21.4	3.10	0.96	105.60
11-08-2021	9:00 a.m.	7.41	21.8	2.68	0.76	98.19
11-08-2021	10:00 a.m.	7.23	22.2	3.46	0.89	97.68
11-08-2021	11:00 a.m.	7.87	22.4	2.79	0.67	108.75
Promedio		7,47	21,95	3,01	0,82	102,56

Nota: Resultados de los parámetros medidos in situ para la semana del 11 al 12 de agosto. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Tabla 24:*Resultados de los parámetros medidos in situ para la tercera medición*

Fecha	Hora	pH	Temperatura (° C)	OD (mg/L)	Conductividad (ms/cm)	Turbidez (NTU)
16-08-2021	8:00 a.m.	7.28	22.1	2.95	0.69	102.52
16-08-2021	9:00 a.m.	7.51	21.9	3.28	0.58	99.49
16-08-2021	10:00 a.m.	7.44	22.3	2.82	0.78	113.06
16-08-2021	11:00 a.m.	7.13	22.6	3.58	0.85	98.26
Promedio		7,34	22,225	3,16	0,725	103,33

Nota: Resultados de los parámetros medidos in situ para la semana del 15 al 16 de agosto. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.1.2 Sólidos presentes en el agua

Los resultados a continuación fueron obtenidos en el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional CICAM (Centro de Investigación y Control Ambiental) y se presentan en la tabla a continuación, los respaldos de los mismos se pueden encontrar en el anexo 10:

Tabla 25:

Resultados del análisis de sólidos en el agua residual

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Sólidos sedimentables	mL/L*h	29	PE-40/SM Ed.23, 2017, 2540 F/ Gravimetría y volumetría
Sólidos totales suspendidos	mg/L	156	PE-36/SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría
Sólidos totales	mg/L	300	PE-36/SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría

Nota: La tabla indica los resultados para el análisis de sólidos, adaptados del informe de laboratorio CICAM. Ver anexo 10. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.1.3 Análisis químico y microbiológico

Los resultados correspondientes al análisis químico y microbiológico fueron entregados por parte del *Laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional: CICAM*, los cuales se encuentran reflejados en las siguientes tablas:

4.1.3.1 Resultados del análisis microbiológico de agua residual

Tabla 26:

Resultados del análisis microbiológico de agua residual para el parámetro coliformes fecales

Fecha	Parámetro	Unidad	Resultado	Método
25 de mayo	Coliformes fecales	NMP/100 mL	4.7 X10 ⁷	PE-46 SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

Nota: Adaptado de Informe de laboratorio de microbiología, CICAM. Ver anexo 10. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Tabla 27:*Resultados del análisis microbiológico de agua residual*

Fecha	Parámetro	Unidad	Resultado	Método
16 de agosto	Coliformes fecales	NMP/100 mL	2.4×10^7	MMI-12/SM 9221-E MODIFICADO
17 de agosto	Coliformes fecales	NMP/100 mL	1.9×10^7	MMI-12/SM 9221-E MODIFICADO

Nota: Adaptado de Informe de laboratorio de microbiología de la Universidad Central del Ecuador. Ver anexo 11. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.1.3.1 Resultados del análisis químico de agua residual

Tabla 28:*Resultados del análisis químico del agua residual*

Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	436	PE-06/SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetria
Demanda química de oxígeno DQO	mg/L	520	PE-01/SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS

Nota: Adaptado de Informe de laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador. Ver anexo 12. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.1.4 Resultados de la Prueba de Tratabilidad

4.1.4.1 Determinación de la dosis óptima de coagulante

Antes de realizar la prueba de jarras se tomaron en cuenta los siguientes parámetros iniciales para las muestras: pH, Turbidez y DQO, con el objetivo de realizar una comparación con los valores obtenidos al finalizar con la prueba de tratabilidad.

Tabla 29:

Valores iniciales de la muestra de agua residual antes de iniciar con el tratamiento

Repeticiones	pH inicial	DQO inicial	Turbidez (NTU) inicial
1	6.26	528	103.67
2	7.06	507	103.31
3	7.31	420	64.34
4	6.19	-	39.34

Nota: La tabla presenta los valores iniciales de pH, DQO y Turbidez para la muestra de agua residual antes de empezar con cada una de las repeticiones. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

- **Ensayo 1**

Tabla 30:

Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 1

Jarra No.	Concentración del coagulante	Turbidez (NTU) inicial	Turbidez (NTU) final	Índice de Willcomb	% de remoción
1	0,05 g/L	105,41	45,15	2	57,17
2	0,1 g/L	101,14	34,45	2	65,94
3	0,2 g/L	103,59	47,74	2	53,91
4	0,4 g/L	114,49	45,93	4	59,88
5	0,7 g/L	94,6	59,66	2	36,93
6	1 g/L	102,81	37,1	2	63,91

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

- **Ensayo 2**

Tabla 31:

Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 2

Jarra No.	Concentración del coagulante	Turbidez (NTU) inicial	Turbidez (NTU) final	Índice de Willcomb	% de remoción
1	0,05 g/L	103,7	40,13	2	61,30
2	0,1 g/L	110,31	21,44	2	80,56
3	0,2 g/L	97,91	37,74	2	61,45
4	0,4 g/L	107,6	33,59	4	68,78
5	0,7 g/L	99,75	44,99	2	54,90
6	1 g/L	100,59	44,6	4	55,66

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

- **Ensayo 3**

Tabla 32:

Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 3

Jarra No.	Concentración del coagulante	Turbidez (NTU) inicial	Turbidez (NTU) final	Índice de Willcomb	% de remoción
1	0,05 g/L	62,98	23,49	2	62,70
2	0,1 g/L	64,01	12,49	2	80,49
3	0,2 g/L	68,19	25,96	2	61,93
4	0,4 g/L	65,96	18,26	4	72,32
5	0,7 g/L	61,82	19,66	2	68,20
6	1 g/L	63,08	37,1	4	41,19

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

- **Ensayo 4**

Tabla 33:

Datos iniciales

pH inicial	Turbidez (NTU) inicial	OD inicial	Temperatura inicial
6.19	39.34	2.01	16.8

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Tabla 34:

Determinación de dosis óptima de coagulante. Ensayo 4

Jarra No.	Concentración del coagulante	Turbidez (NTU) inicial	Turbidez (NTU) final	Índice de Willcomb	% de remoción
1	0,05 g/L	39.34	2.80	2	92,88
2	0,1 g/L	38.45	0.21	2	99,45
3	0,2 g/L	40.05	1.43	4	96,43
4	0,4 g/L	39.43	1.61	4	95,92
5	0,7 g/L	40.33	3.87	2	90,40
6	1 g/L	39.95	4.22	2	89,44

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

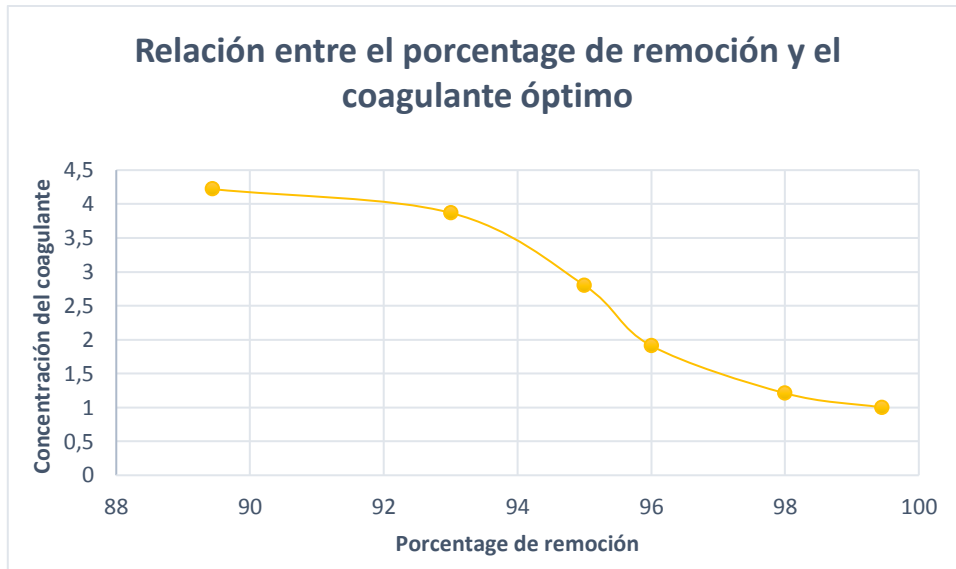
Para determinar el porcentaje de remoción se utiliza la siguiente fórmula:

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

Con base en los resultados obtenidos en la prueba de tratabilidad, se determinó que la dosis óptima del coagulante, la cual presentó mayor remoción fue la dosis de 0.1 g/L de sulfato de aluminio, con un porcentaje de 80.56%.

Figura 8:

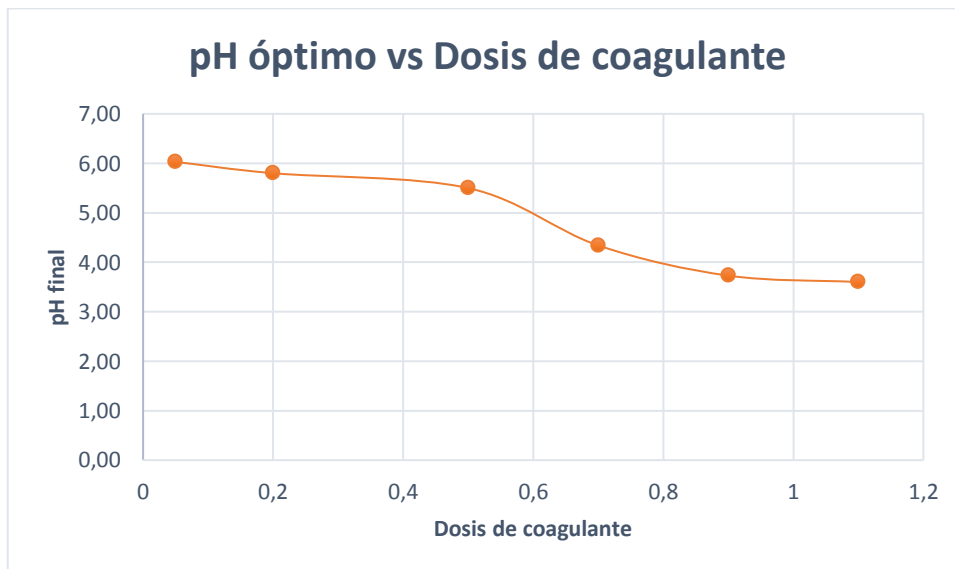
Relación entre el porcentaje de remoción y la dosis de coagulante



Nota: En la Figura se observa la relación entre el porcentaje de remoción de turbidez y la dosis óptima de coagulante. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Figura 9:

Porcentaje de remoción VS Concentración de coagulante



Nota: En la Figura se observa el pH óptimo de coagulación frente a la dosis de coagulante aplicada a cada jarra. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Tabla 35:

Valores de la muestra de agua residual después del tratamiento

Repeticiones	pH Final	DQO Final	Turbidez (NTU) final
1	6.86	114	34.45
2	7.64	126	21.44
3	6.98	120	12.49
4	5.80	-	0.21

Nota: La tabla presenta los valores finales de pH, DQO y Turbidez para la muestra de agua residual después de cada una de las repeticiones. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

Tabla 36:

Valores de la muestra de agua residual después del tratamiento para cada una de las jarras

Jarra No.	pH final	Temperatura °C	OD Final
1	6.03	17.7	7.39
2	5.80	17.6	2.21
3	5.70	18.0	5.94
4	4.34	17.9	2.19
5	3.73	17.8	2.09
6	3.60	18.0	2.16

Nota: La tabla presenta los valores finales de pH, Temperatura y Oxígeno Disuelto para la muestra de agua residual. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2 Resultados del Dimensionamiento de Lagunas de Estabilización

4.2.1 Dimensionamiento del canal de entrada

Tabla 37:

Dimensiones del Canal de entrada

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_d	0.00076	m^3/seg
Base (propuesto)	b	0.8	m
Largo	L	3	m
Altura total	H	1	m
Altura de seguridad	H_s	0.90	m
Pendiente (propuesto)	%	1	S

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.2 Dimensionamiento de rejillas

Tabla 38:

Dimensiones de las rejillas

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Área libre al paso de agua	A_l	0.00152	m^2
Longitud de las barras	L_b	1.0392	m
Número de barras	N	26	-
Pérdida de energía	h_f	0.000611	m
Ancho	B	0.8	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.3 Dimensionamiento Desarenador

Tabla 39:

Dimensiones del Desarenador

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_d	0.00076	m^3
Tiempo de sedimentación	t_s	20	min
Profundidad	P	1.2	m
Volumen	V	5.47	m^3
Área superficial	A	4.56	m^2
Ancho	a	1.23	m
Largo	L	2.44	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.4 Dimensionamiento Canal Parshall

Tabla 40:

Dimensiones del Canal de Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.305	1.372	1.344	0.61	0.845	0.915	0.61	0.915	0.076	0.229

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.5 Dimensionamiento Floculador

Tabla 41:

Dimensiones del Floculador

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Longitud total recorrida por el agua	L	210	m
Volumen de agua	V	0.456	m^3
Área transversal del canal	A	0.00217	m^2
Profundidad del agua en los canales	d	0.012	m
Espacio entre el tabique y la pared del tanque	e	0.30	m
Ancho	B	4.5	m
Longitud efectiva útil del canal	l	4.20	m
Número de canales	N	50	-
Longitud total de la cámara de floculación	L_T	11.47	m
Radio hidráulico	R	0.00969	m
Pérdidas por fricción	h_f	2.10	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.6 Dimensionamiento Sedimentador

Tabla 42:

Dimensiones del Sedimentador

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_d	0.00076	m^3/seg
Tiempo de sedimentación	T	20	min
Profundidad	P	1.2	P
Volumen	V	5.47	m^3
Área superficial	A	4.56	m^2
Ancho	a	1.23	m
Largo	L	2.44	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.7 Dimensionamiento Laguna Anaerobia

Tabla 43:

Dimensiones de la Laguna Anaerobia

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_i	65.66	$m^3/día$
Profundidad	Z	4	m
Volumen	V	146.16	m^3
Tiempo de retención	t_R	2.23	días
Área	A	36.54	m^2
Talud	-	0:1	-
Ancho	a	4	m
Largo	L	9	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.8 Dimensionamiento Laguna Facultativa

Tabla 44:

Dimensiones de la Laguna Facultativa

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_d	65.54	$m^3/día$
Área	A	979.51	m^2
Talud	-	2:1	-
Profundidad	Z	1.5	m
Ancho	B	18.07	m
Largo	L	54.20	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.2.9 Dimensionamiento de la Laguna de Maduración

Tabla 45:

Dimensiones de la Laguna de Maduración

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal del efluente	Q_e	62.36	$m^3/día$
Profundidad	Z	1	m
Área	A	623.6	m^2
Volumen	V	623.6	m^3
Tiempo de retención	t_R	10	días
Talud	-	2:1	-
Ancho	B	18.07	m
Largo	L	34.51	m

Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.3 Valores finales del tratamiento físico-químico y biológico

Mediante los cálculos del sistema de lagunaje, se ha logrado obtener los siguientes resultados de operación:

Tabla 466:

Condiciones del agua residual después del tratamiento.

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valor post tratamiento	Normativa (Descarga a efluente de agua dulce)
DBO_5	mg/L	463	12,65	100
Coliformes fecales	$NMP/100mL$	4.4×10^7	1947.43	2000

Nota: Comparación de resultados entre el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce (tabla 7) y los valores obtenidos después del tratamiento propuesto. *Elaborado por: Molina y Moya, 2021*

Los valores finales, cumplen con los límites máximos permisibles estipulados en el Acuerdo ministerial 097-A.

4.4 Análisis económico técnico y social

4.4.1 Análisis Económico

Para determinar los costos de implementación de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se toma como base el área total de construcción, para lo cual se tomaron de referencia precios de la (Cámara de la industria de la construcción, 2020) Para el análisis económico se toman en consideración los siguientes parámetros:

4.4.1.1 Costo de implementación

A continuación, se presenta una tabla con los valores correspondientes al costo de implementación de la PTAR la cual incluye: un canal de entrada, rejillas, desarenador, canal de Parshall, floculador y sedimentador, laguna anaerobia, laguna facultativa y una laguna de maduración, además de una oficina administrativa, un parqueadero y una cerca viva.

Los costos presentados a continuación están sujetos a cambios y modificaciones de acuerdo al tipo de materiales, maquinaria, tiempo de construcción y mano de obra que se vaya a utilizar para su construcción, así como también la existencia de condiciones climáticas adversas que puedan llegar a ocurrir.

Tabla 477:
Presupuesto de la PTAR

Nº	DESCRIPCIÓN		COSTO DIRECTO		TOTAL
OBRAS PRELIMINARES					
1	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	1,02	1,224	5581,7258	6.832,03
DESALOJOS					
2	Desalojo a máquina con equipo: Factor de esponjamiento en movimiento de Tierras) cargadora frontal y volqueta	1,68	2,016	13762,012	26.897,50
MOVIMIENTOS DE TIERRAS					
3	EXCAVACIÓN H=3 A 4 m A MAQUINA (EXCAVADORA) Factor de esponjamiento en movimiento de Tierras	5,78	6,936	8373,08	55.162,56
RELLENOS					
4	Compactado con suelo natural	6,58	7,896	2093,27	13.212,14
HORMIGÓN					
5	Hormigón simple muros, F'C= 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	45,97	55,164	21,79	1.202,02
ACERO					
6	Acero de refuerzo FY= 4200 kg/cm ² 14-32 mm con alambre galvanizado. N°18	1,54	1,848	400	739,20
7	Elaboración y colocación de rejillas con varillas de acero inoxidable Ø 16 mm	482,55	579,06	1	579,06
METÁLICO					
8	Encofrado/desencofrado metálico tipo RENTECO alquilado para muro-una cara	6,68	8,016	36,33	291,22
CANALIZACIÓN					
9	Excavación de zanjas a máquina en tierra H= 0-2.75 m	3,56	4,272	27425,97	115.369,50
10	Tubería PVC U/E 200 mm 1.25 MPA	30,25	36,3	126,82	4.603,57
11	Pozo de revisión H.S,INC. TAPA HF	184,44	221,328	4	885,31
GEOTEXTIL					
12	Instalación de geomembrana	5,91	7,092	1046,63	4.444,06
OBRA DE EDIFICACIÓN					
13	Construcción de la oficina de administración	250	300	50	15.000,00
14	Limpieza final de la obra	1,8	2,16	5581,7258	12.056,53
				TOTAL	257.274,71

Nota: Esta tabla detalla el costo de diseño de construcción de la Planta de Tratamiento. Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.4.1.2 Costo del tratamiento

El costo del tratamiento se consideró a partir del caudal de diseño, y la dosis óptima del coagulante determinada en el laboratorio mediante la prueba de tratabilidad, en donde se determinó que el mejor coagulante es el sulfato de aluminio en una concentración de 0.1 g/L. Se toma como referencia el precio comercial del $(Al_2(SO_4))_3$ en 0,80 ctvs por cada kilogramo.

El volumen de agua en el floculador es de 65.66 m³/día.

$$Valor_{diario} = \frac{0,0001 \text{ Kg}}{L} * \frac{0,80 \$}{Kg} * \frac{65.66 \text{ m}^3}{día} * \frac{1000L}{1m^3} = 5.25 \frac{\$}{día}$$

$$Valor_{mensual} = \frac{0,0001 \text{ Kg}}{L} * \frac{0,80 \$}{Kg} * \frac{65.66 \text{ m}^3}{día} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{30 \text{ días}}{mes} = 157.58 \frac{\$}{día}$$

$$Costo \text{ m}^3_{diario} = \frac{0,0001 \text{ Kg}}{L} * \frac{0,80 \$}{Kg} * \frac{1000L}{1m^3} = 0.08 \frac{\$}{día}$$

En la tabla a continuación se muestran los costos por tratamiento de manera diaria, mensual y por m³ de agua tratada en todo el proyecto:

Tabla 488:

Costo de tratamiento diario, mensual y por m³

PARÁMETRO	UNIDAD	COSTOS
Valor total diario	\$/día	5.25
Valor total mensual	\$/mes	157.58
Valor agua tratada (m ³)	\$/m ³	0,08

Nota: Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.4.1.3 Costo de operación y mantenimiento

Esta estimación de costos de operación y mantenimiento depende de varios factores tales como la disponibilidad de materiales e insumos, cantidad de personal que se designado a la operación de la planta además del personal técnico administrativo encargado de supervisar

y evaluar el correcto funcionamiento de las diferentes partes que componen la PTAR, se deben incluir también costos de adquisición o reemplazo de herramientas y demás gastos varios.

4.4.1.4 Disposición de lodos

Se ha considerado destinar un área para el almacenamiento de lodos, los mismos que después de ser tratados serán llevados por un gestor para su disposición final.

Para ello se deberá contactar con un gestor debidamente calificado, también se llevará a cabo el registro de entrega de los mismos para tener una constancia que se está cumpliendo con lo que dice la normativa para estos casos.

Este procedimiento se realizará semestralmente, el coste de su tratamiento va a variar dependiendo de la empresa gestora que se encargue de su disposición final.

4.4.2 Análisis Técnico

El lugar destinado para la construcción de la planta de tratamiento del sistema es de $6\,881\text{m}^2$, la misma que será ubicada de acuerdo con el espacio que se dispone en la comunidad.

Figura 10: Área propuesta para la construcción de la PTAR



Nota: La Figura muestra el área propuesta para la construcción de la PTAR Elaborado por: Molina y Moya, 2021

4.4.3 Análisis Social

Con la finalidad de conocer la situación actual de la zona destinada al proyecto se realizó una primera visita a la Comunidad de San Carlos en donde en colaboración con el GAD parroquial, se pudo determinar que las aguas residuales allí producidas tienen como disposición final el río Quijos que a su vez desemboca en el Río Alto Coca.

Este tipo de proyecto propuesto es de gran importancia para la comunidad, puesto que en el sector existía previamente una PTAR la cual no fue diseñada bajo parámetros técnicos de construcción y mantenimiento, por lo cual fue abandonada y quedando fuera de servicio. Razón por la cual se decidió proponer para esta zona la alternativa de tratamiento de sistema de Lagunas de estabilización.

Al término del proyecto se realizó una nueva socialización, esta vez con la presencia de representantes del GAD, así como de los miembros de la comunidad, en donde se presentó la propuesta con su respectivo análisis técnico y socioeconómico.

4.5 Discusión de resultados

El presente proyecto fue diseñado para la zona de la Comunidad de San Carlos en el Cantón el Chaco, Provincia del Napo y tuvo como objetivo la determinación de las propiedades físico químicas y microbiológicas para el dimensionamiento de una PTAR.

A partir de las muestras de agua residual analizadas se determinó la existencia de agentes contaminantes como coliformes fecales, nitritos, nitratos, fósforo total, sólidos y concentraciones elevadas en parámetros como DBO₅ y DQO, los cuales estaban por encima del límite máximo permisible establecido por el (TULSMA, 2018).

Para determinar la naturaleza del efluente se realizó la relación DBO₅/DQO en el agua residual original, en donde se obtuvo un valor mayor a 0,8; según (Isaza, 2016) este valor indica

que el efluente es muy biodegradable, por lo cual un tratamiento por lagunas de estabilización es suficiente para remover la materia orgánica.

A partir de los resultados obtenidos y tal como indica (Cortés Martínez, et al, pp. 22-24) se puede realizar un sistema de tratamiento secundario que consta de una laguna anaerobia, una laguna facultativa y dos lagunas de maduración, las cuales presentan una mayor eficiencia al momento de remoción de coliformes fecales, además de ser fáciles de construir, operar y mantener ya que no necesitan personal calificado, y de acuerdo con (Rosales, 2014) son adecuados para el tratamiento de todo tipo de aguas residuales producidas en zonas rurales y sectores poco poblados donde no hay acceso a otros sistemas colectivos de tratamiento, como es el caso de la Comunidad de San Carlos, ya que pueden recibir aguas provenientes de hospitales, escuelas y aguas grises en general.

Los resultados obtenidos tras los cálculos de diseño demostraron que todos los parámetros analizados se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido por el TULSMA, como lo son la DBO_5 que inicialmente presentaba valores de $463 \frac{mg O_2}{L}$ luego del tratamiento disminuyó a $12.65 \frac{mg}{L}$; así mismo los con parámetros microbiológicos, en donde se puede evidenciar que las Coliformes fecales, en un inicio $4.4 \times 10^7 \frac{NMP}{100 ml}$ se redujeron a $1947.43 \frac{NMP}{100ml}$, demostrando así que el sistema de tratamiento secundario de lagunaje es el que mejor funciona en términos de reducir la carga orgánica del efluente antes de su descarga a un cuerpo de agua.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se realizó el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, para lo cual se consideró como área de influencia a toda zona que abarca la Población de San Carlos, en el dimensionamiento constan los cálculos para el diseño de: rejillas, un desarenador, un canal de Parshall, un floculador, y un sedimentador, el cual va conectado al sistema de lagunaje, el cual fue diseñado con una vida útil de 25 años a partir de su construcción.

Se determinaron los parámetros de la calidad del agua residual mediante criterios fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales demostraron que al estar por encima de los límites máximos permisibles y con un índice de biodegradabilidad mayor a 0.8, el tratamiento más factible que se puede realizar y que demostró la disminución de las coliformes fecales previo a su descarga final, es el sistema de lagunas de estabilización.

Mediante este sistema de tratamiento se ha logrado la reducción notable del parámetro DBO₅ inicial de 463 mg/L a un valor de 12.65 mg/L, este último dentro de los límites permisibles de la normativa ambiental vigente en el Ecuador.

Se realizó la socialización del proyecto a los miembros de la comunidad, así como a los encargados del GAD parroquial, en donde se presentaron los análisis: técnico y socioeconómico, así como también los planos de dimensionamiento de la planta realizados en AutoCAD.

5.2 Recomendaciones

De llegarse a aplicar alguna de las opciones aquí mencionadas, se recomienda realizar un estudio de factibilidad de obra a cargo de un ingeniero civil, además de un estudio topográfico de la zona propuesta del proyecto, y de esta manera evitar eventualidades a futuro.

Se debe considerar que la comunidad cumple un rol muy importante en la toma de decisiones por lo cual las fases de construcción y operación de la planta, deben realizarse generando la menor cantidad de molestias a los miembros de la comunidad.

En caso de llegarse a implementar el diseño mencionado en este trabajo, hay que tener en cuenta que los mantenimientos periódicos deben realizarse con la finalidad de prevenir daños a futuro y asegurar el máximo de eficiencia.

6 BIBLIOGRAFÍA:

Baird, R. B., Eaton, A. D., & Rice, E. W. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.

Bedoya, P., Ardila, A., & Reyes, J. (2014). *EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n3/v30n3a4.pdf>

Bermeo. (2016). *Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales*. Guayaquil: GRUPOS COMPÁS.

Cámara de la industria de la construcción. (2020). *CÁMARA DE CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL*. Obtenido de <http://www.cconstruccion.net/precios.html>

COA. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Obtenido de Asamblea Nacional: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial N° 499*. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

COPIULEMU S. A. (2013). *Antecedentes Técnicos Planta de Tratamiento Oxidación Avanzada*. Obtenido de http://www.eseia.cl/archivos/AnexoB_Antecedentes_Tecnicos_Planta_Oxidacion_Avanzada.pdf

Cortés Martínez, F., Luévanos Rojas, R., Uranga Sifuentes, A. C., Martínez Espinoza, F., & Ávila Garza, C. M. (Octubre de 2011). Diseño de lagunas de estabilización con diferente número de mamparas. En *Repositorio de la Universidad Nacional Experimental de Venezuela*. UNERMB (NE). Obtenido de Diseño de lagunas de

estabilización con diferente número de mamparas:

http://www.unermb.edu.ve/investigacion/images/ric/vol_3.pdf

Cortés, F., Treviño, A., & Tomasini, A. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. México: IMTA.

Escobar, I., & Schäfer, A. (2010). *Sustainable Water for the Future: Water Recycling vs Desalination*. Elsevier.

Espigares, G. M., & Pérez, L. J. (2010). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Granada: Universidad de Granada Servicio de Publicaciones.

GAD Municipal del Cantón El Chaco . (Abril de 2020). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE EL CHACO*. Obtenido de GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN EL CHACO: <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-EL-CHACO-2014-2019.pdf>

INAMHI. (2019). *ANUARIO METEOROLÓGICO*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA : <https://www.inamhi.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

INEC. (2020). *FASCÍCULO PROVINCIAL NAPO*. Obtenido de Base de Datos – Censo de Población y Vivienda: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/napo.pdf>

Ingeciv. (2015). *Aforadores Parshall*. Obtenido de Hidráulica, Medición de Caudal: <https://ingeciv.com/aforadores-parshall/>

Ingenieros Asociados de Control S.L. (2016). *Canal Parshall I.A.C. S.L.* Obtenido de Instrucciones de montaje: <https://iac-sl.es/sites/default/files/Ccanales.PDF>

- Isaza, C. J. (2016). CRITERIOS DE BIODEGRADABILIDAD SEGÚN LA RELACIÓN DBO5/DQO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 213-226. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/370/37045328007/html/#redalyc_37045328007_ref4
- ITECPRO CONSULTING C.A. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA GONZALO DÍAZ DE PINEDA*. Obtenido de <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-PARROQUIA-GONZALO-DIAZ-DE-PINEDA-2014-2019.pdf>
- LEY ORGANICA DE SALUD. (2017). *República del Ecuador Asamblea Nacional*. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf>
- López, C., Buitrón, G., García, H., & Cervantes, F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios modelacion y diseño*. IWA Publishing.
- Mercado, Á. (2017). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>
- Metcalf, & Eddy. (2014). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente. (4 de Noviembre de 2015). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria*. Obtenido de NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura ¿Beneficios para todos?* Roma: <https://www.fao.org/3/i1629s/i1629s.pdf>.
- Osorio, F. R., Torres, J., & Sánchez, M. (2014). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. España: Murcia: Ediciones Díaz de Santos.
- Raffo, L. E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. En E. Raffo Lecca, & E. Ruiz Lizama, *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno* (págs. 76-78). Lima: Industrial Data.
- Reforma del Libro VI del TULSMA. (4 de Mayo de 2015). *REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-61.pdf>
- Romero, J. (2010). *Aguas Residuales*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/359898671/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-J-Romero-pdf>
- Ronquillo, R. (Noviembre de 2016). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA SER UTILIZADA EN EL RIEGO DEL PARQUE*. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047_%20Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf

Rosales, E. (2014). Tanques sépticos, conceptos teóricos base y aplicaciones. En E. Rosales, *Tanques sépticos, conceptos teóricos base y aplicaciones* (págs. 24-27). Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Secretaría del Agua. (2013). *NORMA CO 10.7 - 602 - REVISIÓN*. Obtenido de NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>

TULSMA, R. T. (2018). Obtenido de REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

UNESCO. (2017). *Las aguas residuales, un recurso desaprovechado*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UNESCO%202017.%20Informe%20Mundial%20sobre%20el%20Desarrollo.PDF

Valdez, C. E., & Vázquez, A. B. (2013). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. México: Fundación ICA, A.C.

7 ANEXOS:

Anexo 1:

Comunidad San Carlos



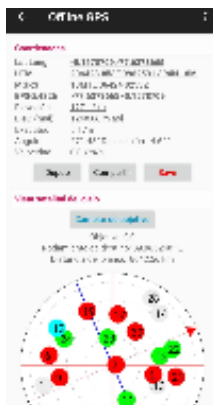
Anexo 2:

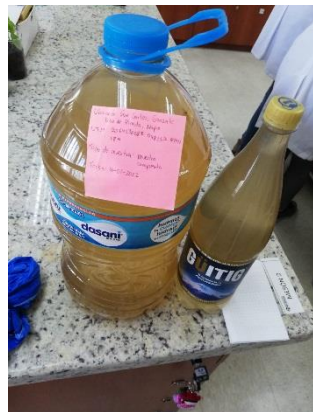
Socialización inicial del proyecto



Anexo 3:

Toma de muestras para su análisis





Anexo 4:

Medición de parámetros in situ



Anexo 5:

Evidencia Fotográfica del Análisis en Laboratorio

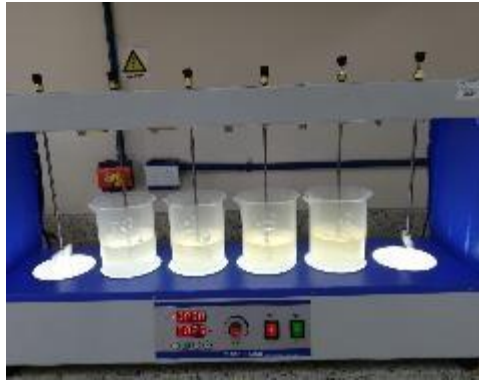




Prueba de Jarras

- **Ensayo 1, 2 y 3**



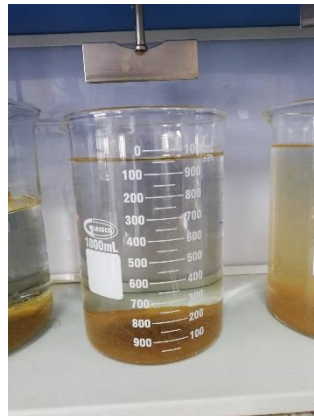
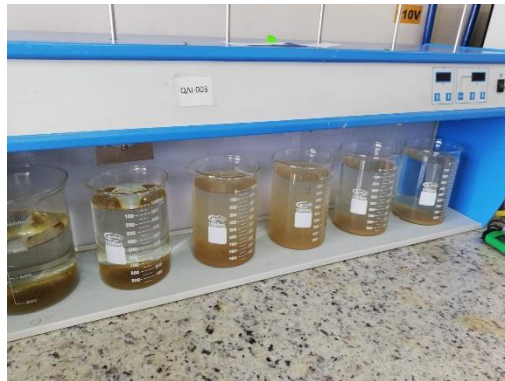
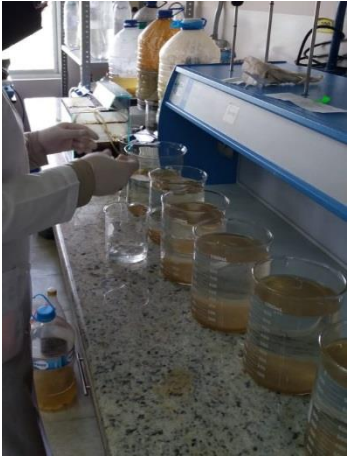


Análisis de DQO en laboratorio UPS



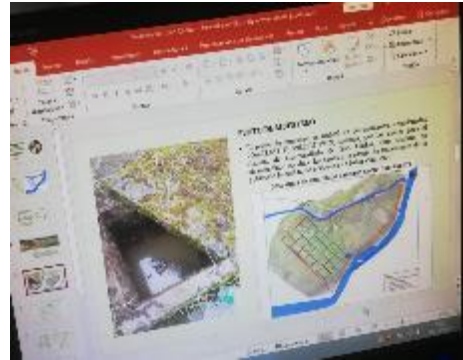
- **Prueba de tratabilidad: Ensayo 4**





Anexo 6:

Socialización final del proyecto



Anexo 7:

Solicitud de la socialización inicial

Sr. Luis Salazar

Presidente del GAD Parroquial de Gonzalo Días de Pineda, del cantón El Chaco,
Provincia del Napo

De nuestra consideración:

Por medio del presente, le hacemos llegar un afectuoso y cordial saludo y a su vez nos permitimos solicitar nos autorice a Molina Villavicencio Andrea Elizabeth con C.I. 1727261685 y Moya Ortiz Mishel Estefanía con C.I. 0604575985; estudiantes de noveno nivel de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, realizar la socialización inicial de nuestro Proyecto titulado: **“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades físico químicas en la población de San Carlos, Cantón El Chaco, Provincia de Napo, para su dimensionamiento”**; a las personas que residen en la comunidad.

Esperando contar con su autorización para llevar a cabo la actividad antes mencionada, anticipamos nuestros sinceros agradecimientos.

Atentamente,



Andrea Molina



Mishel Moya

Anexo 8:

Solicitud de la socialización final

San Carlos, 24 de septiembre de 2021

Sr. Luis Salazar

Presidente del GAD Parroquial de Gonzalo Días de Pineda, del cantón El Chaco,
Provincia del Napo

De nuestra consideración:

Por medio del presente, le hacemos llegar un afectuoso y cordial saludo y a su vez nos permitimos solicitar nos autorice a Molina Villavicencio Andrea Elizabeth con C.I. 1727261685 y Moya Ortiz Mishel Estefanía con C.I. 0604575985; egresadas de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, realizar la socialización de nuestro Trabajo Experimental titulado: **“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades físico químicas en la población de San Carlos, Cantón El Chaco, Provincia de Napo, para su dimensionamiento”**; a las personas que residen en la comunidad. Y a la vez ponemos en su conocimiento el presente documento para los fines pertinentes.

Esperando contar con su autorización para llevar a cabo la actividad antes mencionada, anticipamos nuestros sinceros agradecimientos.

Atentamente,

Andrea Molina

Mishel Moya




Anexo 9:

Registro de asistencia a la socialización final del proyecto

Asistencia a Socialización					
Proyecto	Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades fisicoquímicas en la población de San Carlos, Cantón El Chaco, Provincia de Napo, para su dimensionamiento				
A cargo de/Tesistas	Molina Andrea, Moya Mishel				
Lugar	San Carlos, Cantón El Chaco	Fecha	27/9/2021	Hora	
Nombre	Firma	Cédula			
David Zapato		020103787			
Elizabeth Bollo		1500664261			
Sexa Barroca					
Rocio Acuña					
Josselin Guachamin		172749140			
Jonathan Monteros		1330130874			
Willian Ceron		9350042244			
Diana Guachamin		1500975105			
Cesar Bendeciar		210097708-7			
Fernanda Guachamin		1880172306			
Alex Rivera		15042094-1			
Piedad Quezada		110227817-1			
Eddy Patiño		171633473-3			
María Tobos		2100954508			
Fabian Rivera		1002276655			
Paulina Deque		1718519216			


Anexo 10:

Resultado de los análisis físicos químicos y microbiológicos, Laboratorio CICAM



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 07 de junio de 2021

No.IRS-21-179

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Andrea Elizabeth Molina Villavicencio
 Nombre del Representante: -
 Cédula / RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: amolinav3@est.ups.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-05-26
 No. Oferta de Servicio: OF21-118
 No. Solicitud de trabajo: ST-21-054
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
 Código de la muestra: MS-21- 179
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 26 al 31 de mayo de 2021
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -	Tipo de envase: Plástico	Nº de envases: 1	Preservante: No
Fecha de muestreo: 2021-05-26	Plást. estéril	1	No
Rotulación de la muestra: -			
Tipo de muestreo: Compuesto			
Tipo de muestra: Agua Residual			
Lugar de muestreo: 9982828,193			
Origen de la muestra: 206192,295			
Responsable de muestreo: Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,7x10 ⁷
^(d) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	422
^(d) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	500
^(c) Fósforo total (P)	PE-53/ SM Ed.23, 2017, 4500- P C/ Espectrofotometría VIS	mg/L	0,27
^(c) Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3
^(c) Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
^(c) Sólidos sedimentables	PE-40/ SM Ed.23, 2017, 2540 F/ Gravimetría y volumetría	mL.L*h	29
^(d) Sólidos totales suspendidos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	156
^(d) Sólidos totales	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	300

Acreditaciones:

^(d) Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

^(d) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

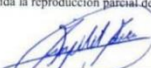
Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera


El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados


En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohíbe la reproducción parcial de este informe



Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO





Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO

F-PT-08-06

Página 1 de 1

Versión 03
Vigencia:2020-12-09

Anexo 11:

Resultado de los análisis microbiológicos, Laboratorio de la Universidad Central



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. MI 30613
ORDEN DE TRABAJO No. 83776

SOLICITADO POR:	MOLINA ANDREA ELIZABETH
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	SOLAMBA, SECTOR 4, MZRQUITO PICHINCHA
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCIÓN:	SANCARLOS, EL CHACO, PROVINCIA DEL IMPO
LOTE:	---
FECHA DE ELABORACIÓN:	---
FECHA DE VENCIMIENTO:	---
FECHA DE RECEPCIÓN:	17/08/2021
HORA DE RECEPCIÓN:	10:00
FECHA DE ANALISIS:	17/08/2021
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SEDE/FADEA:	20/08/2021
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	200ml
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP
MUESTREO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	1.0x10 ²	NMI-12/SM 2221-E MODIFICADO

DATOS ADICIONALES:

NMP/100ml: Número más probable de coliformes por 100 mililitro



Acreditación N° OAE LE 10 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*

3. DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD



LINEA MAGALY
CHASI
TOAPANTA

B.F. MAGALY CHASI - Mgr.
RESPONSABLE AREA MICROBIOLOGIA



1 111

R-00-01-25

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto García Sobral. Teléfonos: 2602 262 / 2602 456, ext. 1538, 21, 81, 25
Teléfono: 5218740 - E-mail: osp@uc.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. MI 39614
ORDEN DE TRABAJO No. 63776

SOLICITADO POR:	MOLINA ANDREA ELIZABETH
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	SOLANDA, SECTOR 4, MZRCU TOFICHINCHA
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCIÓN:	SAN CARLOS, EL CHICO, PROVINCIA DEL NAPO
LOTE:	---
FECHA DE ELABORACIÓN:	---
FECHA DE VENCIMIENTO:	---
FECHA DE RECEPCIÓN:	17/09/2021
HORA DE RECEPCIÓN:	15:00
FECHA DE ANÁLISIS:	17/09/2021
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECCIONARIA:	23/09/2021
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	200ml
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	2.4x10 ⁴	MMI-12/SM 9221 E MODIFICADO

DATOS ADICIONALES:

NMP/100ml: Número más probable de coliformes por 100 mililitro



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE TC 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*

3. DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.



Escanea el código QR para:

LINA MAGALY
CHASI
TOAPANTA

B. F. MAGALY CHASI – Mgtr.
RESPONSABLE AREA MICROBIOLOGIA



2 / 11

R-GC-01-25

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Salma - Teléfonos: 3500-360 / 3500-456, ext. 15,18,31,31,33
Teléfono: 3216740 - E-mail: osp@ucv.edu.ec

Anexo 12:

Resultado de los análisis físicos químicos, Laboratorio de la Universidad Central



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 52573
ORDEN DE TRABAJO No. 63777

SOLICITADO POR:	MOJINA ANDREA ELIZABETH		
DIRECCION DEL CLIENTE:	SOLANDA, SECTOR 4, MZ B / QUITO / PIEDRAHONDA		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL, AGUA DE ALCANTARILLA, MUESTRA COMPUESTA UBICACIÓN: SAN CARLOS, EL CHALLO, GONZALO DÍAS DE PÉREZ, PROVINCIA DEL NAPE PUNTO DE MUESTRO: 206423.858E / 9932531.894N / 18M ELEVACIÓN: 1771.7 m		
FECHA DE RECEPCIÓN:	17/08/2021	HORA DE RECEPCIÓN:	13:15
FECHA DE ANÁLISIS:	De: 17/08/2021 AL 24/08/21		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	24/8/2021		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	TIPO DE TIERRA:	ESTADO:	CONTENIDO:
OBSERVACIONES:			4 l
* Los resultados que constan en el presente Informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.			

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODOS
DBO5	mgO ₂ /L	420	M-GO-AM-03/APHA 5210 B MODIFICADO/ VOLUIMÉTRICO
DQO	mgO ₂ /L	502	M-GO-AM-23/METODO OXIDATIVO Y COLORIMETRICO MERCK 28, 29, 112, 132 /
FOSFORO TOTAL	mg/L	2,92	M-GO-AM-37/APHA 4500-P B y C MODIFICADO/ CLORIDO METÓDICO
NITRATO (N-NO ₃)	mg/L	0,51	M-GO-AM-43/APHA 4500-NOB-B MODIFICADO/ ENBEL (KUPH) UNITECIA
NITRITO (N-NO ₂)	mg/L	<0,010	M-GO-AM 41/COLORIMETRICO / ESPECTROFOTOMETRICO
NITROGENO TOTAL	mg/L	8	M-GO-AM-45/METODO BÁRICO MERCK / ESPECTROFOTOMETRICO

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE TC 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*



USUARIO: B.ACCREDITACIONE 001

ALICIA BEATRIZ

B.F. ALICIA CEPA
RESPONSABLE DEL AREA DE AMBIENTAL



1 / 11

R-GO-01-26

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,16,21,31,33
Teléfono: 3216740 - E-mail: fqa.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 52574
ORDEN DE TRABAJO No. 63777

SOLICITADO POR:	MOLINA ANDREA ELIZABETH		
DIRECCION DEL CUENITE:	SOLANDA, SECTOR 4, MZ R / Q., ITO / PICHINCHA		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL, AGUA DE ALCOFARILLA, MUESTRA COMPUESTA. UBICACION: SAN CARLOS, EL CACAO, GONZALO DIAS DE PINEDA, PROVINCIA DEL NAPO PUNTO DE MUESTREO: 206425.858E / 998253.1894N / 18M ELEVACION 1271,2 m		
FECHA DE RECEPCIÓN:	17/05/2021	HORA DE RECEPCIÓN:	11H15
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 17/05/2021 AL 24/06/21		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	24/05/2021		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	POCO TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	4 L
DISPOSICIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OGP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite el orden de trabajo.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODOS
DEBOS	mgO ₂ /L	499	M-GO-AM-28/ÁPHA 5210 R MODIFICADO/ VOLUMETRÍA
DOD	mgO ₂ /L	520	M-GO-AM-23/METODO OXIDATIVO Y COLUMETRICO MERCK 26, 29, 114, 112 /
FOSFORO TOTAL	mg/L	2,99	M-GO-AM-17/ÁPHA 4500-P B y C MODIFICADO/ COLUMETRICO
NITRATOS (N-NO ₃)	mg/L	0,523	M-GO-AM-43/ÁPHA 4500-NO ₃ -B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA
NITRITOS (N-NO ₂)	mg/L	<0,010	M-GO-AM-40/COLORIMETRICO / ESPECTROFOTOMETRICO
NITROGENO TOTAL	mg/l	8	M-GO-AM-45/METODO RÁPIDO MERCK / ESPECTROFOTOMETRICO

S: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CUENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 10 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*



(Firma digitalizada por)

ALICIA
BRATRIZ

B.F. ALICIA CEPA

RESPONSABLE DEL AREA DE AMBIENTAL



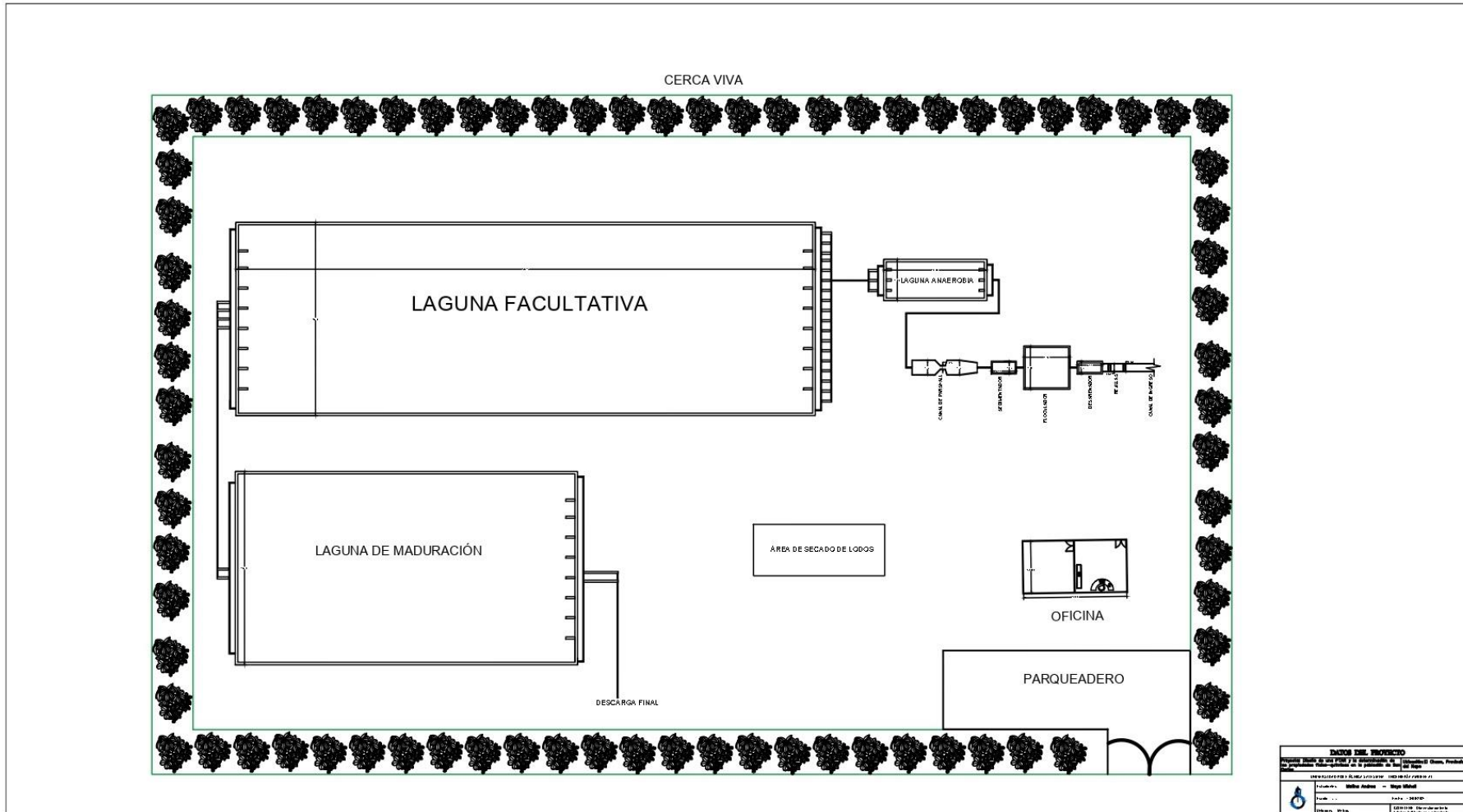
2 / 1

R-GO-01-26

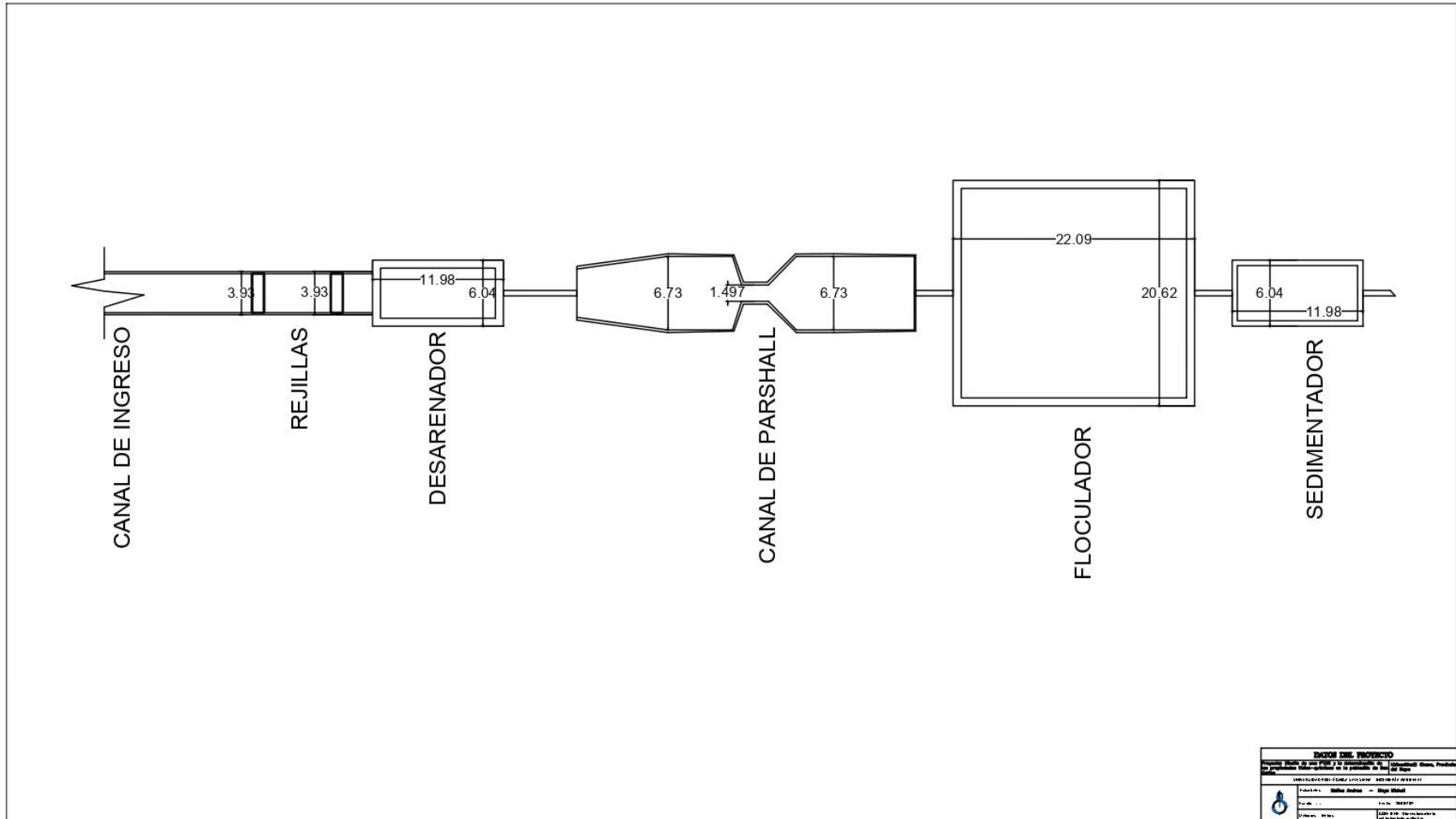
Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Galán Suárez. Teléfonos: 2502 262 / 2502 456, ext. 15,16,21,31,32
Teléfono: 3216740 - E-mail: osp@univ.edu.ec

Anexo 13:

Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales



Anexo 14: Pretratamiento de la planta de tratamiento de agua residual



Anexo 15: Plano de la Comunidad San Carlos realizada en AutoCAD

