UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR:

PALLO TAPIA CRISTINA MARIANELA

DIRECTOR DEL PROYECTO:

MSc. PEÑAFIEL ARCOS PEDRO ANDRÉS

PASTAZA – ECUADOR

2020 - 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe **PALLO TAPIA CRISTINA MARIANELA** con C.I. **1850741289**, hace constar que es autora del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. **PEÑAFIEL ARCOS PEDRO ANDRÉS**. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 19 días del mes de febrero del 2021.



Pallo Tapia Cristina Marianela

CI: 1850741289

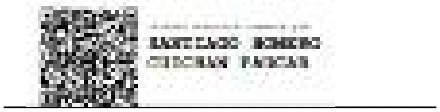
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**".



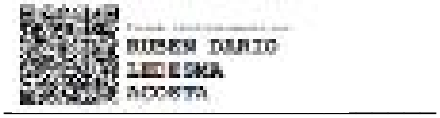
Dr. Samaniego Guzmán Edison Oswaldo

Presidente del Tribunal



MSc. Cuichan Paucar Santiago Homero

Miembro del Tribunal

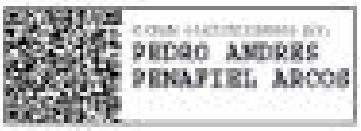


MSc. Ledesma Acosta Rubén Dario

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente Msc Pedro Andrés Peñafiel Arcos con C.I: 1600373987, certifica que el Proyecto de Integración de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA", ha sido examinado a través del sistema Anti-plagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 9 %. En el cantón Pastaza, a los 22 días del mes de febrero del 2021.



Msc Pedro Peñafiel

Director del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular

AGRADECIMIENTO

A mi familia quienes me han guiado y apoyado en todo momento para poder culminar con éxito este proyecto de tesis.

A mi Director de tesis Ing. Pedro Peñafiel quien aportó con sus conocimientos en la ejecución de la tesis.

Agradezco al Ing. Leobel Morel y a su esposa, quienes hicieron posible que este proyecto siga adelante.

Al Ilustre Municipio del cantón Baños de Agua Santa y la GAD parroquial de Ulba que me facilitaron la información necesaria para desarrollar el presente proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre Gloria Tapia que se sacrificó en post de mi bienestar, guiando mis pasos con mucho amor, me enseñó a continuar luchando para vencer los obstáculos, sin perder la esperanza de ver cristalizada una de mis metas propuestas, a pesar de los tropiezos y dificultades que se han presentado en el difícil sendero de mi vida.

A mis hermanas Catherine, Lizbeth y Marilyn quienes son mi fortaleza y el pilar de apoyo, ellos me han elevado espiritualmente y anímicamente para llegar a cumplir con mis objetivos.

A mi esposo Carlos, quien es un ser maravilloso que siempre creyó en mí y que está conmigo apoyándome incondicionalmente en todo momento por su respaldo, apoyo y porque me enseñó que siempre hay una luz al final del camino.

A mi hijo gran bendición de Dios quien me llegó a llenarme de felicidad, con sus travesuras, con sus sonrisas y a convertirse en mi motivación que me empuja a salir adelante.

RESUMEN

Se diseñó un sistema para tratar aguas residuales domesticas para la cabecera parroquial de Ulba perteneciente al cantón Baños, provincia de Tungurahua.

Aplicando la metodología de análisis procedimos a estimar los valores de la caracterización de las aguas residuales de las descargas de la cabecera parroquial realizando revisiones bibliográficas; los estudios más utilizados son los realizados por Cepeda (2014), Morales (2011) y de Quidigalle (2015), debido a que son estudios basados en un sistema de alcantarillado combinado, tal cual la red de alcantarillado de Ulba lo es.

Resultando valores estimados promediales del agua residual en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 248,42 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 435 mg/L, Sólidos Suspendidos (SS) 313,2 mg/L, Coliformes Fecales $9,6x10^5$ NMP/100mL y Coliformes totales $7,1x10^5$ NMP/100mL, comprobando que estos parámetros se encuentran fuera del límite permitido por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

La evaluación sobre estos parámetros permitió establecer los siguientes procesos para bajar la contaminación: cuatro barrotes de cribado de gruesos y 19 barrotes del cribado de finos para eliminar sólidos finos , dos desarenadores para eliminar partículas de un diámetro de 0,30 mm, un tanque imhoff como tratamiento primario con lecho de secado eliminando DBO5 Y DQO en un 60% y los SS en un 40% , un filtro biológico percolador como tratamiento biológico con un sedimentador secundario, eliminando DQO en un 80%, DBO5 en un 75,3% y SS en un 90%, y como tratamiento terciario tenemos la desinfección por radiación Ultravioleta eliminando a todo virus, hongos, bacteria y microorganismos en un 99.95%.

Siendo recomendable y viable para la cabecera parroquial de Ulba, construir la PTAR para un mejor desarrollo social, económico y ambiental en la población, cumpliendo la normativa vigente; se deberá realizar una previa actualización de los datos y análisis que varían con el tiempo.

PALABRAS CLAVES:

Aguas residuales domésticas, Filtro percolador, caudales, eficiencia

ABSTRACT

A system was designed to treat domestic wastewater for the parish head of Ulba belonging to the Baños canton, Tungurahua province.

Applying the analysis methodology, we proceeded to estimate the values of the characterization of the wastewater from the discharges of the parish head, making bibliographic reviews; The most widely used studies are those carried out by Cepeda (2014), Morales (2011) and Quidigalle (2015), because they are studies based on a combined sewerage system, just as the Ulba sewerage network is.

Resulting average estimated values of the wastewater in the Biochemical Oxygen Demand (BOD) 248.42 mg / L, Chemical Oxygen Demand (COD) 435 mg / L, Suspended Solids (SS) 313.2 mg / L, Fecal Coliforms 9, 6x105 MPN / 100mL and Total Coliforms 7.1x105 MPN / 100mL, checking that these parameters are outside the limit allowed by the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULAS).

The evaluation of these parameters allowed establishing the following processes to reduce contamination: four coarse screening bars and 19 fine screening bars to remove fine solids, two grit traps to remove particles with a diameter of 0.30 mm, an imhoff tank as a primary treatment with a drying bed eliminating BOD5 and COD by 60% and SS by 40%, a biological trickling filter as a biological treatment with a secondary settler, eliminating COD by 80%, BOD5 by 75.3% and SS by 90%, and as a tertiary treatment we have disinfection by UV radiation, eliminating all viruses, fungi, bacteria and microorganisms by 99.95%.

Being recommended and viable for the parish head of Ulba, to build the WWTP for a better social, economic and environmental development in the population, complying with current regulations; A prior update of the data and analysis that vary over time must be carried out.

KEYWORDS:

Domestic wastewater, trickling filter, flow rates, efficiency

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 13

1. INTRODUCCIÓN 13

1.1. Planteamiento del problema 13

1.2. Objetivos 14

1.2.1. Objetivo general 14

1.2.2. Objetivos específicos 15

1.3. Alcance 15

1.4. Justificación 15

CAPÍTULO 2 17

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 17

2.1. Agua 17

2.2. Contaminación hídrica 18

2.3. Agua residual 18

2.4. Tipos de agua residual 19

2.5. Características del agua residual 19

2.5.1. Características físicas 19

2.5.2. Características químicas 19

2.5.3. Características biológicas 20

2.6. Aguas residuales domésticas 20

2.7. Límites máximos permisibles de descarga de aguas residuales a cuerpo receptor de agua dulce 21

2.8. Características de las aguas residuales domésticas 23

2.8.1. Características físicas de las aguas residuales domésticas. 24

2.8.2. Características químicas del agua residual domésticas 26

2.8.3. Características biológicas del agua residual domésticas 26

2.9. Características generales de la composición de las ARD 27

2.10. Tipos de análisis de diseño 27

2.11. Tratamiento de las aguas residuales domésticas 28

2.11.1. Tratamiento preliminar 29

2.11.2. Tratamiento primario 30

2.11.3. Tratamiento secundario 33

2.11.4. Tratamiento terciario 35

CAPÍTULO 3 37

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 37

3.2. Tipo de investigación 39

3.3. Métodos de investigación 39

3.3.1. Diagnóstico de la situación actual del manejo de las aguas residuales domésticas de la cabecera parroquial Ulba. 39

3.3.2. Dotación: 41

3.3.3. Cobertura de alcantarillado. 41

3.3.4. Caracterización de las aguas residuales de la cabecera parroquial de Ulba ... 42

3.3.5. Medición de caudales de las descargas. 42

3.3.6. Caudal de diseño 42

3.3.7. Caracterización de las Aguas Residuales 46

3.3.8. Análisis de alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas 46

3.3.9. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas 51

3.3.10. Evaluación de impactos 51

CAPITULO 4 54

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 54

4.1. Diagnóstico de la situación actual del manejo de las aguas residuales domésticas de la cabecera parroquial Ulba. 54

4.1.1. Análisis demográfico 54

4.1.2. Características generales del Ámbito de Estudio 54

4.1.3. Dotación 56

4.1.4. Cobertura de la red de alcantarillado 56

4.1.5. Población de Diseño o población futura para 30 años de diseño 57

4.1.6. Caracterización del agua residual de la cabecera parroquial 58

4.1.7. Caudal de diseño 59

4.2. Alternativas de tratamiento 62

4.2.1. Análisis de alternativas para el tratamiento de la PTAR 62

4.2.2. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual doméstica para la cabecera parroquial de Ulba 63

4.2.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento 64

4.2.4. Impacto Ambiental 82

4.3. Discusión de resultados 86

4.3.1. Resultados de la caracterización del agua residual 86

4.3.2. Resultados del dimensionamiento de la planta 87

4.3.3. Resultado del cálculo de la población de diseño 87

4.3.4. Resultados del cálculo del caudal de diseño 88

4.3.5. Resultados del dimensionamiento del canal de entada 88

4.3.6. Resultados del dimensionamiento de la rejilla 89

4.3.7. Resultados del dimensionamiento del desarenador 90

4.3.8. Resultados del dimensionamiento del tanque Imhoff 90
4.3.9. Resultados del dimensionamiento del filtro biológico percolador 92
4.3.10. Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario 93
4.3.11. Resultados del dimensionamiento del lecho de secados 94

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....98

BIBLIOGRAFÍA 100

ANEXOS.....105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. 21
Tabla 2.- Características de las aguas residuales típicas domésticas 24
Tabla 3.- Tratamientos convencionales de aguas residuales domésticas 28
Tabla 4.- Criterios de diseño para rejillas 30
Tabla 5.-Coeficiente de rugosidad de Manning 30
Tabla 6.- Coordenadas geográficas de la parroquia Ulba 39
Tabla 7.- Población de la cabecera parroquial 40
Tabla 8.- Coordenadas Geográficas de los puntos de descarga 42
Tabla 9.- Valores del coeficiente de escurrimiento según el tipo de zona 44
Tabla 10.- Fórmulas empíricas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes ta maños de población. 45
Tabla 11.- Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población 45
Tabla 12.- Viabilidad de alternativas de tratamiento biológico para la cabecera parroquial de Ulba 49
Tabla 13.- Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold 52
Tabla 14.-Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold 52
Tabla 15.- Tipos de climas existentes en Ulba 55
Tabla 16.- Uso y Cobertura del suelo de Ulba 55
Tabla 17.- Características físicas, químicas y biológicas de las descargas de la cabecera parroquial de Ulba. 58
Tabla 18.- Matriz de método de comparación de alternativas de tratamiento 62
Tabla 19.- Coeficiente de rugosidad de Manning 66
Tabla 20.- Constante a en función del diámetro de la partículas. 68
Tabla 21.-Criterios de diseño para el tanque Imhoff parte del sedimentador ... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 22.-Factor de capacidad relativa según la temperatura ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 23.- Tasas de Aplicación superficial y profundidades para el diseño de decantadores secundarios pos FBP 78
Tabla 24.- Matriz de Leopold 85
Tabla 25.- Resultados del cálculo de la población de diseño 87
Tabla 26.- Resultados del cálculo del caudal de diseño 88
Tabla 27.- Resultados del dimensionamiento del canal de entrada 88
Tabla 28.- Resultados del dimensionamiento de las rejillas 89
Tabla 29.- Resultados del dimensionamiento del desarenador 90
Tabla 30.- Resultados del dimensionamiento del tanque Imhoff 91
Tabla 31.- Resultados del dimensionamiento del FBP 92
Tabla 32.- Resultados del dimensionamiento del FAFA 94
Tabla 33.- Resultados del dimensionamiento de los lechos de secado 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Composición de las aguas residuales domésticas.....21
Figura 2.- Cámara de sedimentación en el tanque imhoff.....32
Figura 3.- Vista frontal del tanque imhhoff.....32
Figura 4.- Esquema de sistema del filtro percolador.....33
Figura 5.- Tanque de sedimentación secundaria.....34
Figura 6.- Ubicación geográfica de la cabecera parroquial Ulba.....37
Figura 7.- Mapa de Ubicación de la cabecera parroquial de Ulba.....38
Figura 8.- Esquema de Balance de masa.....47
Figura 9.- Red de alcantarillado de la cabecera parroquial del Ulba.....56
Figura 10.- Esquema de la propuesta para la planta de tratamiento de agua residual.....63
Figura 11.- Esquema del dimensionamiento del tanque Imhoff.....92
Figura 12.- Esquema del filtro percolador.....93
Figura 13.- Esquema del sedimentador secundario.....94
Figura 14.- Diagrama de flujo del tratamiento de desinfección.....97

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso más necesario y abundante de la naturaleza cubriendo aproximadamente tres cuartos de la superficie terrestre, contribuyendo a la estabilidad del funcionamiento del entorno, de los seres vivos y los organismos que en él habitan, sin embargo, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para el consumo humano (Torres & Delgado, 2020).

Desde épocas históricas la disposición en la eliminación de las aguas residuales no ha sido la más óptima debido a que estas se han descargado directamente a un cuerpo receptor sin tratamiento residuales se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales domésticas y los vertimientos agropecuarios están contaminando los ríos, las aguas subterráneas, los humedales y las represas de agua, causando un grave daño al medio ambiente y a la salud humana" (Veintimilla, 2015).

En la actualidad la parroquia Ulba ha tenido un crecimiento notorio en población, produciendo mayor cantidad de aguas residuales que no son tratadas y estas son eliminadas directamente al efluente (Río Pastaza), por ende, es de vital importancia contar con una planta de tratamiento de aguas residuales y reducir los impactos ambientales negativos que estas aguas no tratadas produce.

Con miras a una calidad de vida y la selección de un sistema de tratamiento aguas residuales domésticas, adecuado a las condiciones tanto ambientales, como técnicas y financieras, el presente proyecto de investigación es llevado a cabo para realizar la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, en la parroquia Ulba perteneciente al cantón Baños de Agua Santa, la importancia de la investigación planteada radica en que el agua usada para el consumo humano sea tratada con los procedimientos debidos y así disminuir la contaminación.

1.1.Planteamiento del problema

Las aguas residuales son aquellas que después de haber sido utilizadas por las personas para diferentes actividades sus características originales han sido modificadas y que por su calidad requieren tratamiento previo (Asociación Vivamos Mejor, 2017), antes de ser

reusadas, vertidas a un cuerpo de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Sánchez (2015) y Rodríguez (2017), mencionan que las aguas residuales domesticas son producto de la utilización del líquido en diferentes actividades del hogar, y que debe existir una adecuada eliminación de estas, debido a que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno al medio ambiente.

Actualmente existe poco o nada de interés a nivel del país en los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y parroquiales a implementar acciones con tendencia al tratamiento de aguas residuales, en la mayoría de los casos estas aguas son vertidas directamente a un cuerpo superficial de aguas, ocasionando el deterioro de fuentes de aguas y ríos, además de generar un fuerte impacto negativo en la salud del ser humano y afectar a los ecosistemas naturales concurrentes.

El GAD Parroquial rural Ulba no es la excepción, esta parroquia no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, y éstas son vertidas directamente al rio Pastaza el cual se encuentra contaminado en grandes cantidades.

En relación con el impacto ambiental que esta situación genera sobre los cuerpos de agua receptores, se adiciona también las alteraciones sobre los ecosistemas acuáticos, provocando así su eutrofización (Morán, 2014). Además de que las aguas residuales aportan en cantidades excesivas de nutrientes tales como el nitrógeno y fosforo y otros contaminantes reduciendo el oxígeno existente en el cuerpo de agua provocando la alteración de las condiciones físicas, químicas y biológicas del efluente.

Con el diseño de una plata de tratamiento de aguas residuales domésticas, se pretende mitigar y minimizar los impactos negativos que se señalaron anteriormente, con la implementación de la PTAR, se logrará el adecuado manejo de las aguas residuales, contribuyendo a la mejora del medio ambiente y a la calidad de vida de los habitantes de la parroquia Ulba, disminuyendo las cargas contaminantes al cuerpo de agua y evitando la continuidad en el deterioro ambiental

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Proponer un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la cabecera parroquial de Ulba, Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua, para mejorar las condiciones ambientales de los cuerpos receptores.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del manejo de las aguas residuales domésticas de cabecera parroquial Ulba, tomando como base la información ambiental como demográfica del área de influencia.
- Plantear las diferentes alternativas de tratamiento en base a los datos iniciales obtenidos, siguiendo una metodología conocida y que lleven a escoger la opción que mejor cumpla con los parámetros determinados en la normatividad vigente.
- Diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales para cada etapa con su respectivo dimensionamiento.

1.3. Alcance

El presente proyecto busca diagnosticar y caracterizar física, química y microbiológicamente, las aguas residuales de la cabecera parroquial de Ulba, para establecer una propuesta de tratamiento previo a la descarga hacia el cuerpo receptor, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente y preservar el ecosistema acuático y la salud de las personas de la zona.

1.4. Justificación

Marsilli (2015), menciona que el agua es un recurso muy importante que forma parte del estilo de la vida del ser humano; a este recurso tiene diferentes usos y en grandes cantidades, pues responde a muchos propósitos diferentes: alimentación, higiene personal, recreación, turismo, entre otros.

El agua de suministro doméstico, una vez que ya es utilizada contiene gran cantidad de materia orgánica, sólidos, detergentes, jabones y grasas, que al ser liberados sin un previo tratamiento conducen a un deterioro ambiental (Raul, 2014). Generalmente estas aguas residuales son descargadas directamente en las corrientes y cuerpos superficiales de agua alterando su calidad y generando problemas ambientales.

Una manera efectiva de evitar y solucionar la mayor parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales es mediante la aplicación de un tratamiento de la misma, debido a que la ejecución de un proceso de tratamiento de aguas residuales permite disminuir la contaminación hacia el ecosistema y el mismo recurso y ayuda a la mejora de la salud de los habitantes del sector.

Además, considerando la constitución del Ecuador 2008, en el Título II, capitulo segundo, sección segunda, articulo 14.- se reconoce el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, declarando de interés público la prevención del ambiente la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Con estos argumentos, reconocemos la necesidad y la importancia de implementar un proyecto que permita mejorar la calidad tanto del ambiente como a los habitantes de la parroquia Ulba perteneciente al cantón Baños de Agua Santa.

La presente investigación pretende dar solución mediante un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la parroquia Ulba, debido a que dicha parroquia carece de un sistema de depuración de aguas residuales.

Para el desarrollo de esta investigación cuento con el apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Ulba, mismo que está dispuesto a apoyar con la información necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Agua

Es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxigeno (H_2O). Es un recurso natural más importante no renovable, más importante para la humanidad, es un bien transversal a todas las actividades sociales, económicas y ambientales. Es una condición para toda la vida en nuestro planeta, un factor propicio o limitante para cualquier desarrollo social y tecnológico, además de una posible fuente de bienestar o miseria, cooperación o conflicto (UNESCO, 2017), se obtiene fundamentalmente por la caída de lluvia, fluye por la superficie terrestre creando arroyos, ríos y lagunas, está en constante movimiento de acuerdo a la topografía por donde se desliza, de esta manera viaja siguiéndola trayectoria que le marcan los suelos, los declives, las quebradas y hondonadas, formando a lo que llamamos cuencas.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97 ,5% del agua es salada, y sólo el 2.5% es agua dulce. Los casquetes y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. El resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en los componentes de la misma. Sólo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos. Para uso humano se puede acceder a menos del 1% del agua dulce superficial o subterránea del planeta.

Una de las propiedades más sorprendentes del agua es su capacidad para disolver sustancias: el agua es una molécula fuertemente dipolar por lo que atrae a otras moléculas de agua a través de uniones conocidas como puentes de hidrógeno. La polaridad es el factor principal que determina su capacidad como solvente haciendo del agua una sustancia única (ACUATECNICA, 2016).

Debido a su capacidad de solvencia el agua adhiere a sus moléculas sustancias indeseables y peligrosas como los metales pesados, además puede acarrear otro tipo de sustancias no miscibles que forman emulsiones como los aceites, sólidos y materia flotante (Bermeo, 2016). Todas estas sustancias alteran las características físicas del agua y la contaminan.

Según Contreras et al, (2008) “El agua que existe en la tierra es fundamental para diferentes actividades, tales como la producción de alimentos, crecimientos de plantas, cría de animales, el buen vivir del hombre, etc., pero lamentablemente, sólo el 3% del agua existente en el mundo es apta para el consumo humano”.

2.2. Contaminación hídrica

Según Galarza, Alegre y Merzthal (2016) La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua.

La contaminación de las aguas es un complejo fenómeno social, económico y ambiental que constituye uno de los más serios obstáculos para el “Buen Vivir”. El deterioro de la calidad de las aguas es notorio, altamente nocivo y de grandes dimensiones cuando se trata del impacto ambiental de las actividades extractivistas, principalmente hidrocarburíferas y mineras, actividades que han generado una afectación ambiental con muy graves y permanentes daños para la salud y la vida de la gente y a los ecosistemas. etc.) alterando la calidad del agua (Campaña, Nieto, Rengel, & Edgar, 2011).

Se considera que, por debajo de los 2 mil metros de altitud, prácticamente todos los causes de agua existentes en el Ecuador están contaminados por actividades de distinto origen, en las que hay que considerar también la contaminación originada en las actividades agrícolas por el uso de agro-tóxicos y la resultante por la inexistencia de sistemas de remediación de las aguas servidas de los centros urbanos (Campaña, Nieto, Rengel, & Edgar, 2011).

2.3. Agua residual

Los términos AGUA RESIDUAL se utilizan para referir se al agua que presenta una composición variada de líquidos y residuos sólidos que provienen del sistema de abastecimiento de una población y que ha sido modificada debido a diversos usos en actividades como: domésticas, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, entre otros (Bermeo, 2016). Debido a la naturaleza de las aguas residuales al momento de su descarga, no pueden ser reutilizadas en los procesos que las generó, y al ser vertidas en varios cuerpos receptores sin un tratamiento previo pueden llegar a implicar una alteración de los ecosistemas terrestres y acuáticos o incluso afectar a la salud humana (Arriols, 2018).

2.4. Tipos de agua residual

Las aguas residuales pueden provenir de diferentes lugares, es así que dependiendo de su origen pueden ser clasificadas como: Aguas Residuales Domésticas, Aguas Residuales Industriales y Aguas Residuales Municipales (Asociación Vivamos Mejor, 2017).

Agua Residual Doméstica: Estas aguas provienen de complejos residenciales, viviendas, restaurantes, algunas veces de centro comerciales o instituciones. Por su contenido pueden ser catalogadas como las aguas menos contaminadas, por no tener químicos importantes que se utilizan en las industrias (Eco - Intellutions, 2019).

El agua residual doméstica también puede subdividirse en:
Aguas negras: Son las que contienen orina y heces fecales (inodoros y urinales).
*Aguas gris*es: Estas aguas principalmente contiene detergente y grasas, provienen de lavaplatos, lavadoras, lavabos y lavaderos. Además, contienen el agua que utilizas al bañarte.
Aguas industriales: Aquellas aguas que son originadas en instalaciones comerciales e industriales por sus procesos de fabricación, producción, transformación, consumo, limpieza o mantenimiento. Muchas industrias generan grandes cantidades de aguas debido a sus procesos, en los diferentes sectores (textil, agroindustrial, químico, farmacéutico, de la automoción, pieles y curtición, papelero, entre otros) (Recytrans, 2015).
Agua residual municipal: Son aquellas procedentes de zonas residenciales, instalaciones públicas o de recreo e instalaciones comerciales o similares. El agua residual municipal fresca y recién generada presenta un color gris y olor a queroseno, pero al pasar el tiempo de ser generada se vuelve séptica y pestífera con un olor a sulfhídrico y un característico color negro (Bermeo, 2016).

2.5. Características del agua residual

2.5.1. Características físicas

Entre las principales características físicas presentes en el agua residual están la cantidad de sólidos presentes (ACUATECNICA, 2016) (suspendidos, sedimentables, disueltos), olor, temperatura, color, turbidez, conductividad y densidad.

2.5.2. Características químicas

Los constituyentes químicos dentro de las aguas residuales frecuentemente se clasifican en inorgánicos y orgánicos. Los compuestos inorgánicos incluyen elementos individuales y una variedad de nitratos y sulfatos. Los constituyentes inorgánicos de mayor interés comprenden nutrientes, compuestos no metálicos, metales y gases. En el caso de los compuestos orgánicos no pueden ser clasificados de forma separada; son de vital importancia en el tratamiento, vertido y reutilización de aguas residuales de la misma manera los compuestos orgánicos específicos, estas son: pH, alcalinidad, cloruros, gases, oxígeno disuelto, nitrógeno fosforo, azufre, grasas y aceites (Crites & Tchobanoglous, 2020).

2.5.3. Características biológicas

Las características biológicas tienen una alta importancia en el control de enfermedades que sean causadas por organismos patógenos de origen humano y por la proliferación o desarrollo de bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica tanto en el medio natural como en una planta de tratamiento de aguas residuales, dentro de las características biológicas tenemos: bacterias, protozoos, helmintos, virus (Crites & Tchobanoglous, 2020).

2.6. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales son todas aquellas que se han utilizado para cualquier proceso y se ha alterado su calidad. Pueden incluir todo tipo de aguas que vayan a parar al drenaje público (Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, 2017).

Así que las aguas residuales de tipo domésticas son las que provienen de los núcleos de la población, zonas comerciales, de lugares públicos y de lugares recreativos. Sin tomar en cuenta su procedencia, estas aguas normalmente tienen aproximadamente la misma composición. Estas aguas pueden ir acompañadas de aguas residuales industriales, si se tienen industrias que viertan sus aguas al drenaje público, entonces; ya cambia la composición de las mismas y ya no se incluyen dentro de la clasificación de aguas residuales ordinarias (Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, 2017).

Las aguas residuales ordinarias incluyen residuos que provienen de por ejemplo baños, cocinas, regaderas, lavanderías, que normalmente van al drenaje público y se envían a

algún sitio de disposición final. Son una mezcla compleja con contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en material en suspensión como disueltos. La concentración que presentan es pequeña y se expresan en mg/L. La relación es de peso/volumen para poder indicar concentraciones de componente en aguas residuales, aunque se pueden considerar en relación peso/peso como mg/kg o ppm (Martinez, Herrera, Gutiérrez, & Bello, 2015).

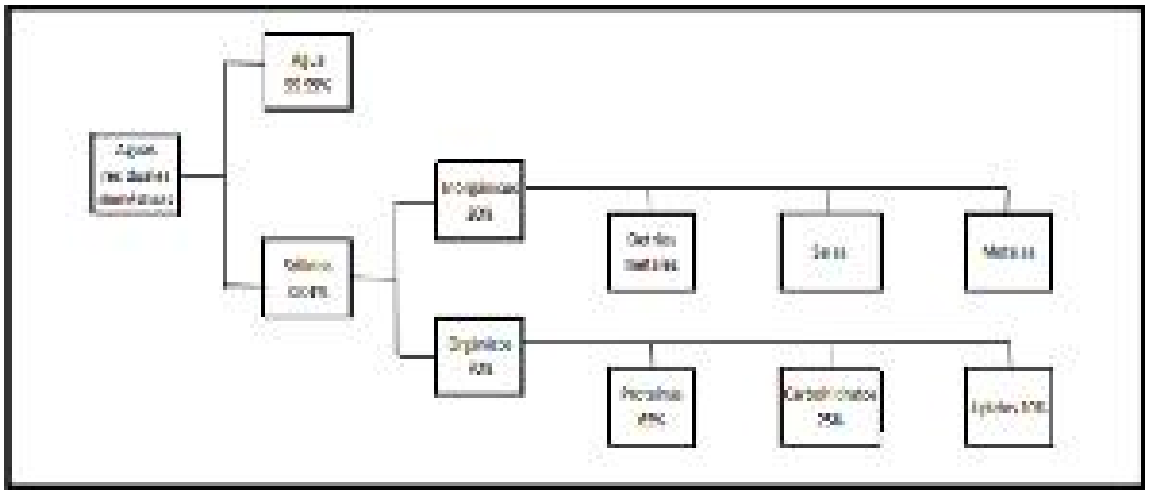


Figura 1- Composición de las aguas residuales domésticas

Extraído de: Libro Tratamiento y Depuración de aguas residuales Vol I, II, III Metcalf – Eddy (Mc Graw – Hill 4ta edición) Año 2003.

2.7. Límites máximos permisibles de descarga de aguas residuales a cuerpo receptor de agua dulce

Tabla 1.- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	**No detectable**
Aldehídos		mg/l	2
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN^-	mg/l	0,1

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl^-	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml	mg/l	Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Feno	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	$D.B.O_5$.	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles		**Ausencia**
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforado s totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		mg/l	1
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	$SO4^{=}$	mg/l	1000
Sulfitos	SO^3	mg/l	2
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	ºC	mg/l	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1
Vanadio		mg/l	5
Zinc	Zn	mg/l	5

***La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.**

Tomado de Norma De Calidad Ambiental y de Descarga De Efluentes: Recurso Agua. (04 de Noviembre de 2015). Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce Anexo 1 . AM 097-A.

2.8. Características de las aguas residuales domésticas

Entre las aguas residuales domésticas, existe mucha similitud en cuanto a su composición, lo cual facilita al momento de determinar los procesos de tratamiento. Estás propiedades las vuelven muy fácilmente distinguibles de las aguas residuales industriales, las cuales en muchas ocasiones son indescriptibles (Lizana, 2018)

Tabla 2.- Características de las aguas residuales típicas domésticas

Componente (mg/lt)	Concentración		
	Fuerte	**Media**	**Débil**
Sólidos totales.	1200	720	350
Solidos Disueltos.	850	500	250
Solidos Disueltos Fijos	525	300	145
Sólidos Disueltos volátiles.	325	200	105
Sólidos Suspendidos.	350	220	100
Solidos suspendidos fijos.	75	55	20
Solidos Suspendidos Volátiles.	275	165	80
Solidos Sedimentables.	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno. DBO.	400	220	110
Carbono Orgánico Total COT.	290	160	80
Demanda Química de Oxigeno DQO	1000	500	250
Nitrógeno Total.	85	40	20
Nitrógeno Orgánico.	35	15	8
Nitrógeno Amoniacal.	50	25	12
Nitritos.	0	0	0
Nitratos.	0	0	0
Fósforo Total.	15	8	4
Fósforo Orgánico.	5	3	1
Fósforo Inorgánico.	10	5	3
Cloruros.	100	50	30
Sulfatos.	50	30	20
Alcalinidad CaCO3	200	100	50
Aceites y Grasas.	150	100	50
Coliformes Totales.	10^7 - 10^9	10^7 -10^8	10^6 - 10^7
Compuestos Orgánicos Volátiles.	>400	>400	>400

Extraída de METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales, 3°Ed. McGraw Hill, España 1991.

2.8.1. Características físicas de las aguas residuales domésticas.

2.8.1.1.Temperatura

La temperatura de las aguas residuales es muy diferente de la temperatura del agua potable. Éstas suelen tener una mayor temperatura. Por lo general se encuentra en un

intervalo de 10 a 21ºC. El promedio se encuentra en los 15°C. Las altas temperaturas al momento de realizar la descarga en los cuerpos receptores podrían afectar considerablemente la flora y fauna de los cuerpos receptores, dando lugar a la formación no deseada de algas, hongos, etc., impactando las condiciones naturales del lugar (Portilla, 2018)

2.8.1.2.Turbidez

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia (Arias, Hernandez, Castro, & Sanchez, 2017)

2.8.1.3.Color

Las aguas residuales domésticas frescas generalmente presentan una coloración gris y a medida que el agua envejece, se vuelve de un tono gris oscuro y posteriormente cambia a negro, esto se relaciona directamente con los sólidos en suspensión, las sustancias que se encuentran en solución. Éstas aguas en un principio presentan un color gris y según las condiciones en que se encuentra o si los niveles de oxígeno son muy bajos, va cambiando a una tonalidad más oscura hasta llegar a ser de color negro. La formación de sulfuros metálicos son los responsables de que el agua tenga estos colores. Se le denomina color aparente a la tonalidad que el agua presenta cuando contiene sólidos suspendidos y el que produce las sustancias coloidales y las sustancias en solución se lo conoce como color verdadero (Portilla, 2018)

2.8.1.4.Olor

Los olores son el efecto percibido cuando los odorantes se han detectado e interpretado por el ser humano a través del sistema olfativo sensorial, y los odorantes son las sustancias responsables de generar un olor (Calvo & Hernández, 2016). El olor en las aguas residuales cuando son recientes se puede tolerar, sin embargo, a medida que el tiempo transcurre y el oxígeno se hace cada vez más escaso, los microorganismos anaerobios empiezan a reducir los sulfatos y sulfitos a sulfuros. Cuando en la constitución de los sulfuros, se presenta hierro, reaccionan dando como resultado sulfuro de hierro, el cual produce un olor nada agradable, propio de las aguas sépticas. A su vez, las fermentaciones anaerobias emanan gases las cuales tienen un olor muy desagradable (Portilla, 2018).

2.8.1.5. Sólidos

Se pueden clasificar en:

- Totales: resultado de la evaporación y después secado de la muestra a na temperatura de 130°C en un tiempo de 60 min (Portilla, 2018).
- Fijos: resultado de la evaporación y de la carbonización de la muestra a una temperatura de 600°C (Portilla, 2018).
- Volátiles: resultado de la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos fijos (Portilla, 2018).

2.8.2. Características químicas del agua residual domésticas

2.8.2.1.Materia orgánica

Constituye la tercera parte de la composición de las aguas residuales, los mismos que se componen de entre otros elementos, los siguientes:

- Proteínas (40 – 60 %)
- Carbohidratos (25 – 50 %)
- Grasas y aceites (10 %) (Portilla, 2018)

2.8.2.2.Materia inorgánica

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables (Lizana, 2018). Se puede encontrar cantidades variadas de materia orgánica en las aguas residuales, los más relevantes son: PH, cloruros, alcalinidad, nitrógeno, fósforo, azufre, compuestos tóxicos (Portilla, 2018).

2.8.3. Características biológicas del agua residual domésticas

Las aguas residuales domésticas, suelen contener niveles grandes de organismos sobre los cuales puede influir la temperatura y PH, en cuanto a su composición y concentración. Para que estos organismos se desarrollen, requieren concentraciones de estos dos parámetros (Lizana, 2018).

2.8.3.1.Bacteria

Se producen a partir de la biodegradación de los cuerpos orgánicos, además se originan de la materia fecal. Las bacterias pueden ser de origen fecal, que se encuentran naturalmente o en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Portilla, 2018).

2.8.3.2.Virus

Se origina de la excreción de los seres humanos y animales y pueden traspasarse de persona a persona o entre animales a través del contacto físico. Los virus de adhieren a las materias fecales para asegurar su supervivencia en periodos prolongados en las aguas residuales. Debido a que pueden sobrevivir por mucho tiempo se hace difícil la remoción mediante los debidos procesos de tratamiento, de esta manera, las aguas residuales son consideradas como una gran fuente de contaminación para los cuerpos receptores donde son descargados (Portilla, 2018)

2.8.3.3.Algas

Organismos flotantes que se originan debido a las cantidades de fósforo y nitrógeno presentes en las aguas residuales que sostienen su crecimiento

2.8.3.4.Protozoos

En las aguas residuales, comúnmente se encuentran microorganismos tales como: las amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos; a estos microorganismos se les denomina protozoos. En los procesos de lodos activados y de filtros percoladores son de gran utilidad, debido a que eliminan las bacterias que no se sedimentan en el agua y de esta manera impide que se descarguen aguas turbias

2.8.3.5.Hongos

Los hongos tienen una importante función dentro de los procesos de tratamiento de aguas residuales y se presentan principalmente de condiciones aerobias. Necesitan pocas cantidades de nitrógeno y soportan concentraciones de PH muy bajos

2.9. Características generales de la composición de las ARD

Las características principales de las aguas residuales domésticas que se presentan a continuación toman en cuenta los siguientes procesos de tratamiento:

• La gran cantidad de sólidos presentes.
• La abundancia de sustancias biodegradables.
• La presencia de gran número de microorganismos.

2.10. Tipos de análisis de diseño

Dentro de las condiciones específicas para un diseño de aguas residuales normalmente, se deberían tener claro los parámetros básicos en relación la naturaleza, la solución

óptima y tamaño de la planta de tratamiento con respecto a directrices importantes como la fuente y calidad del agua que se tratará, origen y composición de las aguas residuales que se producen, el orden y topografía del lugar de influencia y sus sectores aledaños, el número de población y el crecimiento estimado de esta (Mejía, Cabrera, & Carrillo, 2017).

2.11. Tratamiento de las aguas residuales domésticas

Los tratamientos a los que se debe someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico en el grado requerido por la legislación que regula el vertido del efluente. La aplicación de cualquier tipo de método depende fundamentalmente de la concentración del contaminante y del caudal del efluente (Chavez, 2018).

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), es una instalación donde llegan aguas residuales crudas y mediante una combinación de varios procesos físicos, químicos y biológicos se consigue devolver un agua de mejor calidad, teniendo como base los parámetros normalizados de cada país y además un residuo sólido o fango (también conocido como bio-sólido o lodo). En la Tabla 3 se muestra un croquis de los tratamientos convencionales que se suelen dar en la mayoría de PTAR.

Tabla 3.- Tratamientos convencionales de aguas residuales domésticas

PRETRATAMIENTO	**TRATAMIENTO PRIMARIO**	**TRATAMIENTO SECUNDARIO**	**TRATAMIENTO TERCIARIO**
Objetivo: Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas. Operaciones básicas: -Desbaste -Desarenado -Desengrasado	Objetivo: Eliminación de materia sedimentable y flotante. Operaciones básicas: -Decantación Primaria -Tratamientos fisicoquímicos (coagulación - floculación)	Objetivo: Eliminación de materia orgánica coloidal. Procesos básicos: -Degradación bacteriana. -Decantación secundaria.	Objetivo: Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos. Procesos básicos: -Floculación -Filtración -Eliminación de N y P -Desinfección

PROCESOS FÍSICOS	PROCESOS FÍSICOQUÍMICOS	PROCESOS BIOLÓGICOS	PROCESOS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

Extraído de (Centro de las Nuevas Tecnologías de Agua de Sevila, 2008)

2.11.1. Tratamiento preliminar

El pre tratamiento o tratamiento preliminar se lo aplica para eliminar todo el material grueso que generalmente está flotando y que da impacto visual negativo. La función es extraer de las aguas brutas la mayor cantidad posible de la materia que arrastran, y que posteriormente ocasionarían problemas en los tratamientos posteriores (tales como obstrucción de tuberías, formación de costras, enarenado de digestores anaerobios, etc.
En ocasiones es necesario aplicar pre cloración, pre aireación, pre decantación antes de operaciones como desbaste, desarenado desengrasado etc.
Objetivos principales del empleo de pretratamiento:

- Eliminar los sólidos gruesos como basura
- Separar las partículas discretas como arena
- Separar grasas, aceites y espuma

Las operaciones de pre tratamiento que se incorporarán en la cabecera de la línea de agua de la PTAR serán función de:

- La calidad del agua bruta (presencia de mayor o menor cantidad de sólidos, arenas, grasas, etc.)
- El tipo de tratamiento posterior en la línea de agua
- El sistema de tratamiento de fangos empleado

2.11.1.1. Canal de entrada

Mediante este canal se conectan las tuberías de ingreso a la planta de tratamiento.

Rejillas

Cuando las aguas residuales ingresan a la planta de tratamiento es importante retener los sólidos gruesos que estas transportan, para ello se coloca una rejilla, la cual nos ayuda a evitar posteriores inconvenientes en el proceso de descontaminación.

Criterios de diseño

Tabla 4.- Criterios de diseño para rejillas

CARACTERÍSTICA	VALOR
Inclinación de las rejillas	70° a 80° con respecto a la horizontal
Separación libre entre barras:	
• Finas	(< 1,5 cm)
• Medias	(1,5 - 5,0 cm)
• Gruesas	(> 5,0 cm)

Extraído de: Norma RAS 2000., Título B., Literal 4.4.5.1.

Velocidad de aproximación a las rejillas

La ecuación de Manning nos ayuda a verificar que la velocidad se encuentre dentro de los valores dados, evitando estancamientos y el paso de los residuos entre las varillas, tomando en cuenta el coeficiente de rugosidad dependiendo del material que se escoja.

Tabla 5.-Coeficiente de rugosidad de Manning.

MATERIAL	VALOR (n)
PVC, acero sin recubrimiento	0.011
De ladrillo	0.016
Mampostería de piedra	0.018
De acero corrugado	0.026
Túnel en roca sin Revestir	0.033

Fuente: Software de Ingeniería Hidráulica., 5ta edición., Haested Methods

2.11.2. Tratamiento primario

Este proceso es el que se encarga de separar los sólidos que se encuentran suspendidos y que son fácilmente separables con métodos físicos. El tratamiento primario también se encarga de eliminar una pequeña parte de la materia orgánica en el agua residual. Este proceso se cumple utilizando cribas y medios sedimentarios; el efluente del tratamiento primario comúnmente contiene alta 23 concentración de materia orgánica y además posee una gran cantidad de DBO (Montoya, 2017). Para tener un buen rendimiento en la separación de los sólidos en suspensión que pueden ser sedimentados, es necesario

reducir la velocidad del paso de agua hasta que las partículas sólidas se depositen en el fondo a través de un tanque sedimentador. Este proceso reduce los sólidos suspendidos totales en un rango de 60% – 65% (Montoya, 2017).

2.11.2.1. Tanque Imhoff

Este tipo de tanque lo podemos encontrar en forma rectangular y circular fue creado por un ingeniero especialista en agua de nacionalidad Alemana, utilizado desde los años 1965.

Está conformado principalmente de tres compartimientos:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión de lodos
- Área de ventilación y acumulación de natas.

El proceso que se realiza dentro del tanque consiste en que las aguas residuales fluyan a través de la cámara de sedimentación, sedimentando así las partículas que resbalan por las paredes inclinadas que se encuentran en el interior de la cámara, posteriormente estos sólidos pasan a la cámara de digestión que se encuentra en el fondo, donde la acumulación de estos lodos se extrae periódicamente y se conducen respectivamente a los lechos de secado, dando un post-tratamiento.

Es importante mencionar que esta cámara de digestión posee una ranura llamada traslape, la cual impide que los gases y sólidos suspendidos producto de la digestión se acumulen o interfieran en la sedimentación, desviándolo hacia la cámara de natas o área de ventilación.

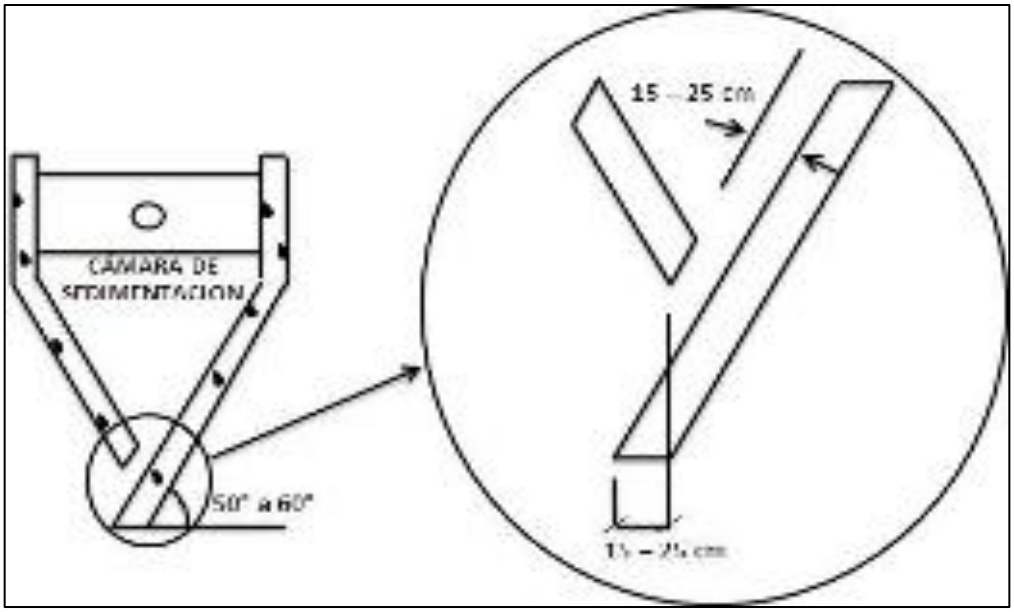


Figura 2.- Cámara de sedimentación en el tanque imhoff
Extraída de Guía para el diseño de tanques sépticos, imhoff y lagunas de estabilización., Lima., OPS/CEPIS/05.163

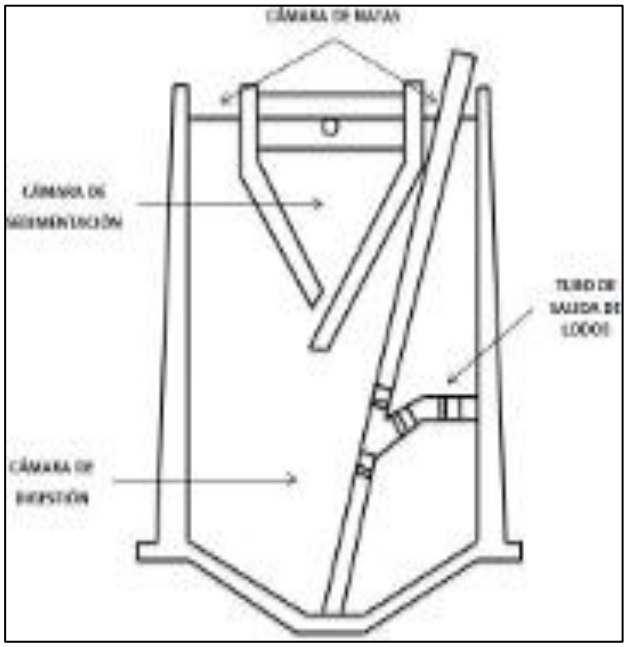


Figura 3.- Vista frontal del tanque imhhoff
Extraída de: Guía para el diseño de tanques sépticos, imhoff y lagunas de estabilización., Lima., OPS/CEPIS/05.163

2.11.3. Tratamiento secundario

JU El objetivo de este tratamiento es el de eliminar los sólidos que se encuentran suspendidos y compuestos biodegradables. Los principales procesos de tratamiento secundario son los que se mencionan a continuación:

- Tratamiento biológico con fangos activados.
- Reactores de lecho fijo.
- Depuración por humedales.
- Sistemas de lagunaje y sedimentación (Montoya, 2017).

2.11.3.1.Filtro percolador

El principal objetivo de los procesos de filtros percoladores es reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales. El filtro percolador consiste en un soporte fijo permeable no sumergido (cama) de material, que puede ser natural, como material granular, o sintético, como el plástico. El agua residual fluye a través de esta cama, adhiriendo su biomasa sobre el lecho del sistema. Los microorganismos se reproducen a partir de la materia orgánica y son retenidos en el lecho, creando películas de mayor tamaño que pueden ser removidas posteriormente con procesos de lavados (Félix & Rikeros, 2015)

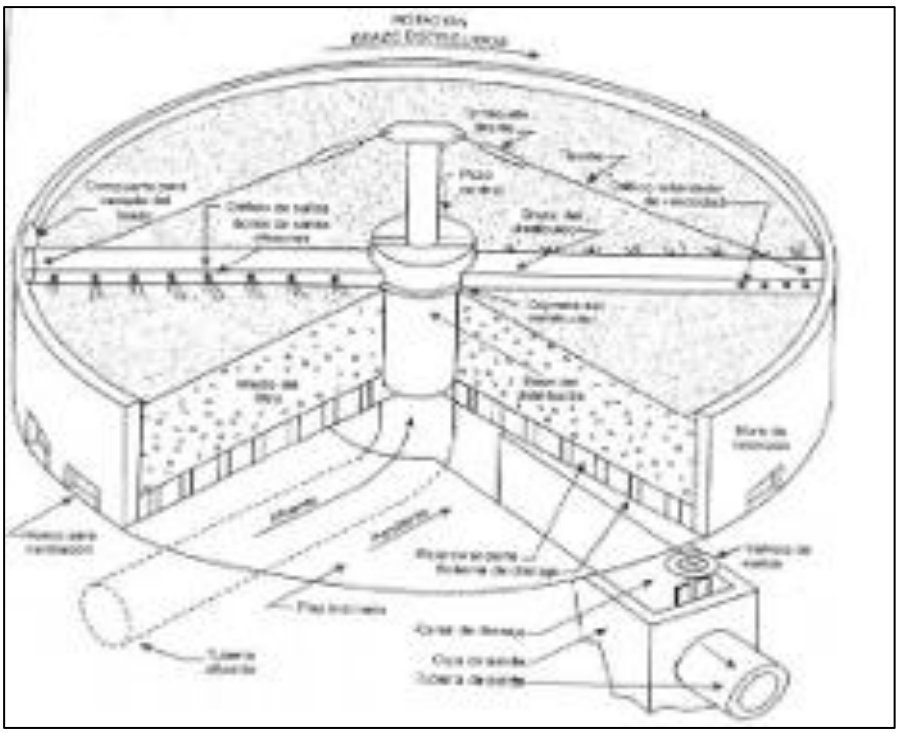


Figura 4.- Esquema de sistema del filtro percolador
Extraído de (Félix & Rikeros, 2015)

La distribución del agua por el filtro percolador se realiza desde la superficie, a partir de distribuidores giratorios y de forma intermitente. Para evitar daños en el filtro percolador, el flujo de agua se realiza bajo un flujo laminar, que puede ser adecuado por medio del caudal de ingreso como la velocidad rotatoria y velocidad de ingreso del agua (Félix & Rikeros, 2015).

El filtro percolador cuenta con un sistema de drenaje en la parte inferior para recolectar y bombear el agua residual tratada obtenida hacia un tanque clarificador. Cuando existe reproducción excesiva de microorganismos, la película biológica en el lecho aumenta considerablemente, permitiendo la existencia de una capa aerobia y una anaerobia en la misma. La capa interna (anaerobia) pierde su capacidad de adherencia y pueden ser arrastrados hacia el efluente. Bajo este punto, el trabajo del tanque clarificador consiste en la sedimentación de esta capa biológica desprendida del lecho evacuada por el sistema de drenaje. Al tener nuevamente el lecho con superficie limpia, se produce nuevamente el crecimiento de otra capa biológica. El tiempo en el que se produce este fenómeno depende de tanto la carga orgánica del agua, así como la carga hidráulica del diseño (Cepeda, 2014).

2.11.3.2. Sedimentador secundario

La función del sedimentador secundario es la de separar los lodos activados del líquido-mezcla. Esta separación de sólidos es el último paso, antes de la descarga requerida para la producción del efluente estable, bien clarificado y con bajo contenido en DBO, DQO Y sólidos totales.

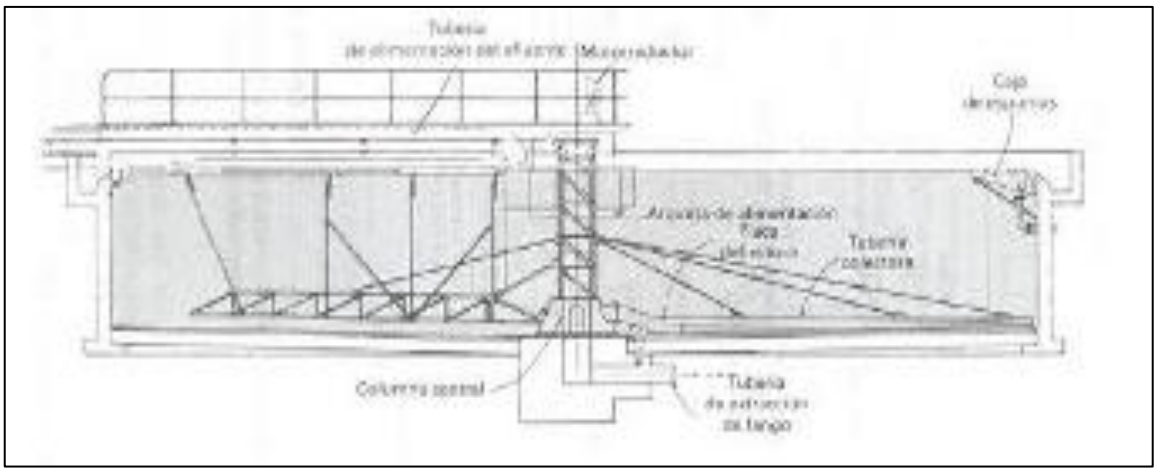


Figura 5.- Tanque de sedimentación secundaria
Extraído de (Félix & Rikeros, 2015)

2.11.3.3. Lecho de secado

Es uno de los métodos más antiguos con que se deshidrataba los lodos de una manera natural y uno de los más usados en el tratamiento de aguas residuales luego de pasar por algunos procesos biológicos que generan residuos por tratar. Generalmente la forma que poseen estos lechos es rectangular con una profundidad pequeña, la cual contiene espacio poroso sobre un sistema de drenaje, acomodados en capas de 20 a 40 cm donde se depositan los lodos para
dejarlos secar con el transcurso del tiempo.

El proceso de deshidratación de los lodos se da por acción del sol y el viento ya que estas celdas no están cerradas por lo tanto el líquido atraviesa o se escurre por la arena y la grava en un tiempo determinado, posteriormente estos son retirados sin ningún problema y sin la presencia de olores.

Como se puede distinguir este proceso no requiere de una complicada operación pero su diseño dependerá de factores importantes como: el clima, características del lodo, eficiencia de las diferentes arenas, valor del terreno y sobre todo del pretratamiento que tengan los lodos (Cepeda, 2014).

2.11.4. Tratamiento terciario

Este tratamiento es un proceso biológico o también puede ser combinado, es decir, se requiere procesos físicos y químicos (físico-químico), son procesos que buscan mejorar la calidad del agua en la última instancia antes de ser descargada en el cuerpo receptor, y su posición generalmente se encuentra posteriormente al tratamiento secundario (Portilla, 2018)

2.11.4.1. Radiación UV

FD Con el propósito de mantener el equilibrio entre la seguridad pública, la protección del medio ambiente y una necesidad de desinfección eficaz, muchas instalaciones de aguas residuales han adoptado la luz ultravioleta (UV) como la opción más adecuada de tratamiento – comparable con la desinfección química (Véliz, y otros, 2018).

La desinfección UV es un proceso físico que neutraliza los microorganismos instantáneamente cuando estos pasan a través de las lámparas ultravioleta sumergidas en el efluente. El proceso no añade nada al agua excepto luz UV y por lo tanto no tiene impacto sobre la composición química o en el contenido de oxígeno disuelto en el agua.

A este respecto se asegura el cumplimiento con la cada vez más estricta normativa de descarga del efluente de agua residual (Véliz, y otros, 2018).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Ulba es una parroquia rural del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. Su territorio corresponde a una extensión territorial de 89,5 Km2, según datos proporcionados por la GAD cantonal. Geográficamente se encuentra ubicada en el cañón del Pastaza, en su descenso hacia la Amazonía, cubriendo una franja que atraviesa latitudinalmente toda la cuenca media del rio Pastaza.

Cabecera Parroquial. - Es importante resaltar que la cabecera parroquial de Ulba está conformada por nueve barrios: Central Amazonas; Nuevo Amanecer; José Castillo, Las Orquídeas; Las Colinas; La Catedral; San Francisco; Los Álamos y el Jardín (GAD Parroquial Ulba, 2020).



Figura 6.- Ubicación geográfica de la cabecera parroquial Ulba
Elaborado por: Autor

El clima de la zona es muy variable es decir entre templado y subtropical debido a que está influenciado en forma directa por la Cordillera de los Andes, dando lugar a la formación de diferentes tipos de microclimas.

Para el estudio, se ha considerado información generada en la Estación Meteorológica de Baños con el código M029 (INAMHI) en el año 2010, para los parámetros

meteorológicos de temperatura, humedad, evaporación, viento y precipitación, que en conjunto caracterizan el clima de la ciudad, a continuación, su descripción:

La temperatura media anual es de 18.3 ˚C con una temperatura máxima mensual de 26.0 ˚C registrada en el mes de marzo y una mínima de 13.4 ˚C en el mes de agosto. La humedad relativa media anual es de 81%, la evaporación es de 1188.6 mm. al año, la velocidad del viento en la ciudad es escasa, alcanzando un promedio anual de 3.6 m/s con una dirección prevaleciente hacia el NE; y por último tenemos la precipitación media anual con un valor de 1304.6 mm. debido a la influencia de la región amazónica, las lluvias más fuertes se registran entre abril y mayo mientras que el periodo menos lluvioso se ubica entre los meses de enero y octubre.

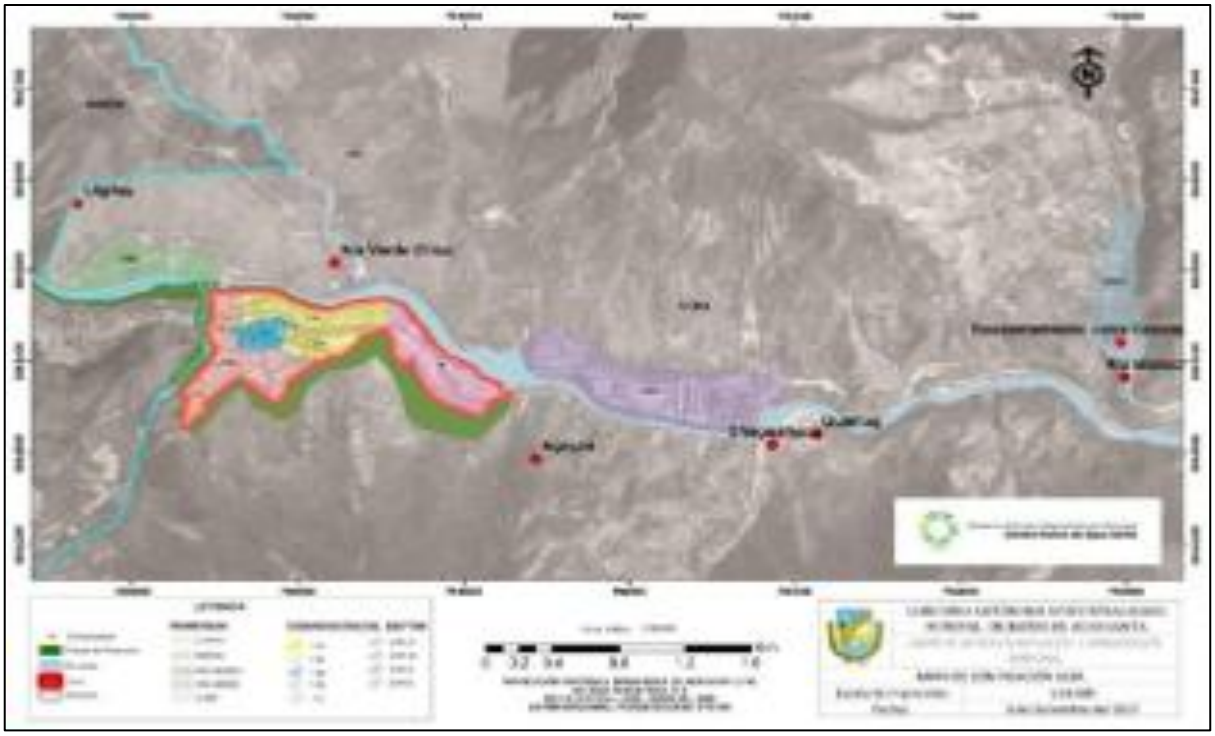


Figura 7.- Mapa de Ubicación de la cabecera parroquial de Ulba.
Extraído de GAD parroquial de Ulba

Su localización geográfica se encuentra a través de las siguientes coordenadas:

Tabla 6.- Coordenadas geográficas de la parroquia Ulba

COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM	
Norte	9853000
Sur	9838500
Este	7971600
Oeste	7888000

Adaptado de Gobierno Autónomo Desceentralizado Parroquial Rural Ulba (2015).Diagnóstico de la Parroquia Rural Ulba. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015 - 2019).* Baños de Agua Santa, Tungurahua, Ecuador: GADParroquialUlba. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865019340001_Diagn%C3%B3stico%20Ulba%20Ago15%20corrV2_17-08-2015_15-06-31.pdf

3.2. Tipo de investigación

El presente proyecto se centra en dos tipos de investigación, por una parte, se trata de una investigación de tipo exploratoria, debido a que se realiza un análisis cualitativo (revisión documental), consistente en la búsqueda, selección y compilación de información que permita fundamentar las alternativas existentes para el diseño de plantas de tratamiento; por otra parte, es de tipo explicativo (cuantitativo) ya que se cuenta con una abundante fuente bibliografía y estudios empíricos para realizar los cálculos de cada etapa de tratamiento, de esta manera explicar y fundamentar la selección de la mejor alternativa de tratamiento

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Diagnóstico de la situación actual del manejo de las aguas residuales domésticas de la cabecera parroquial Ulba.

3.3.1.1.Diagnóstico de la situación actual de la cabecera parroquial Ulba.

La cabecera parroquial de Ulba, ubicada en el Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua, se encuentra formada por una población de 1505 habitantes (Luna, 2020).

La cabecera parroquial cuenta con cobertura total de alcantarillado, luz eléctrica y acceso al agua potable. Cuenta además con un Infocentro que ofrece servicio de internet y servicios informáticos a la población. Los niveles de acceso a servicios de salud, educación y movilidad son elevados en comparación con el resto de asentamientos debido a su cercanía con la zona urbana del cantón Baños (GAD Parroquial Ulba, 2020).

La zona cuenta con 3 puntos de descarga de las aguas residuales generadas, todas ellas perteneces a descargas domésticas y pluviales. Los habitantes de la cabecera parroquial descargan sus aguas residuales directamente al Rio Pastaza sin ningún tratamiento previo por lo que se está generando una contaminación severa en el medio ambiente de la zona. El agua residual al no recibir tratamiento alguno altera la calidad de agua del efluente y sus propiedades físico químicas y microbiológicas generando un foco de infección que pueden ocasionar enfermedades de origen hídrico.

3.3.1.2.Análisis demográfico

La parroquia de Ulba es la segunda parroquia más poblada del cantón Baños de Agua Santa representando el 12,6% de la población total del cantón. La composición por sexo es casi igualitaria con un porcentaje apenas mayor de 50,19% en hombres sobre el porcentaje de mujeres. De la misma manera, existe un mayor porcentaje de población joven (hasta 34 años) que alcanza el 61% de la población (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL ULBA, 2015).

La cabecera parroquial es la zona que cuenta con mayor población correspondiente casi a la mitad de toda la población que corresponde a la parroquia (Luna, 2020), datos obtenidos de la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019 - 2023 de la parroquia Ulba.

3.3.1.3.Población de diseño

Se determinó la población de diseño a través de la proyección demográfica, utilizando los datos obtenidos de la población actual e información del censo del INEC según los resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador y proyecciones referenciales de poblaciones a nivel cantonal y parroquial específicamente de la parroquia Ulba, cabecera parroquial.

Tabla 7.- Población de la cabecera parroquial

AÑO	POBLACIÓN
2010	1235
2020	1505

Elaborado por Autor, Extraída de Instituto Nacional de Estadística y Censo 2010 y Luna Alexander (2020).

Utilizando métodos de proyección aritmética, geométrica, exponencial, entre otras. El método geométrico es lo más convencional para estimar poblaciones que muestran importantes actividades económicas y que generan un apreciable desarrollo, cuya ecuación es la siguiente:

$$Pf = P_{uc} * (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Donde:

Puc: Población Actual.
R: Taza de crecimiento anual en forma decimal.
Tf: Año que se requiere proyectar la información.
Tuc: Ultimo año proyectado por el INEC.

3.3.1.4.Características generales del Ámbito de Estudio

Las características tanto meteorológicas como climáticas, cobertura y uso de suelo se las obtuvo del documento de Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015 - 2019) de la parroquia rural de Ulba, información que fue brindada por el GAD parroquial de Ulba.

3.3.2. Dotación:

Según el registro de consumo de agua potable obtenido del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa el cual se puede encontrar en el Anexo 1 y la Dirección de Planificación de la misma institución, se pudo estimar que el consumo promedio de agua potable por habitante de la ciudad de Baños en litros por habitante al día, al conocer e identificar que las condiciones socioeconómicas son similares a la de la cabecera parroquial del Ulba, tomó el valor encontrado para el desarrollo de esta investigación.

3.3.3. Cobertura de alcantarillado.

De acuerdo a datos obtenidos desde el portal web del Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (2012) y el GADBAS (2020), la cabecera parroquial de Ulba tiene una cobertura del servicio de alcantarillado del 100 % de su población, sin embargo, al requerir información más detallada, “El encargado de planificación y mapas del GABAS, no pudo proporcionar mayor información (mapas, sectorización de casas, etc), debido a que no cuenta con una base de datos de su red de alcantarillado”; por lo que se solicitó,

realizar un levantamiento topográfico de la red de alcantarillado de la cabecera parroquial de Ulba, no obstante al ubicarse y observar el punto de descarga de aguas servidas, se constató que no existe ningún tipo de tratamiento alguno y su red de alcantarillado es un sistema combinado debido a que recoge tanto aguas residuales domésticas como pluviales en la misma red de tuberías.

3.3.4. Caracterización de las aguas residuales de la cabecera parroquial de Ulba

3.3.4.1.Georreferenciación de los puntos de descarga del agua residual

Con la ayuda de un GPS GARMIN etrex 30x, se tomó las coordenadas exactas de los tres puntos de descarga de las aguas residuales domesticas de la cabecera parroquial de Ulba. La tabla 13 muestra el sector de ubicación de las descargas y sus coordenadas.

Tabla 8.- Coordenadas Geográficas de los puntos de descarga

Puntos de descarga	Coordenadas X	Coordenadas Y
Punto 1	790025,41	9845813,91
Punto 2	790100,34	9845784,79
Punto 3	790322,90	9845798,04

Elaborado por Autor

3.3.5. Medición de caudales de las descargas.

Para conocer la variabilidad de los caudales de las descargas de aguas residuales domesticas que pertenecen a la cabecera parroquial de Ulba, se realizó revisiones bibliográficas, de estudios realizados en el cantón Baños de Agua Santa, en el barrio el Cosmopolita, el Aguacatal y el Topo dado que se estiman que las aguas residuales son similares a las de la cabecera parroquial de Ulba.

3.3.6. Caudal de diseño

Se determinó el caudal de diseño mediante una serie de ecuaciones y cálculos las cuales proporcionaron este valor.

3.3.6.1.Caudal de aguas Residuales.

El caudal de aguas residuales se determinó mediante la dotación obtenida en el Municipio de Baños de Agua Santa, el coeficiente de retorno el cual tiene en cuenta el hecho que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, debido a sus múltiples usos, por lo que según la Secretaria del Agua (1992) sexta parte, establece que

solo un porcentaje total de agua de devuelve al alcantarillado (Cepeda, 2014). El coeficiente de retorno para este diseño en específico se encuentra en un 80%.

Se determinó mediante la siguiente Ecuación:

$$Qp = Pf * D * C$$

Donde:

Qp: Caudal promedio de las aguas residuales

Pf: Población Futura

D: Dotación

C: Coeficiente de retorno

3.3.6.2.Caudal máximo futuro (caudal instantáneo)

Conociendo que es caudal máximo de las aguas residuales que podría observar en cualquier año dentro del periodo de diseño, éste se determinó, encontrando el valor del factor de mayoración utilizando la ecuación de Harmon.

$$\eta = 1 + \frac{14}{4 + Pf^{0.5}}$$

Y remplazándolo en la ecuación del caudal de aguas residuales.

$$Qmaxf = \eta * Qp$$

3.3.6.3.Caudal de Infiltración

Para la obtención de este caudal se obtuvo la longitud del Estudio y diseño del alcantarillado combinado de la cabecera parroquial de Ulba, la información se encuentra de forma desglosada por tramos en el Anexo 2, por lo que fue necesario sumar cada uno de ellos y obtener el total de la tubería.

Se obtuvo el caudal de infiltración mediante la siguiente ecuación:

$$Qinf = 0.0001 * L$$

Donde:

L: longitud de la tubería.

0,0001: cte.

3.3.6.4.Caudal de conexiones erradas

El aporte por conexiones erradas en un alcantarillado, proviene en especial de las conexiones equivocadas que se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones

clandestinas (Cepeda, 2014), evitando así que en años posteriores existan inconvenientes en el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El caudal de conexiones erradas se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Qce = (Qmaxf + Qinf) * 10\%$$

Donde:

Qce: Caudal de conexiones erradas

Qmaxf: Caudal máximo futuro

Qinf: Caudal de infiltración

3.3.6.5.Caudal Pluvial

Debido a que el diseño del alcantarillado perteneciente a la cabecera parroquial es de forma combinada, fue necesario estimar el flujo resultante de las precipitaciones de la zona, cuyas aguas son recolectadas por el sistema de alcantarillado existente.

Para este valor se tomó en cuenta el siguiente dato de escorrentía e impermeabilidad presente en la tabla 9, basado en el tipo de zona siente este valor correspondiente a 0,7, debido a que la cabecera parroquial de Ulba es una zona adyacente al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas.

Tabla 9.- Valores del coeficiente de escurrimiento según el tipo de zona

TIPO DE ZONA	VALORES (C)
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,7 – 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad poblacional	0,35 – 0,55
Parques, campos de deporte	0,1 – 0,2

Extraído de (Secretaria del Agua, 1992); Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

Caudal de aguas de lluvia o caudal pluvial se determinó mediante el método racional, el cual es aplicado para áreas con una superficie menor a 100 hectáreas, aplicando la siguiente formula

$$Qp = 2{,}78 * C * I * A$$

Donde:

Qp: Caudal de escurrimiento;
2,78: Valor para transformar de mm/h a lts/s
C: Coeficiente de escurrimiento (adimensional);
I: Intensidad de lluvia en mm/h para un periodo de retorno de 25 años;
A: Área de la zona, en ha.

La intensidad de la lluvia para un periodo de retorno de 25 años fue tomada el estudio realizado en el barrio el Cosmopolita, cantón Baños elaborado por Cepeda Pamela (2014), debido a que la condiciones meteorológicas y climáticas son similares a la de la cabecera Parroquial.

3.3.6.6.Caudal Mínimo

El caudal mínimo es el menor de los caudales, que se puede presentar en un sistema de alcantarillado, siendo su valor la mitad del caudal medio diario. Para su obtención se tomó en cuenta el tamaño de la población que se detalla en la tabla 10.

Tabla 10.- Fórmulas empíricas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes ta maños de población.

Tamaño de la población	**Caudal mínimo "Qmin"**
Pequeña (< 20.000 h-eq)	0,30 * Qmd
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	0,45* Qmd
Grande (60.000 h-eq)	0,60* Qmd

Extraído de: (Llugllla & Montaluisa, 2020)

$$\boldsymbol{Q_{min} = 0,30 * Q_{med}}$$

Donde:
Qmin: Caudal mínimo
Qmed: Caudal medio

3.3.6.7.Caudal punta

El caudal punta se obtuvo mediante la población equivalente que corresponde a < 20.000 h-eq la cual se observa en la tabla 11.

Tabla 11.- Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población

Tamaño de la población	Caudal punta "Qp"
Pequeña (< 20.000 h-eq)	5* Qmd
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	3* Qmd
Grande (60.000 h-eq)	2* Qmd

Extraído de: (Lluglla & Montaluisa, 2020)

$$Q_p = 5 * Q_{med}$$

Donde:

Qp: Caudal punta

Qmed: Caudal medio

3.3.7. Caracterización de las Aguas Residuales

En el presente trabajo se realizó una investigación bibliográfica para estimar la calidad de las aguas residuales de la cabecera parroquial, tomando en cuenta que el sistema de alcantarillo es de forma combinada, los estudios que se tomó en cuenta para este trabajo son realizados por Cepeda (2014), Morales (2011), Quindigalle (2015), mismos en los que se parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las mismas para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales acorde a las condiciones presentadas por las aguas residuales a tratar (Torres, 2015).

3.3.8. Análisis de alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas

Para la selección de la mejor alternativa en el tratamiento de las aguas residuales domesticas se realizó una investigación y un análisis de diferentes fuentes bibliográficas de varios lugares dentro del cantón Baños mismos que cuenten con antecedentes, donde se haya realizado, aplicado o implementado estudios y/o métodos efectivos para el saneamiento de las aguas residuales domésticas, tomando en cuenta las ventajas y desventajas que estos presenten; considerando los siguientes criterios: costos de implementación, mantenimiento, eficiencia, espacio necesario para su ubicación, consumo de energía. El análisis entre varias alternativas permitió seleccionar la mejor opción para nuestra área de estudio tomando en cuenta los factores edafoclimáticos de la zona de estudio.

3.3.8.1.Alternativas de tratamiento aplicables a la zona de estudio

Con el fin de reducir las opciones de tratamiento se decidió tomar en cuenta la cantidad de materia orgánica biodegradable que está presente en el efluente de las aguas residuales. Por esta razón es necesario conocer la relación DBO_5/DQO, que es una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad de un efluente, para encontrar el resultado de la relación se realizó un balance de masas con el valor de las concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO), de los tres puntos de descargas.

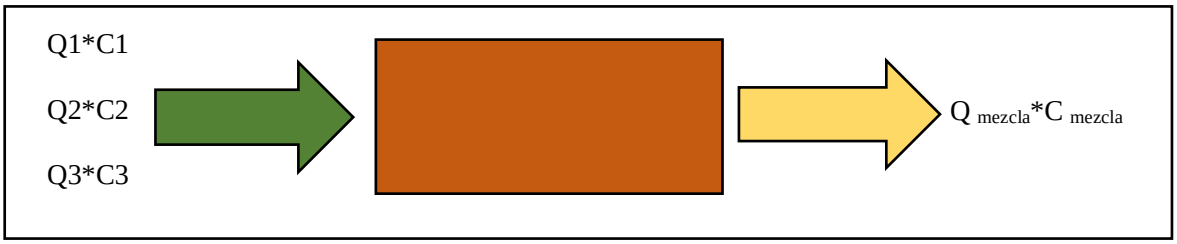


Figura 8.- Esquema de Balance de masa
Elaborado por Autor; Adaptado de Pazmiño &Villamarín (2018)

Los resultados superan estos límites dando a entender que evidentemente el agua residual de la cabecera parroquial de Ulba presenta contaminación orgánica, situación comprensible debido a que en un sistema de descargas domiciliares se generan excretas y residuos de cocina principalmente.

En este trabajo se realizó un análisis de diferentes alternativas de la etapa de tratamiento secundario o biológico, debido al resultado que se obtuvo en el índice de biodegradabilidad que nos muestra la cantidad de carga orgánica presente en el agua residual y se revisó diferentes bibliografías tales como: Guía para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales, realizada por López (2018), Propuesta de tratamiento de aguas residuales generada en la empresa de soluciones nutritivas, realizada por (Giraldo, 2020), Reactor UASB (FT-BIO-009), realizado por (Veiga, 2015), entre otras , las cuales ayudaron a encontrar la alternativa más viable dentro de esta etapa, además se estimó que el resto de etapas serían las mismas para cualquier tipo de tratamiento seleccionado.

Los tratamientos biológicos en la actualidad constituyen los sistemas de depuración más habituales, debido a su sencillez y bajos costes, este tipo de tratamiento se basa en la capacidad de un surtido conjunto de microorganismos que son capaces de degradar la metería orgánica presente en el agua residual para su propio crecimiento (Tuset, 2020).

Dentro de la etapa del tratamiento secundario se definió y analizó tres diferentes alternativas:

a) *Lodos activados de tipo aireación prolongada.*

La aireación extendida es una variante del proceso de lodos activados en la cual se prolonga el tiempo que la biomasa permanece en el tanque de aireación. Esto provoca que la biomasa tenga poco alimento, por lo que su metabolismo, en "inanición", se orienta a consumir también sus reservas de energía, reduciéndose con esto el contenido volátil de la biomasa. Es decir, la aireación extendida estabiliza el lodo de purga, cuya cantidad es menor que la variante completamente mezclada, pero requiere de un tiempo de retención hidráulica de 16 a 24 horas, y un mayor consumo de energía eléctrica para la aireación. Al ser un proceso sencillo que estabiliza lodos en el mismo tanque de aireación, es la opción recomendada para plantas pequeñas donde se requiere una alta calidad del agua tratada. Sin embargo, no se recomienda para flujos mayores a 100 L/s, a menos que se usa como etapa de pulimento de otro proceso menos eficiente, pero de bajo costo operativo, como un reactor UASB o un filtro percolador (López, 2018) .

b) *Filtro percolador*

Es un proceso de biopelícula diseñado para poner en contacto aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo, construyendo un lecho de oxidación biológica. El agua residual se rocía por la parte superior, y en su caída "percola" y se lleva a cabo la eliminación del material orgánico biodegradable a un costo de operación razonable. Cada filtro percolador tiene un sistema de drenaje inferior para recoger el agua residual tratada y los sólidos biológicos que se desprenden del medio. Un filtro percolador muchas veces tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en aguas residuales domésticas o industriales previamente a un proceso más eficiente, como los lodos activados. Esta combinación es sólida para abatir costos de operación, aunque no es tan buena como la de un proceso anaerobio seguido de un proceso de lodos activados. En general, el CAPEX de un filtro percolador moderno con empaque sintético supera al de un biodisco o un lodo activado a flujos muy pequeños, sobre todo debido al alto costo del material de empaque. Pero a flujos mayores resulta una opción mucho más atractiva que otros procesos aerobios, ya que, por una cuestión de escala, para plantas de gran capacidad pesa más el OPEX del proceso (López, 2018).

c) Reactores UASB

Debido al metabolismo de los microorganismos involucrados, los procesos anaerobios no requieren oxígeno. La principal implicación ingenieril es que, a diferencia de un proceso aerobio típico, no se tiene el consumo eléctrico asociado con la aireación. Por otro lado, en un sistema de tratamiento de aguas residuales la tecnología anaerobia genera la menor cantidad de lodo de todas, y se obtiene un subproducto con alto valor agregado como es el biogás, susceptible de ser aprovechado como combustible. Actualmente el reactor UASB es el más utilizado en el mundo para tratar aguas industriales, y el tercero en importancia para tratar aguas residuales municipales. Su principal ventaja es que puede remover la mayor parte del material biodegradable del agua a muy bajo costo operativo generando muy poco lodo de purga, lo cual tiene como consecuencia positiva una menor generación de GEI cuando el biogás es quemado o aprovechado para generar energía. Un reactor UASB tratando aguas residuales municipales alcanza una eficiencia de remoción de DQO del 65% con un tiempo de retención hidráulica de unas 6 horas, aunque su aplicación se ve limitada a situaciones donde la temperatura media del agua supera los 18°C, ya que a temperaturas más bajas la actividad microbiana anaerobia es sumamente reducida. Conforme con los estudios más recientes, todo proceso que incluya como primera etapa un reactor UASB, logra los mejores resultados en un análisis de ciclo de vida (López, 2018).

Tabla 12.- Viabilidad de alternativas de tratamiento biológico para la cabecera parroquial de Ulba

Tratamientos Biológico Aplicables a la cabecera Parroquial de Ulba		
Alternativa de depuración	**Aplicable**	**No Aplicable**
Lodos activados con aireación prolongada o extendida	X	
Filtro percolador	X	
Reactor UASB	X	

Elaborado por Autor

3.3.8.2.Criterios de selección

La técnica de evaluación de los criterios de selección busca elegir el mejor tratamiento desde el punto de vista técnico, basándose en una comparación de las diferentes alternativas propuestas, la cual correlaciona distintos aspectos para la selección técnica de depuración de agua residual, en función de calificaciones que le asigna a cada uno de los aspectos de las diferentes alternativas.

Esta técnica al ser más objetiva, permitió realizar una evaluación de tipo cuantitativa, siendo así, mientras más alta sea la calificación, mayor es la confiabilidad al elegir el tipo de tratamiento de depuración de las aguas residuales pertenecientes a la cabecera parroquial de Ulba.

Para justificar la opción más adecuada se realizó un análisis de alternativas mediante una valoración en cada criterio de selección.

La decisión propuesta considera y pondera los siguientes Criterios:

3.3.8.3.Criterios a evaluar

Remoción de carga orgánica: Este criterio valora la capacidad de retirar y/ remover adecuadamente la carga orgánica presente en las aguas residuales domésticas.

Costo de Inversión: En este criterio se evalúa de manera cuantitativa el costo a ser invertido para la construcción y operación de la PTAR

Costo de Mantenimiento: En este criterio se evalúa de manera cuantitativa el costo a ser invertido para mantenimiento durante la vida útil de la PTAR

Espacio o Requerimiento de Área: Este criterio se refiere al espacio requerido para la construcción de la planta de tratamiento.

Complejidad de Operación: En Este criterio se agrupan los conceptos vinculados al funcionamiento de la PTAR, para garantizar la producción del agua tratada, además de conocer la complejidad de los procesos tanto en condiciones normales como adversas, (Flexibilidad de operación, confiabilidad del proceso, requerimiento de personal, entre otras).

Consumo energético: Este criterio evalúa los requerimientos de los equipos eléctricos que son fundamentales en la evaluación de un proceso de tratamiento de aguas residuales, debido a que impactan de manera directa los costos de operación de la PTAR.

3.3.8.4.Ponderaciones de la Matriz

0,1: Condición más negativa

0,5: Condición intermedia

1: Condición más favorable

3.3.9. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas

Para el diseño de la planta de tratamiento se tomó en cuenta, el caudal que se midió anteriormente y sobre todo las características físico-químicas y microbiológicas realizadas en el laboratorio, para establecer los procesos de tratamiento necesarios para este tipo de agua residual. Otro parámetro importante fue la topografía y el espacio disponible del lugar, estableciendo la facilidad y garantías de la implementación.

Los procesos de tratamiento que se van a diseñar en esta investigación se basan principalmente en criterios y ecuaciones descritas por varios autores como: Metcalf & Eddy (1995), Normas RAS 2000, OPS/CEPIS/05, OS 090 Plantas de tratamiento de aguas residuales y la Norma urbana para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

3.3.9.1. Diseño y elaboración de planos de la planta de tratamiento de aguas

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la cabecera parroquial de Ulba, se realizó mediante el programa AutoCad 2018, pues permite configurar casi todos los aspectos de diseño por su precisión.

La planimetría del diseño se realizó a una escala de 1:1000. La vista planta y cortes de cada unidad que compone la planta de tratamiento se traza a diferentes escalas.

3.3.10. Evaluación de impactos

Para la cuantificación y evaluación de los impactos nos basamos en el diseño de la matriz de Leopold compuesta por posibles 100 acciones y 88 características ambientales que componen 8800 celdas las cuales varían según las actividades y los autores a desarrollarla.

Primero se identifican los posibles impactos potenciales que genera la implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la cabecera parroquial de Ulba, mediante las fases de construcción e implementación de la misma.

De acuerdo al efecto que produce las fases antes mencionadas se los clasifica como positivo (+) si se observa beneficios en el medio, y negativo (-) si sucede lo contrario, es decir si observamos algún daño o deterioro en el medio calificado.

Valorando su magnitud e importancia se obtuvo información cualitativa y cuantitativa de relaciones causa - efecto dando una ordenada presentación de la evaluación, concluyendo con la agregación de impactos la cual identifica la acción más beneficiosa y la más dañina al ambiente.

Tabla 13.- Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold

MAGNITUD			**IMPORTANCIA**		
Calificación	**Intensidad**	**Afectación**	**Calificación**	**Duración**	**Influencia**
1	Baja	Baja	1	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	2	Media	Puntual
3	Baja	Alta	3	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permanente	Local
7	Alta	Baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permanente	Regional
10	Muy Alta	Alta	10	Permanente	Nacional

Extraído de Matriz de Leopold 1971

Los resultados de la agregación de impactos se evaluaron con los valores de la siguiente tabla:

Tabla 14.-Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold

RANGO	**IMPACTO**	
-70.1 a -100	Negativo	Muy alto
-50.1 a -70	Negativo	Alto
-25.1 a -50	Negativo	Medio
-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a 25	Positivo	Bajo
25.1 a 50	Positivo	Medio
50.1 a 80	Positivo	Alto
80.1 a 100	Positivo	Muy alto

Extraído de Matriz de Leopold 1971

Con esta tabla podemos evaluar la significancia del impacto que este proyecto causará al implementarse y verificar si es viable o si hay que tomar algunas medidas alternativas o correctoras.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la situación actual del manejo de las aguas residuales domésticas de la cabecera parroquial Ulba.

La cabecera parroquial cuenta con 3 puntos de descarga de las aguas residuales generadas, todas ellas perteneces a descargas domésticas y pluviales. Los habitantes de la cabecera parroquial descargan sus aguas residuales directamente al Rio Pastaza sin ningún tratamiento previo por lo que se está generando una contaminación severa en el medio ambiente de la zona, alterando la calidad de agua del efluente y sus propiedades físico químicas y microbiológicas generando un foco de infección que pueden ocasionar enfermedades de origen hídrico.

4.1.1. Análisis demográfico

La parroquia de Ulba es la segunda parroquia más poblada del cantón Baños de Agua Santa con 2.532 habitantes, que representa el 12,6% de la población total del cantón (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL ULBA, 2015).

La cabecera parroquial es la zona que cuenta con mayor población correspondiente casi a la mitad de toda la población que corresponde a la parroquia, con 1235 habitantes aproximadamente (Luna, 2020), de acuerdo con la entrevista realizada al presidente de la junta parroquial de Ulba en el presente año se cuenta con una población con mayor densidad poblacional con una cantidad de 1505 habitantes datos obtenidos de la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019 -2023 de la parroquia Ulba .

4.1.2. Características generales del Ámbito de Estudio

4.1.2.1.Precipitación

Los rangos de precipitación promedio en la parroquia Ulba equivalen a 3000 mm al año. En la zona los niveles pluviométricos son altos debido a que la parroquia se encuentra ubicada dentro de las vertientes de la cordillera Real que es afectada por masas de aire provenientes de la cuenca Amazónica (GAD Parroquial Ulba, 2020).

4.1.2.2.Temperatura

Las temperaturas en la parroquia fluctúan entre los 6 a 20 °C, teniendo una mayor presencia de temperaturas que van desde los 14 a los 16 °C en las zonas aledañas al río Pastaza. Las menores temperaturas se registran en la zona norte de la parroquia, superficie que corresponde al Parque Nacional Llanganates (GAD Parroquial Ulba, 2020).

4.1.2.3.Tipos de clima

Se observan tres tipos de climas siendo el Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo el clima que predomina en la parroquia. Este tipo de clima se caracteriza por presentar una humedad relativa que, dependiendo de la altura y la exposición, presenta valores entre el 65 y el 85 %. Los rangos de precipitación anual van desde los 500 hasta los 2.000 mm y se caracteriza por presentar dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre al mes de noviembre. Los bioclimas se caracterizan a continuación (GAD Parroquial Ulba, 2020).

Tabla 15.- Tipos de climas existentes en Ulba

Clima	Porcentaje (%)
Tropical Mega térmico Húmedo	45,22
Ecuatorial Meso térmico Semi-Húmedo	52,21
Ecuatorial de Alta Montaña	2,57

Adaptado de Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Ulba (2015). Diagnóstico de la Parroquia Rural Ulba. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015 - 2019). Baños de Agua Santa, Tungurahua, Ecuador: GAD Parroquial Ulba. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865019340001_Diagn%C3%B3stico%20Ulba%20Ago15%20corrV2_17-08-2015_15-06-31.pdf

4.1.2.4.Uso y cobertura del suelo.

Actualmente la parroquia Ulba presenta varios tipos de uso y cobertura de suelos, entre los principales se observan los siguientes:

Tabla 16.- Uso y Cobertura del suelo de Ulba

Tipo	Extensión (ha)	Porcentaje %
100% Bosque Natural	3692,88	42,11
100% Páramo	268,14	3,06
100% Pasto Cultivado	0,15	0,00
50% Cultivos Ciclo Corto con 50% Frutales	932,03	10,63

Tipo	Extensión (ha)	Porcentaje %
70% Bosque Intervenido con 30% Vegetación Arbustiva	2331,28	26,58
70% Cultivos Ciclo Corto con 30% Frutales	194,89	2,22
70% Pasto Cultivado con 30% Vegetación Arbustiva	1351,11	15,41

Adaptado de Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Ulba (2015). Diagnóstico de la Parroquia Rural Ulba. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015 - 2019). Baños de Agua Santa, Tungurahua, Ecuador: GAD Parroquial Ulba

Una parte del territorio parroquial se encuentra ubicado el Parque Nacional Llanganates, por tanto, gran porcentaje de cobertura del suelo corresponde a Bosque Natural (42%). Al ser ésta un Área Natural Protegida, no se permiten actividades agrícolas, turísticas o de cualquier otro tipo. La extensión parroquial que no se encuentra cubierta por Bosque Natural, se utiliza para actividades agrícolas con presencia de cultivos de ciclo corto (maíz, arveja, frejol, camote, papa china, yuca, zanahoria blanca), frutales y vegetación arbustiva (GAD Parroquial Ulba, 2020)

4.1.3. Dotación

Según la información obtenida se estimó que la dotación del agua para la cabecera parroquial de Ulba es de 200 litros por habitante al día.

4.1.4. Cobertura de la red de alcantarillado



Figura 9.- Red de alcantarillado de la cabecera parroquial del Ulba
Elaborado por Autor

4.1.5. Población de Diseño o población futura para 30 años de diseño

El sistema de tratamiento que se implemente en la zona debe tomar en cuenta la población futura debido a que se debe conocer el caudal per cápita del agua residual que es descargado por cada persona para luego obtener el caudal del efluente que ingresará a la PTAR, con el propósito de cubrir las necesidades de la población de una forma sustentable y sostenible par que no existan inconvenientes en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento

Para la determinación de este parámetro fue primordial encontrar la población actual, la cual se pudo obtener mediante una entrevista con el presidente de junta parroquial de Ulba, Alexander Luna, una vez determinado ese dato se pudo definir la población futura utilizando el método geométrico con la siguiente ecuación:

$$Pf = P_{uc} * (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Para ello primero se determinó la tasa de crecimiento en forma decimal (r) con la siguiente ecuación:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1$$

$$r = \left(\frac{1505}{1235}\right)^{\frac{1}{2020 - 2010}} - 1$$

$$r = 0{,}020$$

Una vez ya determinado el valor de la tasa de crecimiento lo remplazamos en la ecuación del método geométrico.

$$Pf = P_{uc} * (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

$$Pf = 1505 * (1 + 0{,}020)^{2050 - 2020}$$

$$Pf = 2724\ habitantes$$

Se asume una población futura de 2750 habitantes

4.1.6. Caracterización del agua residual de la cabecera parroquial

Los resultados de la estimación de las características de las aguas residuales domésticas de la cabecera parroquial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 17.- Características físicas, químicas y biológicas de las descargas de la cabecera parroquial de Ulba.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO TOPO	RESULTADO COSMOPOLITA	RESULTADO AGUACATAL	ESTIMACIÓN PARA LA ULBA	LIMITE PERMISIBLE
Potencial de Hidrógeno (pH)	-	7,16	7,52	8,15	7,6	5 a 9
Temperatura	ºC	19	17,8	29	21,9	< 30
Conductividad	µSiems/cm	524	661,28	1073	752,8	-
Turbiedad	UNT	65	85,08	69	73,0	< 10^3
Sólidos Totales	m	176	944	4950	2023,3	1600
Sólidos Suspendidos	mg/L	9	98,5	832	313,2	100
Sólidos Sedimentables	ml/L	0,4	33,5	3500	1178,0	1
Nitrógeno total	mg/L	9,7	8,4	9,2	9,1	10
Fósforo total	mg/L	0,86	7,98	8,6	5,8	10
Aceites y Grasas	mg/L	21	24	25	23,3	30
DBO5	mg/L	75	477,25	193	248,42	100
DQO	mg/L	120	825	360	435,0	250
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	510	1,6*10^5	1,3*10^5	96836,7	Remoción > al 99.9%
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2050	2,1*10^4	1,9*10^5	71016,7	Remoción > al 99.9%

Elaborado por: Autor, adaptado de (Morales, 2011), (Quindigalle, 2015) y (Cepeda, 2014)

Para la caracterización del agua residual se realizó mediante revisiones bibliográficas de tesis similares o enfocadas hacia un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, en este caso se tomó estudios realizados en sectores aledaños al sector y pertenecientes al cantón Baños de Agua Santa debido a su similitud en las condiciones socioeconómicas, elaborados por Morales (2011), Cepeda (2014) y Quindigalle (2015).

4.1.6.1.Análisis de los parámetros físicos.

En la tabla 17 se pudo estimar los parámetros que se encuentran dentro y fuera lo los límites máximos permisibles de descarga en un cuerpo de agua dulce los cuales se identificaron mediante colores.

Parámetros fuera de límites máximos permisibles

Parámetros dentro de los límites máximos permisibles

4.1.7. Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño fue necesario encontrar: el caudal de las aguas residuales, el caudal máximo futuro, caudal de infiltración caudal de conexiones erradas y el caudal pluvial.

4.1.7.1. Caudal de Aguas residuales.

Para la obtención del caudal del agua residual, partimos del consumo de agua potable de la cabecera parroquial.

$$Caudal\ de\ agua\ potable = (Población)(dotación)$$

$$= (2750hab) * \left(200\frac{lts}{hab}/dia\right) * \left(\frac{1\ m^3}{1000\ lts}\right)$$

$$= 550\ \frac{m^3}{dia}$$

Para esta población se ha considerado que el aporte de agua residual es del 80% del caudal de agua potable.

$$Qp = Caudal\ del\ agua\ potable * 0{,}80$$

$$Qp = 550 \frac{m^3}{día} * 0{,}80$$

$$= \mathbf{440}\ \boldsymbol{m^3}/_{\boldsymbol{día}}$$

Los resultados de la estimación de caudal de aguas residuales en la cabecera parroquial de Ulba arrojaron un promedio de agua residual de **440 m3/día o 5,09 lts/s**.

4.1.7.2.Caudal máximo futuro (caudal instantáneo)

Primero se debe encontrar el valor del factor de mayoración, para ello se usó de la fórmula de Harmon, la cual aplica para poblaciones de entre 1000 y 1000000 habitantes.

$$\eta = 1 + \frac{14}{4 + Pf^{0.5}}$$

$$\eta = 1 + \frac{14}{4 + 2750\ hab^{0,5}}$$

$$\eta = \mathbf{1,25}$$

Y remplazándolo en la ecuación del caudal de aguas residuales.

$$Qmaxf = \eta * Qp$$

$$Qmaxf = 1{,}25 * 5{,}09\ lts/s$$

$$\boldsymbol{Qmaxf = 6,34\ lts/s}$$

4.1.7.3.Caudal de infiltración

Debido a que el sistema de alcantarillado es combinado, el caudal de infiltración se obtuvo utilizando la longitud del alcantarillado de la cabecera parroquial de Ulba.

$$Qinf = 0{,}0001 * L$$

$$Qinf = 0{,}0001 * 11128{,}65m$$

$$\boldsymbol{Qinf = 1,11\ lts/s}$$

4.1.7.4.Caudal de conexiones Erradas

En los caudales de aguas residuales se deben considerar los caudales pluviales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, los cuales determinan fijar un coeficiente de seguridad del 5 – 10 % del caudal máximo previsto de aguas residuales (Gavilanes, 2016).

$$Qce = (Qmaxf + Qinf) * 10\%$$

$$Qce = (6{,}34\ lts/s + 1{,}11\ lts/s) * 0{,}1$$

$$\boldsymbol{Qce = 0{,}75\ lts/s}$$

4.1.7.5.Caudal Pluvial

Para la determinación del caudal pluvial, se consideró perdidas por infiltración, tipo de suelo, construcción, efectos de evo transpiración evaporación y otros efectos retardadores (Moreno, 2016), por lo que tomó el dato de escorrentía, valor correspondiente a 0,7, debido a las características del tipo de zona (Zona adyacente al centro con menor densidad poblacional con calles pavimentadas)

$$Qp = 2.78 * C * I * A$$

$$Qp = 2.78 * 0{,}7 * 0{,}032\ {}^{mm}/_{h} * 65{,}87\ ha$$

$$\boldsymbol{Qp = 4{,}10\ {}^{lts}/_{s}}$$

La intensidad de lluvia para un período de retorno de 25 años fue calculada de acuerdo al sector y datos expresados en la estación meteorológica más cercana formando las curvas de intensidad-duración-frecuencia realizado por el Ing. Leo Max Rodríguez en el "Estudio de Factibilidad y Diseño del Sistema de Alcantarillado para la ciudad de Baños de Agua Santa".

4.1.7.6.Caudal de diseño

Se obtuvo el caudal de diseño, siendo este el total de la suma de los caudales calculados anteriormente:

$$Qd = Qmax + Qinf + Qce + Qp$$

$$Qd = 6{,}34\ lts/s + 1{,}11\ lts/s + 0{,}75 lts/s + 4{,}10\ {}^{lts}/_{s}$$

$$\boldsymbol{Qd = 12{,}3\ {}^{lts}/_{s}}$$

4.1.7.7.Caudal mínimo

$$\boldsymbol{Q_{min} = 0,30 * Q_{med}}$$

$$Q_{min} = 0{,}30 * 12.3\ ^{lts}/_{S}$$

$$\boldsymbol{Q_{min} = 3,21\ ^{lts}/_{S}}$$

4.1.7.8.Caudal punta

$$\boldsymbol{Q_{punta} = 0,30 * Q_{med}}$$

$$Q_{punta} = \mathbf{5} * 12{,}3\ ^{lts}/_{S}$$

$$\boldsymbol{Q_{punta} = 53,55\ ^{lts}/_{S}}$$

4.1.7.9.Caudal máximo diario

$$\boldsymbol{Q_{max} = 1,5 * Q_{med}}$$

$$Q_{max} = 1{,}5 * 12{,}3\ ^{lts}/_{S}$$

$$\boldsymbol{Q_{max} = 18,45\ ^{lts}/_{S}}$$

4.2. Alternativas de tratamiento

4.2.1. Análisis de alternativas para el tratamiento de la PTAR

Se determinó la mejor alternativa realizando una sumatoria de cada uno de ellas considerando las ponderaciones de dadas a cada uno de los criterios de selección, teniendo en cuenta que el resultado más alto es el de mayor importancia

Tabla 18.- Matriz de método de comparación de alternativas de tratamiento

	Remoción de carga orgánica	Costos de inversión	Costos de mantenimiento	Espacio	Complejidad de operación	Consumo energético	Total
Lodos activados de aireación prologada	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5
Filtro percolador	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3
Reactor UASB	0,5	1	1	0,1	1	1	4,6

Elaborado por: Autor

Mediante uso de la matriz de método de comparación de las alternativas de tratamiento, en la que consiste en dar un valor a cada una de las alternativas según el criterio de selección, se pudo identificar que la mejor alternativa es la que obtiene mayor puntaje en este caso el

reactor UASB, sin embargo, esta alternativa de tratamiento se descartó debido a las temperaturas existentes en la zona en épocas de invierno, siendo estas 15 ºC aproximadamente, teniendo el reactor UASB mejor funcionamiento en zonas costeras por su clima cálido, por ende, se tomó como mejor alternativa de tratamiento para esta zona al filtro percolador, debido a eficiencia para tratar aguas residuales domésticas en climas templados además de obtener un valor total de tres puntos siendo esta la segunda mejor alternativa.

4.2.2. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual doméstica para la cabecera parroquial de Ulba

Con los datos anteriormente registrados se determinó un caudal de diseño en 9.5 L/s como también se consideraron los valores más altos de contaminación encontrados en los días de análisis, tomando en cuenta los más importantes a continuación:

- DQO:435mg/L
- DBO:318 mg/L
- Solidos suspendidos: 313,2 mg/L

Identificando así los distintos tratamientos que se pueden implementar para reducir o minimizar la contaminación que este produce al ser desechado en un recurso hídrico importante como es el rio Pastaza.

Tras realizar esta evaluación y verificar la disponibilidad del lugar se propone la siguiente planta de tratamiento, detallando los procesos que se implementarán para reducir de una manera eficiente la contaminación existente en esta descarga de agua residual.

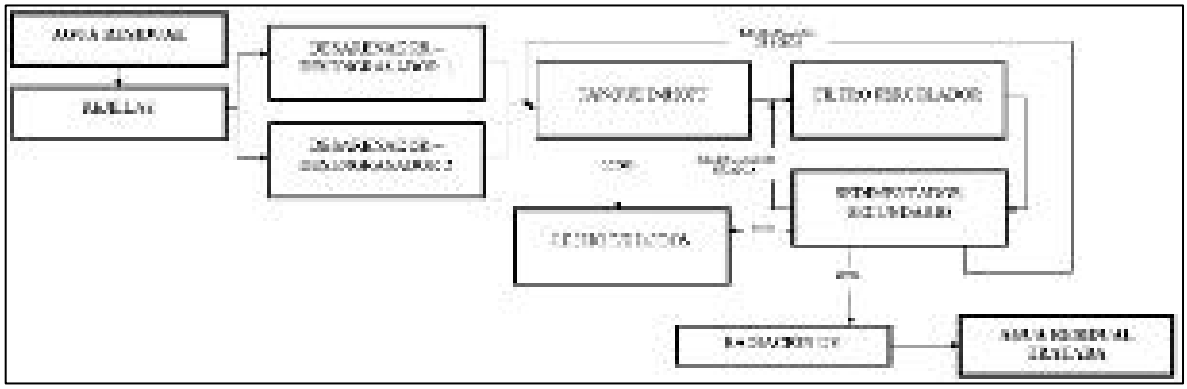


Figura 10.- Esquema de la propuesta para la planta de tratamiento de agua residual
Elaborado por: Autor

4.2.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento

Luego de estimar la caracterización de las aguas residuales, el caudal a tratar y la topografía del lugar se dimensionará una planta de tratamiento que consta de un pretratamiento conformado por un canal de entrada , cribado y dos desarenadores-desengrasadores; continua con un tratamiento primario representado por dos tanques Imhoff , por último tenemos el tratamiento secundario o biológico que se da en un filtro percolador y un sedimentador-decantador secundario, los lodos eliminados se los trata mediante lechos de secado y el agua restante de estos procesos pasará directamente a la desinfección ultravioleta (radiación uv).

4.2.3.1. Canal de entrada

Empezamos implementando el canal de entrada que nos ayuda a conectar las tuberías que desembocan las aguas residuales con el ingreso a la planta de tratamiento, determinamos las dimensiones del canal de la siguiente manera: La tubería que desemboca del alcantarillado instalado es de 12 plg de diámetro medida con un flexómetro y verificada en los catálogos de venta, otro valor que se tomó en cuenta fue la velocidad mínima que según la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes indica un valor de 0.6 m/s.

Área del canal

$$A\ (área) = \frac{Q\ (Caudal)}{V\ (velocidad)}$$

$$A = \frac{0{,}0123\ m^3/s}{0{,}6\ m/s}$$

$$\boldsymbol{A = 0{,}021\ m^2}$$

Ancho del canal

Para el ancho del canal se ha tomado como referencia el diámetro de la tubería que desemboca las aguas residuales, es decir de 12 plg o 0.3 m.

Altura del tirante de agua

Donde:

b: ancho m

H: alto m

$$A = b * H$$

$$H = \frac{A}{b}$$

$$H = \frac{0{,}021\ m^2}{0{,}3\ m}$$

$$\boldsymbol{H = 0{,}07\ m}$$

Altura de seguridad

Se tomó una altura de seguridad de 0.45m para evitar desbordamientos.

Altura total del canal

$$\boldsymbol{Ht = H + hs}$$

$$Ht = 0{,}0022\ m + 0{,}45\ m$$

$$\boldsymbol{Ht = 0{,}47\ m}$$

Se adopta el valor de 0,50 metros

Longitud del canal

Lugar donde ingresa las aguas residuales, para el tiempo de velocidad se toma como criterio propuesto teniendo un valor de 0,3 m/s.

$$\boldsymbol{L = Th * v}$$

$$L = 5\ s * 0{,}3\ {}^{m}/_{s}$$

$$\boldsymbol{L = 1{,}5\ m}$$

Pendiente

El canal de entrada tendrá una pendiente del 1%.

4.2.3.2.Rejillas

Velocidad de aproximación a las rejillas

Verificamos la velocidad de aproximación a las rejillas mediante la ecuación de manning, para lo cual se utilizó la tabla 19, con el material de acero sin recubrimiento correspondiente al valor de 0.011, para la implementación de las rejillas.

Tabla 19.- Coeficiente de rugosidad de Manning

MATERIAL	VALOR (n)
PVC, acero sin recubrimiento	0,011
De ladrillo	0,016
Mampostería de piedra	0,018
De acero corrugado	0,026
Túnel de roca sin revestir	0,033

Extraído de: Software de Ingeniería Hidráulica., 5ta edición., Haested Methods

Para eso necesitamos primero encontrar el radio hidráulico mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P}; \frac{b * H}{2h + b}$$

$$R = \frac{0{,}3m * 0{,}03m}{2(0{,}03m) + 0{,}3\ m}$$

$$\boldsymbol{R = 0{,}025\ m}$$

Con el valor anteriormente obtenido ya se puede determinar la velocidad.

$$V = \frac{1}{n}\ R^{2/3} \int^{1/2}$$

Donde

V = Velocidad (m/s)

1 = cte.

n = Rugosidad del material

∫ = Pendiente (%)

R = Radio hidráulico

$$V = \frac{1}{0{,}011}\ 0{,}025m^{2/3}0{,}01^{1/2}$$

$$\boldsymbol{V = 0,77\ {}^{m}/_{S}\ \ Aceptable}$$

Se pudo determinar que la velocidad que se encuentra dentro de los parámetros.

Longitud de las rejillas

Considerando los criterios de diseño para rejillas tenemos un ángulo de inclinación de 70˚.

$$\mathbf{sin\ 70^{o}} = \frac{\boldsymbol{H}}{\boldsymbol{L}}$$

$$\boldsymbol{L} = \frac{\boldsymbol{H}}{\mathbf{sen\ 70^{o}}}$$

Donde:

L: Longitud de las rejillas (m)

H: Altura total del canal (m)

sen 70º: Ángulo de inclinación

$$L = \frac{0{,}5m}{\sin 70^{o}}$$

$$\boldsymbol{L = 0,53\ m\ ; 0,55\ m}$$

Número de barrotes

Guiándonos en los criterios de diseño se tomó la separación media entre barrotes de 0,06 m por lo que el ancho de la misma será 0,01 m en rejas finas.

$$\boldsymbol{B = \frac{b}{e + s}}$$

Donde:

B: Numero de barrotes

b: Ancho del canal (m)

e: Ancho del barrote (m)

s: Espacio entre barrotes (m)

$$B = \frac{0{,}3\ m}{0.006\ m + 0{,}01m}$$

$$\boldsymbol{Bfinas = 19 \text{ barrotes de rejas finas}}$$

$$B = \frac{0{,}3\ m}{0{,}012 + 0{,}06\ m}$$

$$\boldsymbol{Bgruesas = 4 \text{ barrotes de rejas gruesas}}$$

4.2.3.3.Desarenador-desengrasador

Se planteó diseñar un desarenador de baja velocidad (v<1 m/s), con el objetivo de separar y remover el material solido que lleva el agua del canal, para ello se toma en cuenta que el material sólido a sedimentar tiene un diámetro de 0,30 mm. Diámetro característico de partículas existentes en aguas residuales domésticas.

Velocidad del Flujo "v" en el tanque:

Se utiliza la fórmula de Camp

$$\boldsymbol{v = a\sqrt{d}}$$

Donde:

v= Velocidad del flujo en el tanque

a = constante en función del diámetro.

d= diámetro de las partículas

Tabla 20.- Constante a en función del diámetro de la partículas.

Constante (a)	Diámetro D (mm)
51	< 0,1
44	0,1 – 1,00
36	>1

Extraído de: (Martinez V. E., 2020)

$$v = 44\sqrt{0{,}35\ mm}$$

$$\boldsymbol{v = 0{,}24\ m/s}$$

Según la fórmula de camp la velocidad de flujo es de ***0,24 m/s,*** sin embargo, según (Lozano Rivas, 2012), la velocidad de flujo tendrá un valor de ***0,3 m/s***.

De acuerdo a lo anterior vemos que la velocidad del flujo determinada es adecuada.

Longitud del desarenador

La longitud se obtuvo mediante el **ancho del canal (B)** mismo que se asumió con un valor **de 2 metros,** además se tomó en cuenta que la relación, ancho/profundidad **(H/B) es de 1 m.**

$$L = A_c * \frac{H}{B}$$

Donde:

L: Longitud del desarenador (m)

A_c: Ancho del canal (m)

$\frac{H}{B}$: Relación largo ancho (m)

$$L = 2\ m * 1m$$

$$\boldsymbol{L = 2\ m}$$

Área del desarenador

$$\boldsymbol{A = \frac{Q}{V}}$$

Donde:

A: área del desarenador

Q: Caudal de diseño

V: Velocidad de sedimentación

$$A = \frac{0{,}0123\ m^3/s}{0{,}3\ m/s}$$

$$\boldsymbol{A = 0{,}041\ m^2}$$

Profundidad

$$\boldsymbol{H = \frac{A}{Ac}}$$

$$H = \frac{0{,}041\ m^2}{2\ m}$$

$$\boldsymbol{H = 0{,}021\ m}$$

Para evitar desbordamientos de adopta una profundidad **de 0,50 m**

Ancho de la cámara

Se asumió que el ***ancho de la cámara de sedimentación será de 2 metros*** como mínimo para que se pueda cumplir con las condiciones en la relación ancho/profundidad **(H/B).**

Altura de la cámara de sedimentación

$$\boldsymbol{H = \frac{Q}{v * B}}$$

Donde:

H: Altura de la cámara de sedimentación

V: Velocidad de flujo

B: Ancho de la cámara de sedimentación (asumido).

Q: Caudal de diseño

$$H = \frac{0{,}0123\ {}^{m^3}/_{s}}{0{,}3\ {}^{m}/_{s} * 2\ m}$$

$$H = 0{,}021\ m$$

Debido a que nos arroja un valor muy bajo y que no cumple con la condición $0{,}8 \leq \frac{H}{B} \leq 1$, se asume que la ***altura o profundidad de la cámara de sedimentación tendrá un valor mínimo de 2 metros.***

Carga superficial

$$\boldsymbol{Cs = \frac{Q_{max}}{L * A_c}}$$

Donde:

Cs: carga superficial

Qmax: caudal máximo en m3/h

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

$$Cs = \frac{66{,}42\ {}^{m^3}/_{s}}{2\ m * 2m}$$

$$\boldsymbol{Cs = 16{,}60\ m^3/m^2 * h}$$

Si la carga superficial es menor a 70 m3/m2×hora (a Qmáxdiario) el dimensionamiento del desarenador es correcto.

4.2.3.4.Tanque Imhoff

Se ha diseñado el tanque Imhoff como tratamiento primario en el diseño de la PTAR doméstica, para lo cual se desarrollan los siguientes cálculos:

Dimensionamiento del sedimentador

Área del sedimentador

$$\boldsymbol{A_s = \frac{Q}{T_s}}$$

Donde:

Q: Caudal m3/día

Ts: Tasa de sedimentación

$$A_s = \frac{440\ {}^{m^2}/_{dia}}{1\,{}^{m^3}/_{m^2 * h} * 24}$$

$$\boldsymbol{A_s = 44{,}28\ m^2}$$

Ancho de la zona del sedimentador

$$\boldsymbol{B_s = \sqrt{\frac{A_S}{\frac{H}{B}}}}$$

Donde:

As: Área del sedimentador

$\boldsymbol{\frac{H}{B}}$ **:** Relación L/B (teorico) valor adoptado (5 metros)

$$B_s = \sqrt{\frac{44{,}28\ m^2}{5\ m}}$$

$$\boldsymbol{B_s = 3{,}00\ m}$$

Largo de la zona del sedimentador

$$\boldsymbol{L_s = B_s * L/B}$$

$$L_s = 3{,}00\ m * 5{,}00\ m$$

$$\boldsymbol{L_s = 15{,}00\ m}$$

Profundidad de la zona del sedimentador

$$\boldsymbol{H_s = T_s * Tr}$$

Donde:

Tr: Tiempo de retención (2 Horas)

$$H_s = 1\ {}^{m^3}\!/_{m^2 * h} * 2\ h$$

$$\boldsymbol{H_s = 2{,}00\ m}$$

Altura del fondo del sedimentador

$$\boldsymbol{H_{fs} = TAN\ \theta * \left(\frac{B_s}{2}\right)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\theta}$**:** Ángulo del fondo del sedimentador 50º (radianes)

$$H_{fs} = TAN\ (0{,}8727\ Radianes) * \left(\frac{3{,}00\ m}{2}\right)$$

$$\boldsymbol{H_{fs} = 1{,}79\ m}$$

Altura total de la zona de sedimentación

$$\boldsymbol{H_{ts} = H_{fs} + H_s + Bl}$$

Donde:

Hfs: Altura del fondo del sedimentador

Hs: Profundidad de la zona del sedimentador

Bl: Borde Libre (0,3 m)

$$H_{ts} = 1{,}79\ m + 2\ m + 0{,}3\ m$$

$$\boldsymbol{H_{ts} = 4{,}09\ m}$$

Digestor

Volumen de digestión requerido

$$\boldsymbol{V_{DR} = F_{CR} * V_D * P_f / 1000}$$

V_{DR}: Volumen de digestión requerido

F_{RC}: Factor de capacidad relativa

V_D: Volumen de digestión a 15º C

P_f: Población Futura

$$V_{DR} = 1{,}40 * 70\ {}^{lts}/_{hab} * 2750\ hab/1000$$

$$\boldsymbol{V_{DR} = 269{,}50\ m^3}$$

Ancho del tanque Imhoff

$$\boldsymbol{B_{TI} = B_s + 2 * E_{LP} + 2 * W_{ms}}$$

B_s: Ancho del sedimentador

E_{LP}: Espacio libre de la pared del digestor al sedimentador

W_{ms}: Espesor de muros del sedimentador

$$B_{TI} = 3{,}00\ m + 2 * 1\ m + 2 * 0{,}2\ m$$

$$\boldsymbol{B_{TI} = 5{,}40\ m}$$

Volumen de lodos en el digestor

$$\boldsymbol{V_{LD} = (B_{TI} * L_s * H_{LDi}) + T_{PL} * T_{PB} * \left(\frac{B_{TI}}{T_{PB}}\right)^{2/4} * \left(\frac{L_s}{T_{PL}}\right) * TAN\ \beta}$$

Donde:

H_{LDi}: Altura de los lodos del digestor

T_{PL}: Número de troncos de pirámide de largo

T_{PB}: Número de troncos de pirámide de ancho

β: Ángulo de inclinación de la tolva del digestor 15º (radianes)

$$V_{LD} = (\,5{,}40\ m * 15{,}00\ m * 2{,}00\ m) + 1 * 1 * \left(\frac{5{,}40\ m}{1}\right)^{2/4} * \left(\frac{15{,}00\ m}{1}\right) * TAN\ (0{,}2618)$$

$$\boldsymbol{V_{LD} = 191{,}30\ m^3}$$

Superficie Libre

$$\boldsymbol{S_L = \frac{2 * E_{DS} * L_S}{(B_{TI} * L_S)}}$$

Donde:

E_{DS}: Espaciamiento libre de pared del digestor al sedimentador

$$S_L = \frac{2 * 1{,}00\ m * 15{,}00\ m}{(\,5{,}40\ m * 15{,}00\ m)}$$

$$\boldsymbol{S_L = 37\ \%}$$

Altura del fondo del digestor

$$\boldsymbol{H_{FD} = \frac{B_{TI}/2}{T_{PB} * TAN\ \beta}}$$

$$H_{FD} = \frac{5{,}40\ m/2}{1 * TAN\ (0{,}2618)}$$

$$H_{FD} = 0{,}72\ m$$

Altura total del tanque

$$\boldsymbol{H_{TT} = H_s + H_{LD} + H_{FD} + D_{FS}}$$

Donde:

H_{LD}: Altura de lodos en el digestor

D_{FS}: Distancia del fondo del sedimentador

$$H_{TT} = 2{,}00\ m + 2{,}00\ m + 0{,}72\ m + 0{,}5\ m$$

$$\boldsymbol{H_{TT} = 7{,}31\ m}$$

Área de ventilación y cámara de natas

Para diseñar esta área o zona de espumas o natas que se encuentra en la superficie de las cámaras antes mencionadas se debe tener en cuenta las siguientes dimensiones:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.

- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

4.2.3.5. Filtro biológico percolador

Volumen de medio de soporte

De acuerdo a la tasa de aplicación para el diseño de filtros biológicos percoladores la tasa orgánica volumétrica de DBO (kgDBO/m3.dia) se encuentra en el rango de (0,5 a 1,0 kgDBO/m3.dia), por lo que se adopta un valor de 0,6 kgDBO/m3.dia.

$$\boldsymbol{V = \frac{Qmed\ x\ S1}{Cv}}$$

Donde:

Qmed: Caudal medio
S1: Concentración de DBO media efluente al tanque Imhoff
Cv: carga orgánica volumétrica

$$V = \frac{1062{,}72\ {}^{m^3}/_{día}\ x\ 0{,}0099\ {}^{kg\ DBO}/_{m^3}}{0{,}60\ {}^{kg\ DBO}/_{m^3 * día}}$$

$$\boldsymbol{V = 176\ m^3}$$

Área del filtro biológico

Según la tasa de aplicación recomendadas para el diseño del FBP la **profundidad** del medio de soporte se encuentra en un rango de (2,0 a 3,0 metros), por lo que se asume un valor de

2,40 metros cuyo valor permitió cumplir con la tasa de aplicación hidráulica superficial del FBP

$$\boldsymbol{A = \frac{Volumen\ (V)}{Profundidad\ (H)}}$$

$$A = \frac{176{,}00\ m^3}{2{,}40\ m}$$

$$\boldsymbol{A = 73{,}33\ m^2}$$

Diámetro del filtro percolador

$$\boldsymbol{D = \sqrt{A * \frac{4}{\pi}}}$$

$$D = \sqrt{73{,}33\ m^2 * \frac{4}{\pi}}$$

$$\boldsymbol{D = 9{,}70\ m}$$

Factor de recirculación

El factor de recirculación fue calculado en función al caudal de Recirculación al Filtro Biológico Percolador, valor que puede ser cero. Y claramente debe ser un porcentaje del caudal efluente del filtro.

$$\boldsymbol{F = \frac{(1 + R)}{(1 + \frac{R}{10})^2}}$$

Donde:

R: Razón de circulación

$$\boldsymbol{R = \frac{Q_r}{Q_{media}}}$$

Se adopta un porcentaje para el caudal de recirculación siendo un valor del 10%

$$\boldsymbol{Q_r = \frac{Q_{med} * Q_r\%}{100}}$$

$$Q_r = \frac{12{,}3\ {}^{lts}/_{s} * 10}{100}$$

$$\boldsymbol{Q_r = 1{,}23\ {}^{lts}/_{s}}$$

El valor Qr se lo reemplaza en la Razón de circulación

$$R = \frac{1{,}23\ {}^{lts}/_{s}}{12{,}3\ {}^{lts}/_{s}}$$

$$\boldsymbol{R = 0{,}10}$$

Una vez obtenida la recirculación lo reemplazo en la ecuación del factor de recirculación

$$F = \frac{(1 + 0{,}10)}{(1 + \frac{0{,}10}{10})^2}$$

$$\boldsymbol{F = 1{,}10}$$

Eficiencia de remoción de DBO

$$\boldsymbol{E = \frac{1}{1 + 0.443\sqrt{\frac{Cv}{F}}}}$$

Donde:

Cv: Carga orgánica volumétrica kgDBO/m3.dia

F: Factor de recirculación

$$E = \frac{1}{1 + 0.443\sqrt{\frac{0{,}60\ {}^{kg\ DBO}/_{m^3 * día}}{1{,}10}}}$$

$$\boldsymbol{E = 75{,}3\ \%}$$

4.2.3.6.Sedimentador secundario

Área del sedimentador secundario

$$\boldsymbol{A = \frac{Q_{med}}{qs}}$$

Donde:

Qs: Escurrimiento superficial 27 (valor adoptado)

De acuerdo a las tasas de aplicación superficial y profundidades para el diseño de sedimentadores secundarios pos FBP, el rango resaltado de color verde es el más utilizado en los diseños

Tabla 21.- Tasas de Aplicación superficial y profundidades para el diseño de decantadores secundarios pos FBP

Profundidad junto a la pared	**Tasa de Aplicación Superficial m3/m2.dia**	
(m)	Qmedio	Qmax_hor
2,00	9	18
2,50	14	28
3,00	19	38
3,50	24	48
4,00	27	54
4,50	30	60
5,00	33	66

Extraída de Metcalf y Eddy inc

$$A = \frac{1062{,}72\ {}^{m^3}/_{dia}}{27\ {}^{m^3}/_{m^2 * dia}}$$

$$\boldsymbol{A = 39{,}36\ m^2}$$

Tasa de aplicación superficial máxima

$$\boldsymbol{qs_max = \frac{Q_{max_h}}{A}}$$

$$qs_max = \frac{2125{,}44\ {}^{m^3}/_{dia}}{39{,}36\ m^2}$$

$$\boldsymbol{qs_{max} = 54\ {}^{m^3}/_{m^2 * dia}}$$

Profundidad junto a la pared

Se obtuvo el valor de **4,00 metros**, mediante el uso de la tabla 23, en al escurrimiento superficial o tasa de aplicación superficial

Diámetro del sedimentador secundario

$$\boldsymbol{D = \sqrt{A * \frac{4}{\pi}}}$$

$$D = \sqrt{39{,}36\ m^2 * \frac{4}{\pi}}$$

$$\boldsymbol{D = 7{,}10\ m}$$

4.2.3.7. Lechos de secado

Para determinar la carga de sólidos y otros parámetros, se utilizó estimaciones de la caracterización del agua residual como los sólidos suspendidos antes registrados.

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador

$$\boldsymbol{C = Q \times Ss}$$

$$C = 1062{,}72\ {}^{m^3}/_{dia}\ * 0{,}3132\ {}^{kg}/_{m^3}$$

$$\boldsymbol{C = 342{,}24\ {}^{kg\ de\ Ss}/_{día}}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos

$$\boldsymbol{Msd = (0{,}5 * 0{,}7 * 0{,}5 * C) + (0{,}5 * 0{,}3 * C)}$$

$$Msd = \left(0{,}5 * 0{,}7 * 0{,}5 * 342{,}24\ {}^{kg\ de\ Ss}/_{día}\right) + \left(0{,}5 * 0{,}3 * 342{,}24\ {}^{kg\ de\ Ss}/_{día}\right)$$

$$\boldsymbol{Msd = 171{,}12\ {}^{kg\ de\ Ss}/_{día}}$$

Volumen diario de lodos digeridos

$$\boldsymbol{Vld = \frac{Msd}{\rho lodo * \left(\frac{\%sólidos}{100}\right)}}$$

$$Vld = \frac{171{,}12\ ^{kg\ de\ Ss}/_{día}}{1{,}04\ ^{Kg}/_{L} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$\boldsymbol{Vld = 1371{,}15\ ^{L}/_{día}}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$\boldsymbol{Vel = \frac{Vld * Td}{100}}$$

$$Vel = \frac{1371{,}15\ ^{L}/_{día} * 40\ dia}{100}$$

$$\boldsymbol{Vel = 54{,}85\ m^3}$$

Área del lecho de secado

La profundidad aplicable esta entre 0,20 a 0,40m según la OPS/CEPIS/05.163, por lo que se ha tomado una profundidad de 0.40 m.

$$\boldsymbol{Als = \frac{Vel}{Ha}}$$

$$Als = \frac{54{,}85\ m^3}{0{,}40\ m}$$

$$\boldsymbol{Als = 137{,}13 m^2}$$

Ancho

El ancho de los lechos de secado pavimentados es generalmente de 5 a 15 m según la OPS/CEPIS y la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, por lo que se ha tomado el valor de 10m

Longitud

$$\boldsymbol{Als = L * b}$$

$$\boldsymbol{L = \frac{Als}{b}}$$

$$L = \frac{\mathbf{137,13}m^2}{15\ m}$$

$$\boldsymbol{L = 9,14\ m}$$

Para facilitar el diseño se redondeó este valor a 9 m

4.2.3.8. Remoción de carga contaminante

4.2.3.8.1. Tanque Imhoff

Según bibliografía revisada se encontró que el porcentaje de eficiencia que este proceso posee se encuentra dentro de un rango del 35 -65 % para la DBO5, DQO y entre 35 y 85 % para sólidos suspendidos, por lo que hemos tomado el valor de 60 % para la DBO5 y DQO, y 40 % para sólidos suspendidos.

Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = 435\ {}^{mg}/_{L} - \left(\frac{435\ {}^{mg}/_{L} * 60}{100}\right)$$

$$\boldsymbol{DQO_{removida} = 174\ {}^{mg}/_{L}}$$

Remoción de DBO_5

$$DBO_{5\ removida} = 248{,}42\ {}^{mg}/_{L} - \left(\frac{246{,}42\ {}^{mg}/_{L} * 60}{100}\right)$$

$$\boldsymbol{DBO_{5\ removida} = 99,37\ {}^{mg}/_{L}}$$

Remoción de SS

$$SS_{removidos} = 313{,}2\ {}^{mg}/_{L} - \left(\frac{313{,}2\ {}^{mg}/_{L} * 40}{100}\right)$$

$$\boldsymbol{SS_{removidos} = 187,92\ {}^{mg}/_{L}}$$

4.2.3.8.2. Filtro biológico percolador

Tenemos el filtro biológico percolador con una eficiencia para DQO entre 60 - 90%, para la DBO5 un rango de 65 - 90%, sin embargo, en el diseño del FBP se obtuvo una eficiencia de remoción de DBO5 en un 75,5 %y de sólidos encontramos una de eficiencia entre 60 – 70%. Tomando la DQO de 80 %, DBO5 de 75,3% % de eficiencia y sólidos suspendidos en 70%.

Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = 174\,{}^{mg}/_{L} - \left(\frac{174\,{}^{mg}/_{L} * 80}{100}\right)$$

$$\boldsymbol{DQO_{removida} = 34,8\,{}^{mg}/_{L}}$$

Remoción de DBO_5

$$DBO_{5\,removida} = \mathbf{99,37}\,{}^{mg}/_{L} - \left(\frac{\mathbf{99,37}\,{}^{mg}/_{L} * 75{,}3}{100}\right)$$

$$\boldsymbol{DBO_{5\,removida} = 24,54\ {}^{mg}/_{L}}$$

Remoción de SS

$$SS_{removidos} = \mathbf{187,92}\ {}^{mg}/_{L} - \left(\frac{\mathbf{187,92}\ {}^{mg}/_{L} * 70}{100}\right)$$

$$\boldsymbol{SS_{removidos} = 56,37\,{}^{mg}/_{L}}$$

4.2.4. Impacto Ambiental

Debido a que las propuestas de construcción de cualquier tipo implican consigo una serie de impactos ambientales ya sean estos positivos o negativos durante su construcción, ejecución y abandono, se diseñó una matriz modificada de Leopold donde se identifica claramente las acciones e impactos que estos ocasionan al medio que los rodean.

Las acciones impactantes se basaron en información recolectada a personal capacitado sobre el tema de construcción, obteniendo las siguientes:

A. Fase de construcción

- Desbroce y limpieza de la corteza
- Excavación con maquinaria
- Transporte de materiales
- Construcción de la obra
- Generación de material desecho
- Mantenimiento de vías de acceso

Los posibles factores ambientales de significancia para este proyecto se tomaron de la guía metodológica de impactos ambientales de Conesa Fernandez, resultando lo siguiente:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A. Aire

- Emisiones atmosféricas
- Generación de olores
- Nivel sonoro

B. Suelo

- Uso del suelo
- Calidad del suelo

C. Agua

- Uso del agua
- Calidad del agua

CONDICIONES BIOLÓGICAS

D. Flora

- Desaparición de la cubierta vegetal

E. Fauna

- Desaparición de la microfauna
- Aparición de vectores

FACTORES ANTROPOLÓGICOS

F. Infraestructura

- Consumo energético

G. Humano

- Salud y seguridad laboral

H. Económico

- Generación de empleo
- Paisaje

Tabla 22.- Matriz de Leopold

FASE DE CONSTRUCCIÓN										
ACTIVIDADES / FACTORES AMBIENTALES	Desbroce y limpieza	Excavación con maquinaria	Transporte de materiales	Construccion de la obra	Desalojo de material desecho	Mejoramiento de vías de acceso	Afecciones Negativas	Afecciones Positivas	Agregacion de impacto	Nùmenro de interacciones
AIRE										
Emisiones atmosféricas (polvo)	-2 / 1	-7 / 2	-2 / 1	-2 / 2	-5 / 1		4	0	-25	4
Generacion de olores			-1 / 1	-1 / 1			2	0	-2	2
Nivel sonoro	-2 / 1	-7 / 2	-4 / 1	-2 / 2	-2 / 2		5	0	-28	5
SUELO										
Uso del suelo		-2 / 3		-5 / 6		4 / 3	2	1	-24	3
Calidad del suelo		-1 / 2		-4 / 6			2	0	-26	2
AGUA										
Uso del agua				-1 / 1		-1 / 1	2	0	-2	2
Calidad del agua				-2 / 1			1	0	-2	1
FLORA										
Desalojocubierta vegetal	-2 / 3	-1 / 1		-2 / 3		-2 / 3	4	0	-19	4
FAUNA										
Desaparision de la microfauna	-1 / 1	-2 / 1		-2 / 3		-2 / 2	4	0	-13	4
Aparición de vectores				-2 / 1			1	0	-2	1
INFRAESTRUCTURA										
Consumo energético				-2 / 3			1	0	-6	1
HUMANO										
Salud y seguridad laboral	-1 / 1	-1 / 1		-1 / 1	-1 / 1		4	0	-4	4
ECONÓMICO										
Generación de empleo	5 / 3	6 / 3	6 / 3	7 / 3	6 / 3	7 / 3	0	6	111	6
Paisaje				-1 / 3			1	0	-3	1
Afecciones Negativas	4	7	3	13	3	3	33			
Afecciones Positivas	1	1	1	1	1	2		7		
Agregación de impacto	5	-22	11	-69	8	22			-45	
Número de interacciones	5	8	4	14	4	5				40

Elaborado por: Autor

Luego de identificar y calificar la magnitud e importancia de los posibles impactos que se generaran en la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la matriz de Leopold, determinamos 33 afecciones negativas y 7 afectaciones positivas con un total de 40, identificando claramente que la mayoría de ellas son negativas; con un valor en la agregación de impacto de -45 que al compararla con la tabla 14 nos da una evaluación negativa media, es decir su incidencia en el proyecto no es mayor por lo que no requiere de medidas correctoras y sus impactos negativos con el pasar del tiempo se corregirán.

Las actividades que mayor daño ocasionan son la construcción de la planta de tratamiento y las excavaciones necesarias para la misma, tomando en cuenta que son temporales y con el pasar del tiempo desaparecerán.

El factor más vulnerable identificado en la tabla 25 es el uso y calidad del suelo al igual que la producción de partículas y el nivel sonoro que se generan únicamente en la construcción de la planta, estos pequeños inconvenientes se los puede evitar con equipo adecuado para los trabajares como mascarillas y orejeras al igual que incrementando barreras o cercos alrededor de la construcción.

El equilibrio que este diseño presenta es la generación de empleo tanto en la fase de construcción como la de operación dando un impacto positivo de nivel alto, siendo factible para la población beneficiada.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Resultados de la caracterización del agua residual

Los valores estimados obtenidos en la Tabla 20 para las muestras de aguas residual indican una elevada cantidad de sólidos totales, tanto disueltos como suspendidos y sedimentables. Los valores estimados para sólidos sedimentables indican la existencia de lluvias por lo que arrastran cualquier cantidad de impurezas, los valores correspondientes a sólidos disueltos podrían indicar niveles de contaminación elevados debidos a contaminantes domésticos.

Para analizar la contaminación orgánica, se ha tomado en cuenta los valores estimados de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno como indicadores de contaminación, los cuales indican niveles de DBO5 de 248,42 mg/L, y de la DQO 435,0

mg/L. Además, los valores referentes a la concentración de coliformes totales de $7,1*10^4$ indican contaminación microbiológica nociva para la salud humana, al superar el valor considerado aceptable para aguas servidas.

En cuanto a la contaminación química, el pH de las muestras se encuentra dentro de los límites, es decir entre 5 y 9, pero tiende a ser levemente básica por las sales presentes en las muestras.

Es necesario mencionar que, aunque las descargas procedentes de la cabecera parroquial no aumentan significativamente los niveles de contaminación del río Pastaza, el mismo representa un cuerpo hídrico ya contaminado previa la recepción de aquellas. Esto es explicable, ya que el río acarrea a su paso por la ciudad, elevados contenidos de contaminantes químicos y orgánicos a causa de las descargas de aguas servidas domésticas e industriales vertidas en poblaciones situadas en puntos más altos de la cuenca, como Ambato, Riobamba y Latacunga, sin contar las provenientes de un apreciable número de cabeceras cantonales, parroquiales y comunas existentes aguas arriba.

4.3.2. Resultados del dimensionamiento de la planta

A continuación, se muestran los resultados del dimensionado para cada tratamiento propuesto para esta investigación tomando en cuenta guías y criterios de diseño.

4.3.3. Resultado del cálculo de la población de diseño

La proyección demográfica se efectuó para un periodo de 30 años para la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, tomando en cuenta varios factores ya que se considera un valor importante para el dimensionamiento de cada unidad que conforma la misma.

Tabla 23.- Resultados del cálculo de la población de diseño

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Población actual	1235	Hab
Población futura	1505	Hab

Elaborado por: Autor

4.3.4. Resultados del cálculo del caudal de diseño

La determinación del caudal de diseño es primordial al empezar a desarrollar el dimensionamiento de la planta de tratamiento, obteniendo a continuación los siguientes resultados:

Tabla 24.- Resultados del cálculo del caudal de diseño

PARÁMETRO	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Caudal de aguas residuales	Q_p	5.09	L/s
Caudal máximo futuro	Q_{maxf}	6,34	L/s
Caudal de infiltración	Q_{inf}	1,11	L/s
Caudal de conexiones erradas	Q_{ce}	0.75	L/s
Caudal pluvial	Q_p	4,10	L/s
Caudal de diseño	Q_d	12,3	L/s

Elaborado por: Autor

4.3.5. Resultados del dimensionamiento del canal de entada

Tomando en cuenta las medidas del canal de llegada se calcularon los siguientes parámetros necesarios para la entrada a la planta de tratamiento, llegando a obtener lo siguiente:

Tabla 25.- Resultados del dimensionamiento del canal de entrada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Diámetro de la tubería	12	plg
Caudal de diseño	0.0123	m^3/s
Área del canal	0,021	m^2
Ancho del canal	0.3	m
Alto del tirante de agua	0.070	m
Altura de seguridad	0.45	m
Altura total	0.50	m
Pendiente	1	%

Elaborado por: Autor

Como se observa en la tabla, las dimensiones del canal son: de ancho 0.3 m, de altura del tirante de agua 0.07 m y como prevención en caso de que el caudal aumente tenemos una altura de seguridad de 0.45 m, aproximando una altura total de 0.5 m y un área de 0.021m^2, también este canal tendrá una pendiente del 1%.

4.3.6. Resultados del dimensionamiento de la rejilla

Luego de considerar criterios de diseño para el dimensionamiento de rejillas como el ángulo de 70˚, el espesor entre barrotes de gruesas 0,012m y de finas 0,006 m, la distancia entre barrotes, el cribado de gruesos tiene una distancia entre barrotes de 0,06m mientras que el cribado de finos tiene una distancia de 0.01m, el material de las barras que en este caso son de acero sin recubrimiento, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 26.- Resultados del dimensionamiento de las rejillas

PARÁMETRO	VALOR		UNIDAD
Angulo de inclinación	70		°
Espesor de las barras (gruesas y finas)	0.012	0,006	m
Distancia entre barrotes (gruesas y finas)	0.06	0,01	m
Velocidad de aproximación a las rejillas	0,77		m/s
Longitud de las rejilla	0,55		m
Número de barras (gruesas y finas)	4	19	
Largo del canal	1		m
Pendiente	5		%
Largo de la bandeja de escurrimiento	0.30		m
Ancho de la bandeja de escurrimiento	0.30		m

Elaborado por: Autor

Como se puede observar en la tabla 30 se encontró una velocidad de aproximación a las rejillas de 0.77 m/s la cual se encuentra dentro de los parámetros ya que la velocidad mínima debe ser de 0.6 m/s, de igual manera se determinó la longitud de la rejilla en 0.55 m y 4 barras son las que conformarán el cribado de gruesos y 19 barras del cribado de finos.

Las medidas de la rejilla son las mismas del canal de entrada es decir de ancho 0.3 m, altura total 0.5 m y la pendiente de 5 %, con un largo de 1 m.

Se incrementó una bandeja de escurrimiento en la parte superior de las rejillas de 30 cm de largo y 30 cm de ancho con orificios de 1 cm de diámetro.

4.3.7. Resultados del dimensionamiento del desarenador

Para la obtención de las medidas del desarenador, se basó en el diámetro la partícula de 0,30mm, y para su diseño se tomó como referencia fuentes bibliográficas de (Paredez Parra, 2017), (INEN, 1992), (Lozano Rivas, 2012). Con los cálculos realizados se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 27.- Resultados del dimensionamiento del desarenador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Profundidad	0,5	m
Velocidad de flujo	0,3	m/s
Área	0,041	m^2
Carga superficial	16	$m^3/m^2.h$
Longitud	2	m
Ancho	2	m

Elaborado por: Autor

El diseño del desarenador consta de una longitud de 2 metros, un ancho de 2 metros valores cuales cumplen con la condición de la relación H/B tomando en cuenta que $0{,}8 \leq \frac{H}{B} \leq 1$. Cuenta con un área de 0,041 m2, una profundidad de 0,5 m y con carga superficial de 16 $m^3/m^2.h$ que la ser menor de 70 $m^3/m^2.h$, nos indica que el dimensionamiento es correcto.

4.3.8. Resultados del dimensionamiento del tanque Imhoff

El dimensionamiento del tanque Imhoff se realizó tanto para el sedimentador como para el digestor, los dos componentes son los que conforman el tanque Imhoff, los resultados se observan a continuación:

Tabla 28.- Resultados del dimensionamiento del tanque Imhoff

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Área del sedimentador	18,33	m^2
Ancho de la zona de sedimentación	1,90	m
Largo de la zona de sedimentación	9,50	m
Profundidad de la zona de sedimentación	2,00	m
Altura del fondo del sedimentador	1,13	m
Altura total del sedimentador	3,43	m
Volumen de digestión requerido	269,50	m3
Ancho del tanque	4,30	m
Volumen lodos en el digestor	93,47	m3
Superficie libre	47	%
Altura del fondo del digestor	0,58	m3
Altura total del tanque	6,51	m

Elaborado por: Autor

El segmento del sedimentador consta de un área de 18,3 m^2, ancho de 1,90 m, largo de 9,50 m, profundidad de 2,00 m, altura al fondo del sedimentador de 1,13 m, siendo una altura total del sedimentador de 3,43m.

El volumen de digestión requerido tiene un valor de 269,50 m3, con un ancho del tanque de 4,30 m, el volumen de lodos en el digestor es de 93,47 m3, con una altura total del tanque de 6,51 m

Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 50° con respecto a la horizontal, la altura máxima de los lodos deberá estar 0,58 m por debajo del fondo del sedimentador.

El fondo del tanque tendrá una inclinación de 15º con respecto a la horizontal

Para el diseño de la zona de espuma o nata que se encuentra en la superficie de las cámaras se debe tener un espaciamiento libre de 1,0 m.

La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

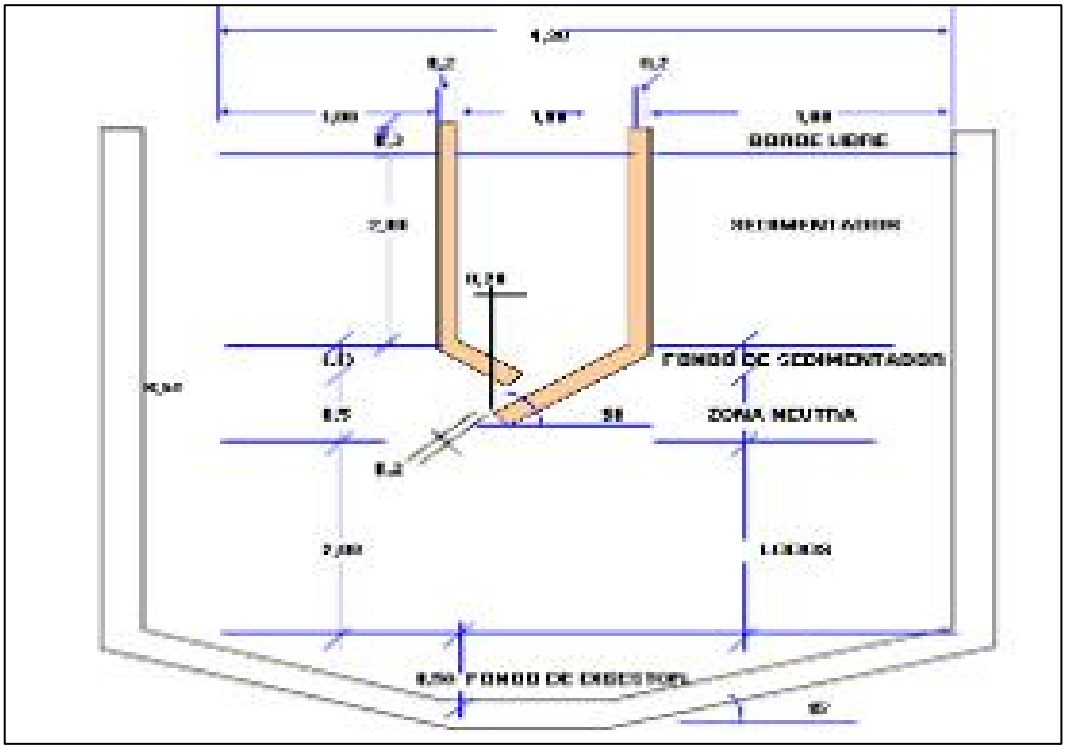


Figura 11.- Esquema del dimensionamiento del tanque Imhoff
Elaborado por Autor

4.3.9. Resultados del dimensionamiento del filtro biológico percolador

Seguido del tratamiento primario (tanque imhoff), se realizó el dimensionamiento del filtro biológico percolador mediante una serie de cálculos llegando a los siguientes resultados

Tabla 29.- Resultados del dimensionamiento del FBP

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen del medio de soporte	176	m^3
Área	73,33	m^2
Diámetro.	9,70	m
Altura	2,40	m
Factor de recirculación	1,10	-
Producción de lodos	0.40	Kg de Ss/día

Elaborado por: Autor

Se determinaron las medidas de acuerdo a las tasas de aplicación recomendadas para el diseño del filtro biológico percolador, el cual nos indica que la carga orgánica volumétrica se encuentra en un rango de (0,5 a 1,0 (kgDBO/m3*dia), se asumió un valor de 0,60 kgDBO/m3*dia, obteniendo un volumen del medio de soporte con un valor de 176 m3, se asumió una altura de 2,40 m, valor que permite cumplir con las condiciones de la tasa de aplicación hidráulica superficial del FBP.

Se obtuvo un diámetro de 9,70 m y un factor de recirculación de 1,10, dándonos una eficiencia del 75,3%.

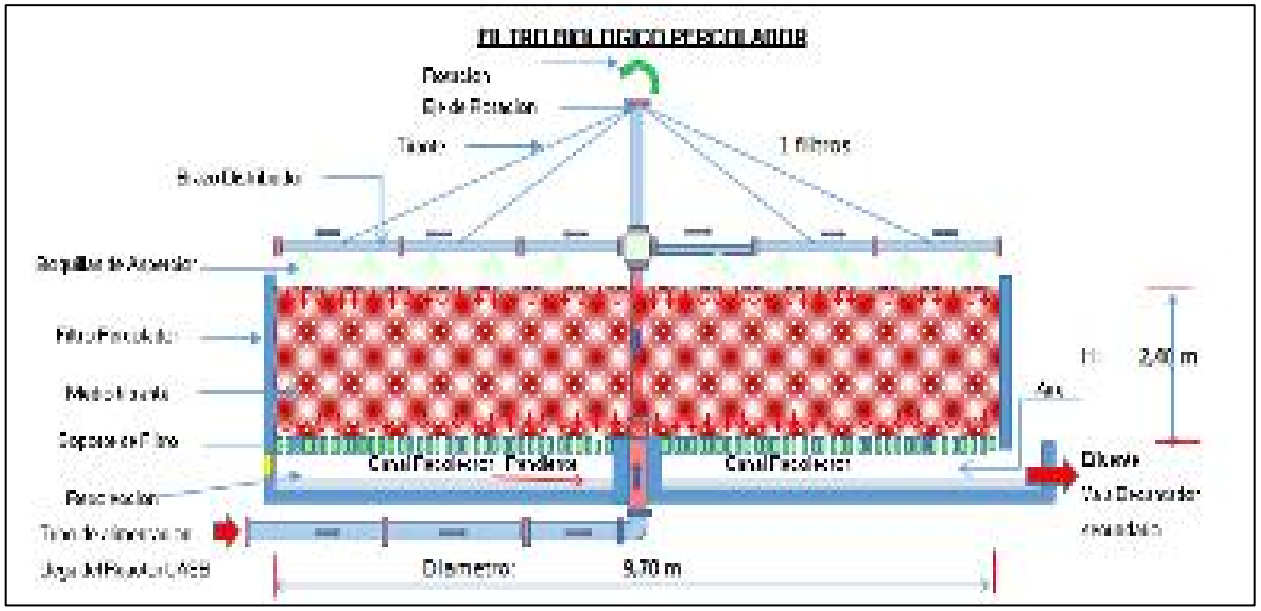


Figura 12.- Esquema del filtro percolador
Elaborado por Autor

4.3.10. Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario

Se diseñó el sedimentador secundario de acuerdo a las tasas de aplicación superficial y profundidades para el diseño de sedimentadores secundarios pos FBP, se concluyó con las siguientes dimensiones:

Tabla 30.- Resultados del dimensionamiento del FAFA

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Escurrimiento superficial	27	m3/m2*día
Área	39,36	m^2
Tasa de aplicación superficial máxima	54	m3/m2*día
Profundidad junto a la pared	4,00	m
Diámetro	7,10	m

Elaborado por: Autor

Basados en las tasas de aplicación superficial y profundidades para el diseño de sedimentadores secundarios pos FBP se asume un valor de escurrimiento superficial de 27 m3/m2*día, con un área requerida de 39,36 m2, con una tasa de aplicación máxima de 54 m3/m2*día, con una profundidad en base al escurriendo superficial de 4,00 m, y un diámetro de 7,10 m.

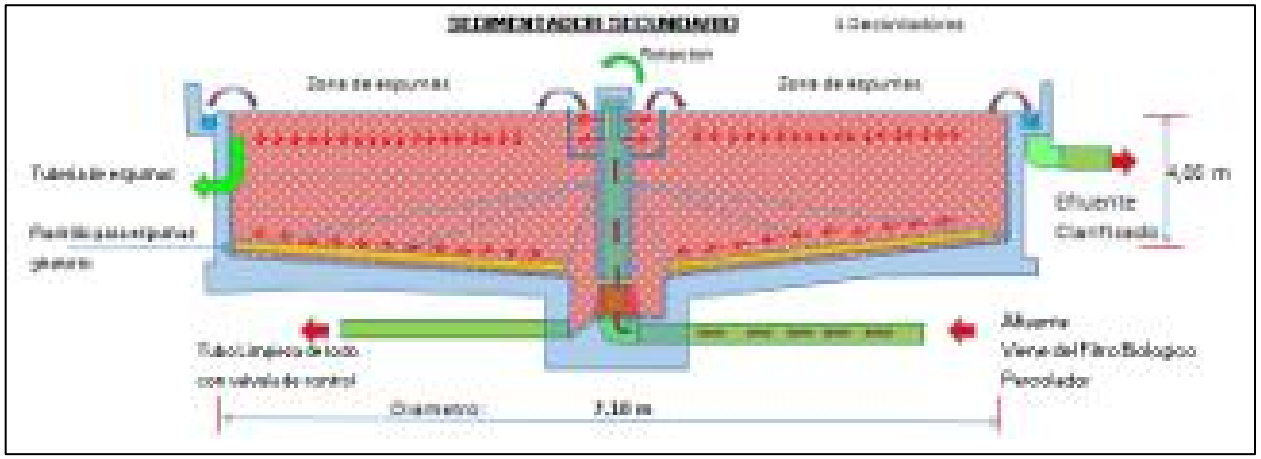


Figura 13.- Esquema del sedimentador secundario
Elaborado por Autor

4.3.11. Resultados del dimensionamiento del lecho de secados

Luego del proceso primario con el tanque imhoff y del tratamiento secundario con el sedimentador secundario se obtiene como residuo los lodos, los cuales necesitan

deshidratarse para que puedan ser puestos a disposición del personal; mediante una serie de cálculos y datos se ha llegado a los siguientes resultados:

Tabla 31.- Resultados del dimensionamiento de los lechos de secado

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Carga de sólidos que ingresa al sedimentador	342,24	Kg de Ss/día
Masa de sólidos que conforman los lodos	171,12	Kg de Ss/día
Volumen diario de lodos digeridos.	1371,15	L/día
Volumen de lodos a extraerse del tanque	54,85	m^3
Área del lecho de secado	137,13	m^2
Numero de lechos	1	
Profundidad del medio de drenaje	0.40	m
Alto	0.80	m
Ancho	10	m
Longitud	9	m
Profundidad	0,40	m

Elaborado por: Autor

Ingresa una cara se solidos suspendidos de 342,24 Kg de Ss/día, formando una masa de sólidos de 171,12 Kg de Ss/día, volumen diario digeridos 1371,15 L/día

Se determinaron las medidas de los lechos de secado obteniendo de profundidad 0.40 m, ancho 10 m y de largo 9 m, con un área de 137,13 m^2.

El medio de drenaje o la profundidad de los lechos es de 0.40 m como se dijo anteriormente y está constituido por una capa de 15 cm formada de ladrillos colocados sobre el medio filtrante (arena), con una separación de 5 cm, la arena debe tener un tamaño entre 0,3 a 1,3 mm, debajo de esta se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm de 0,20 m de espesor.

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque.

Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

Al salir los lodos de este tratamiento llegan a estar estabilizados por lo que se puede aprovechar como abono o se los transporta directo al vertedero.

4.3.12. Desinfección Ultravioleta

El tratamiento con radiación UV o luz ultravioleta comprada con otros sistemas de desinfección ha sido la mejor alternativa y la más popular frente al uso de reactivos químicos que son muy peligrosos y de uso constante y lo mejor es que no genera residuos, para mejorar la calidad de las aguas a tratar, debido a que requiere tiempos de residencia cortos del agua para desinfectarla (segundos o minutos). Cabe mencionar que los sistemas de desinfección UV ocupan un área menor que los de desinfección química, por ende, ocupa una mínima cantidad de espacio reduciendo así el costo de su implementación, además de ser de operación y mantenimiento simple y con un mínimo peligro para los trabajadores.

Debido a que contiene un efecto germicida el cual permite eliminar el 99,92% de los bacterias, virus y parásitos patógenos presentes en el agua. La longitud de onda, más efectiva para la destrucción del ADN de los microorganismos es de 265 nm. Con finalidad de obtener un efluente que cumpla con las normas de calidad de agua establecidas en las leyes ecuatorianas y permita que los parámetros se encuentres dentro y/o bajo los límites máximos permisibles para su descarga, se utilizó dos lámparas UV con una potencia de salida de 55 W o 12 GPM cuyas medidas son 92.5 cm de tubo con un diámetro de 2.5 cm, con la capacidad de 12 galones por, 45 litros por minuto, 2.700 litros por hora. Se las debe ubicar apropiadamente para evitar accidentes una cada 5 m2, la vida útil de estos equipos puede llegar a ser de 1 a 2 años. Con todas estas acciones conseguiremos un efluente de mejor calidad que no afecte el ciclo hidrológico y manteniendo el equilibrio ecológico.

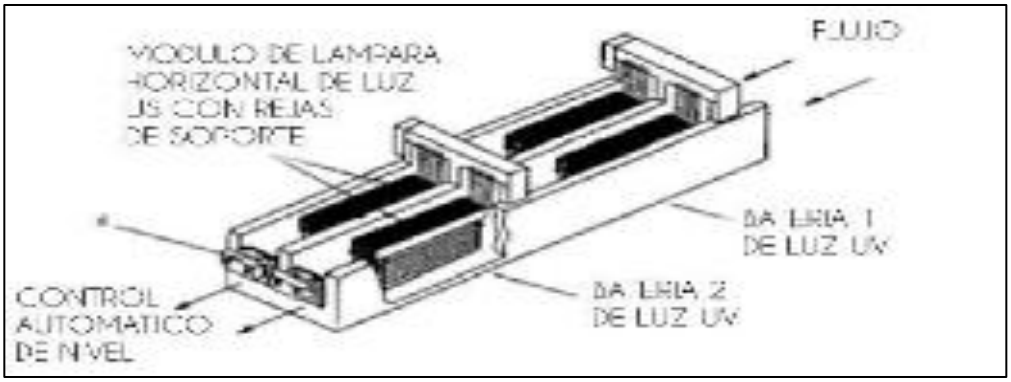


Figura 14.- Diagrama de flujo del tratamiento de desinfección
Extraído de (Costa, 2016)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se realizó un diagnóstico del manejo actual de las aguas residuales de la cabecera parroquial tomando en cuenta datos ambiental y demográfico, en los que se pudo identificar una población actual de 1505 habitantes, la zona cuenta con una red de alcantarillado combinado con tres puntos de descarga los cuales desembocan directamente al Rio Pastaza sin tratamiento alguno generando mayor contaminación al ecosistema de sus riveras.
- Se estimó la caracterización de las aguas residuales utilizando revisiones bibliográficas realizadas dentro del cantón y que contengan características socioeconómicas similares a la de la cabecera parroquial, permitiendo realizar un diagnóstico estimado del grado de contaminación generado por las aguas residuales, además se obtuvo un caudal de diseño de 12,3 lts/s, utilizando como datos de partida la población futura en un periodo de tiempo de 30 años (2750 habitantes), dato que conjuntamente al consumo diario del agua por habitante (dotación 200 lts/hab*dia), construyeron en la obtención del caudal de diseño mediante la suma de los caudales de aguas residuales domésticas, caudal instantáneo (4,17 lts/s), caudal de infiltración (0,27 lts/s), caudal de conexiones erradas (0,44 lts/s) y caudal pluvial (3,92 lts/s),
- Se plateo diferentes alternativas de tratamiento secundario en base a las estimaciones de la caracterización de las aguas residuales domésticas, en la que por su mejor rendimiento en climas templados se seleccionó el filtro percolador, descartando al reactor UASB, alternativa que por ponderaciones a los criterios de selección es más indicada, sin embargo, su eficiencia y funcionamiento en climas menores a 20º C disminuye. Por ende, se decidió que como mejor alternativa para las condiciones edafoclimaticas de la zona de influencia el filtro percolador será la mejor opción.

- Se ha realizado el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para la cabecera parroquial de Ulba, este se proyectó para una población futura de 2750 habitantes; el sistema se lo ha planteado para una vida útil de 30 años. Este diseño está compuesto por 7 procesos (Canal de entra Cribado, Desarenador, taque

Imhoff, Filtro biológico percolador, desinfección y un lecho de secado de secados) que fueron dimensionados con el fin de ocupar una cantidad de terreno y aprovechando las pendientes del mismo para que el flujo se distribuya por gravedad haciendo a la planta económicamente asequible.

Recomendaciones:

- Al ser la caracterización de las aguas residuales domesticas estimadas se recomienda realizar un análisis físico químico y biológico del efluente en un laboratorio certificado.
- Verificar el uso y tipo de suelo en el área en la que se implementaría la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

BIBLIOGRAFÍA

ACUATECNICA. (Noviembre de 30 de 2016). Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas. Obtenido de https://acuatecnica.com/sistema-tratamiento-aguas-residuales-domesticas/

Arias, H. A., Hernandez, M. J., Castro, V. A., & Sanchez, P. N. (Julio de 2017). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CENTRAL DE SACRIFICIO: USO DEL POLVO DE LA SEMILLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL. *1*. doi:http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(Edición Especial)29-39

Arriols, E. (06 de Agosto de 2018). Ecologia verde. *Las aguas residuales y su clasificación*. Obtenido de https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html

Asociación Vivamos Mejor. (24 de Septiembre de 2017). Manual Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Manejo de Biodigestores Domiciliares. Ecuador. Obtenido de https://issuu.com/asociacionvivamosmejor/docs/manual_aguas_residuales26-04-2012

Bermeo, G. M. (Junio de 2016). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Técnicas convencionales, Segunda* . Guayaquil, Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/Laptop/Downloads/COMPLETO_libro_aguaUltimoPDF.pdf

Calvo, G. J., & Hernández, P. D. (Junio de 2016). Mitigación de malos olores generados en plantas de tratamiento de aguas residuales: Estudio de caso El Roble de Puntarenas. *Informe final de proyectos de investigación y extensión*. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/83115776.pdf

Campaña, A., Nieto, C., Rengel, A., & Edgar, I. (Abril de 2011). Foro de los Recursos Hídricos. *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla, Primera*. Quito, Ecuador: graphus. Obtenido de http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf

Cargua, R. (2009). *Diseño de planta de Tratamiento de agua residual para el sector Santa Cruz.* Riobamba.

Cepeda, B. P. (2014). Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el Subsistema Cosmopolita, Cantón Baños - Tungurahua. 60 -61.

Chavez, C. L. (2018). PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (POR LODOS ACTIVADOS EN EL MUNICIPIO DE SOATÁ BOYACÁ. 10 - 16. Bogotá.

Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., De Sousa, J., Durán, M., & Escalante, M. (Julio de 2008). El Agua un Recurso para Preservar. Merida. Obtenido de http://www.eventos.ula.ve/ciudadsostenible/documentos/pdf/agua.pdf

Costa, d. C. (2016). Uso adecuado de lámparas Germicidas. *Luz Ultravioleta*. Obtenido de https://oftalmologos.org.ar/files/institucional/covid/uso-adecuado-de-lamparas-germicidas.pdf

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2020). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados Tomo 1. Santafé , Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.

Eco - Intellutions. (13 de Febrero de 2019). Tipos de Aguas Residuales. Obtenido de http://www.ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/tipos-de-aguas-residuales-cuantos-existen-y-que-contienen

Félix, A. D., & Rikeros, G. D. (2015). "DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CANTÓN DURÁN". Guayaquil, Ecuador. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29880/1/D-70078.pdf

GAD Parroquial Ulba. (2020). ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESALLORRO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2019 - 2023.

Galarza, C. E., Alegre, C. M., & Merzthal, Y. G. (Diciembre de 2016). AGUA Y ALIMENTO. *APRENDE A PREVENIR LOS EFECTOS DEL MERCURIO*, 15 -16. (M. d. Ambiente, Ed.) Lima, Perú: Gráfica39 S. A. C. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf

Gavilanes, S. D. (29 de Junio de 2016). Diseño de alcantarillado Sanitario. *Sistema de Alcantarillado Snitario*. Obtenido de https://es.slideshare.net/SANTIAGODAVIDGAVILAN/100818764-disenodealcantarilladosanitario

Giraldo, J. Y. (2020). Propuesta de Tratamiento para el agua residual generada en la empresa Solucioines Nutritivas. Santiago de Cali.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL ULBA. (26 de Julio de 2015). DIAGNÓSTICO DE LA PARROQUIA RURAL ULBA. *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (2015 – 2019)*. Baños de Agua Santa, Tungurahua, Ecuador: GAD Parroquial de Ulba.

Lizana, Y. P. (Julio de 2018). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CASERÍO VILLA PALAMBLA. Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3636/ING_605.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lluglla, G. J., & Montaluisa, G. H. (2020). PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CASERÍO LA CLEMENTINA, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.". Obtenido de file:///C:/Users/Laptop/Downloads/Proyecto%20Final%20de%20Titulacion%20Llu glla%20Joselyn,Pa%C3%BAl%20Montaluisa.pdf

López, H. J. (Octubre de 2018). Guía para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales municipales pera facilitarla toma de decisiones, con enfoque a la reducción de emisiones de GEI. WaCClim. Obtenido de https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/10/WWTP_Guide_181024_Final.pdf

Luna, A. (15 de Noviembre de 2020). Población parroquial. (P. Cristina, Entrevistador)

Martínez, A. (2006). Métodos de coeficiente de escorrentía . Obtenido de http://www.oasification.com/archivos/Coeficientes%20de%20escorrent%C3%ADa.pdf

Martinez, S. C., Herrera, L. D., Gutiérrez, H., & Bello, M. R. (Noviembre de 2015). TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE UN REACTOR RAFA Y UNA CELDA MICROBIANA DE COMBUSTIBLE. México.

Martinez, V. E. (Dirección). (2020). *DISEÑO DE UN DESARENADOR* [Película]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=m9GsCxDbe_I&t=356s

Mejía, L. A., Cabrera, M., & Carrillo, Y. (2017). REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA. (U. P. Salesiana, Ed.) *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 26*(2). doi:http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.07

Montoya, R. J. (Marzo de 2017). Evaluación de la eficiencia de remoción en los parámetros de demande biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización La Joya etapa Platino, ubicada en el cantón Daule. Guayas, Ecuador.

Morales, R. E. (2011). Las Aguas servidasde la población del barrio Aguacatal y su incidencia en la contaminación del Río Pastaza en el cantón Baños Provincia de Tungurahua. Ambato, Ecuador.

Morán, D. (Noviembre de 2014). DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO,

ALTA VERAPAZ. 23. Guatemala. Obtenido de http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/14/Moran-Diego.pdf

Moreno, V. G. (2016). DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL BARRIO MÉXICO, CIUDAD PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA. Ambato, Ecuador. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24441/1/Tesis%201075%20-%20Moreno%20V%C3%A1squez%20Germania%20Priscila.pdf

Pazmiño, L. H., & Villamarín, A. M. (Septiembre de 2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la zona "B" de Santo Domingo de los Tsáchilas. Quito, Ecuador. Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19818/1/CD-9223.pdf

Portilla, R. A. (2018). EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS DE LA URBANIZACIÓN CATALUÑA DEL CANTÓN DAULE. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32739/1/Tesina%20PORTILLA%20ALLAN%20corregido%20Saltos.pdf

Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. *AGUAS RESIDUALES EL RECURSO DESAPROVECHADO*. París: UNESCO.

Quindigalle, Q. M. (2015). DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CASERIO EL TOPO, PARROQUIA RÍO NEGRO, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA. Riobamba, Ecuador. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4851/3/96T00333.pdf

Raul, C. (26 de Noviembre de 2014). Ingenieria Ambiental. *Contaminación hídrica y su efecto en el medio ambiente.* Obtenido de https://es.slideshare.net/raulcc1950/ingenieria-ambiental-contaminacin-hdrica-y-su-efecto-en-el-medio-ambiente

Recytrans. (04 de Noviembre de 2015). Aguas industriales. Obtenido de https://www.recytrans.com/blog/aguas-industriales/

Secretaria del Agua. (18 de Agosto de 1992). CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX OBRAS SANITARIAS. *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*, 289 -292. Ecuador.

Torres, A. (2015). Análisis de Aguas Residuales. Obtenido de http://www.a21-granada.org/red-gramas/images/Presentacion_ANTONIO.pdf

Torres, C. L., & Delgado, D. D. (Febrero de 2020). PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A ESCALA PILOTO EN LA UNEMI. 2-10. Milagro, Ecuador.

Torres, C. L., & Delgado, D. D. (Febrero de 2020). PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A ESCALA PILOTO EN LA UNEMI. Ecuador.

Tuset, S. (Abril de 2020). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EFLUENTES Y AIRE AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE. *TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES*. Obtenido de https://blog.condorchem.com/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/#:~:text=El%20tratamiento%20biol%C3%B3gico%20de%20aguas,componentes%20solubles%20en%20el%20agua.

UNESCO. (2017). Agua. *El Agua Dulce*. Obtenido de http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/Water

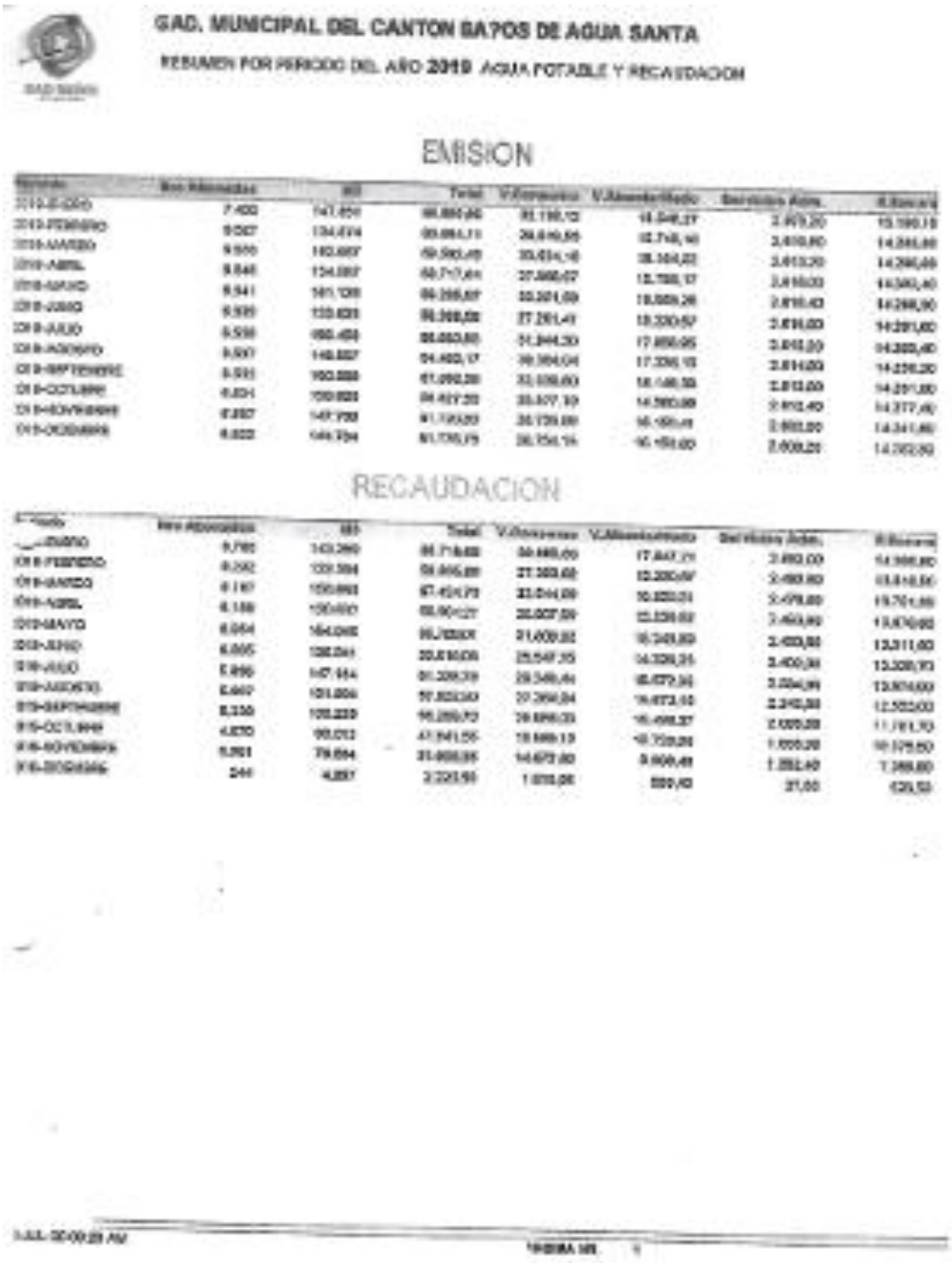
Veiga, B. M. (Septiembre de 2015). Ficha técnica informativa para el tratamiento de efluentes en plantas de la industria textil. *Reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB)*.

Veintimilla, A. M. (2015). CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GENERADAS EN LA PARROQUIA TACHINA DEL CANTÓN ESMERALDAS. Esmeraldas, Ecuador. Obtenido de https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/433/1/VEINTIMILLA%20ACOSTA%20MARIA%20VANESSA.pdf

Véliz, F. R., Medina, A., Malpartida, E., Palomino, G., Ybar, G., & Huincho, R. R. (2018). Desinfección del efluente secundario de la planta de agua residual de Ayacucho con radiación ultravioleta para su reutilización en riego agrícola. *Revista de la Sociedad Química del Perú, 84*(1), 41-56. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000100005&lng=es&tlng=es

ANEXOS

Anexo 1.- Resumen de dotación de agua potable y dotación del canton Baños de Agua Santa



GAD. MUNICIPAL DEL CANTON BAÑOS DE AGUA SANTA

RESUMEN POR PERIODO DEL AÑO 2019 AGUA POTABLE Y RECAUDACION

EMISION

RECAUDACION

Anexo 2.- Longitud de la tubería del alcantarillado combinado de la cabecera parroquial de Ulba

TRAMOS	DISTANCIA (m)
1	665
2	385
3	645
4	501
5	1262
6	525
7	299
8	281
9	69
10	72
11	594
TOTAL	**5298**

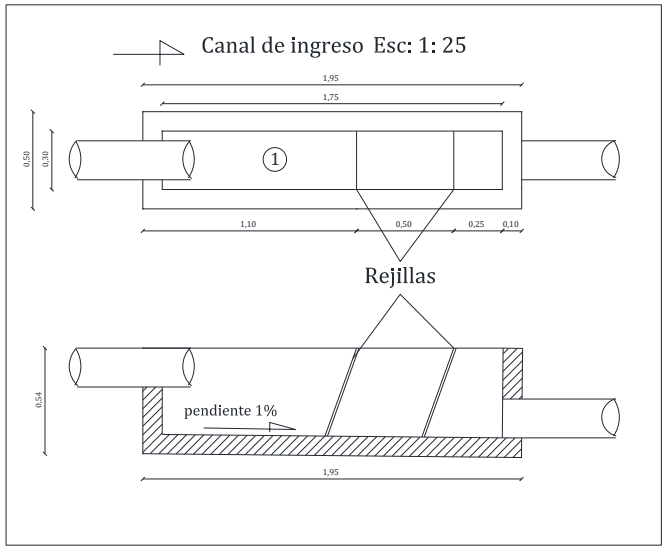
TRAMOS	DISTANCIA (m)
12	155
13	158
14	173
15	197
16	92
17	129
18	71
19	77
20	77
21	209
22	66
TOTAL	**1404**

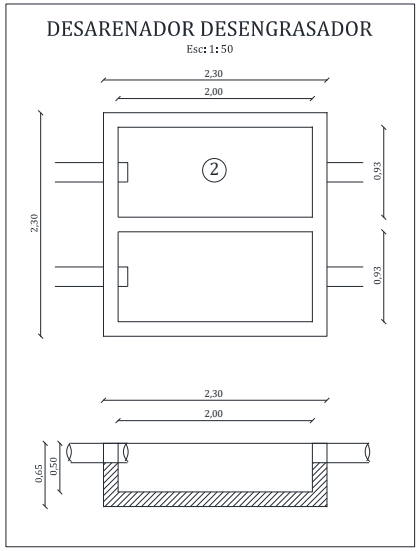
TRAMOS	DISTANCIA (m)
23	116
24	76
25	969
26	141
27	267
28	302
29	160
30	97
31	75
32	40
33	40
TOTAL	**2283**

TRAMOS	DISTANCIA (m)
34	130
35	55
36	57
37	25
38	152
39	32,65
40	55
41	69
42	39
43	237
44	71
TOTAL	**922,65**

TRAMOS	DISTANCIA (m)
45	129
46	494
47	160
48	169
49	269
TOTAL	**1221**
LONGITUD TOTAL	**11128,65**

Anexo 3.- Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas







UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

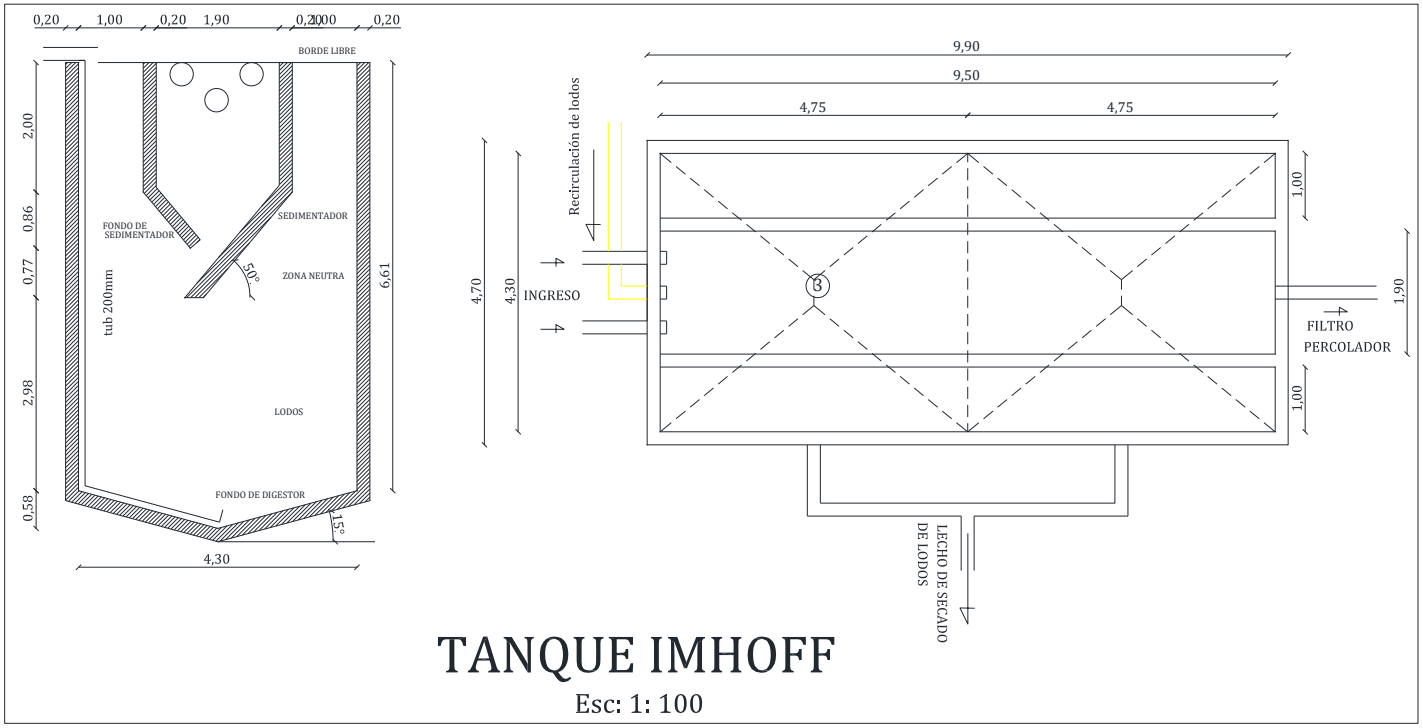
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

INGENIERÍA AMBIENTAL

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTON BAÑOS DE AGUA SANTA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

AUTOR: CHRISTINA MARIANELA PALLO TAPIA

TUTOR: ING. PEDRO PEÑAFIEL

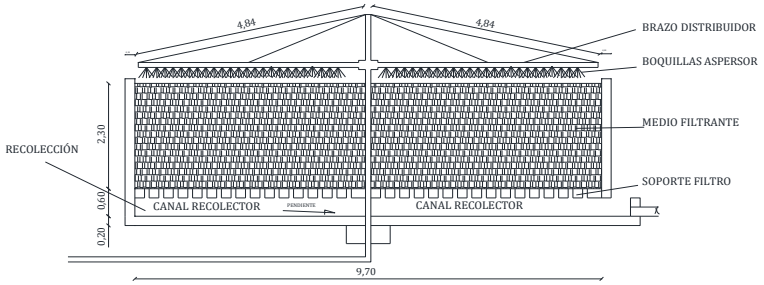


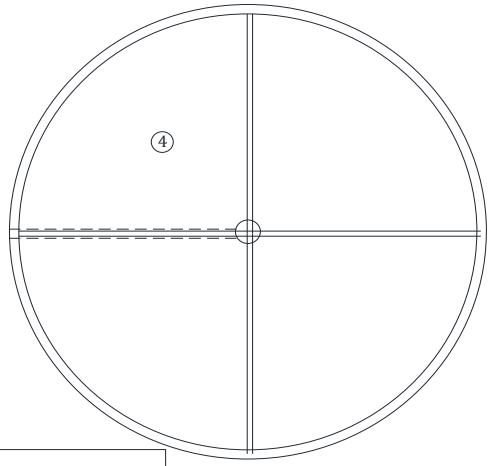
TANQUE IMHOFF

Esc: 1: 100

FILTRO BIOLOGICO PERCOLADOR

Esc: 1: 100

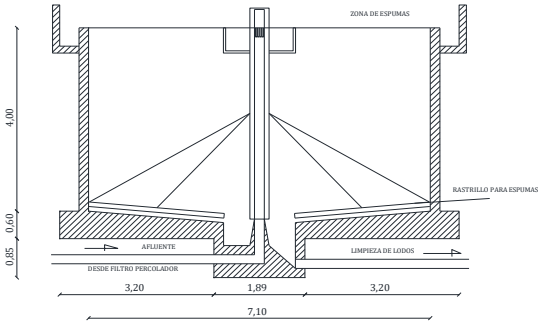


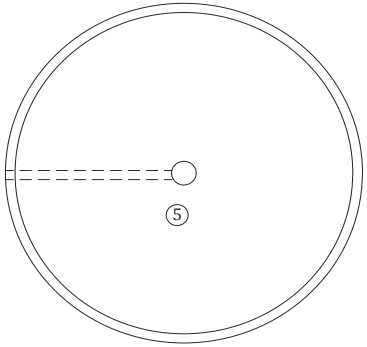


DIAMETRO : 9.70m

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Esc: 1: 100

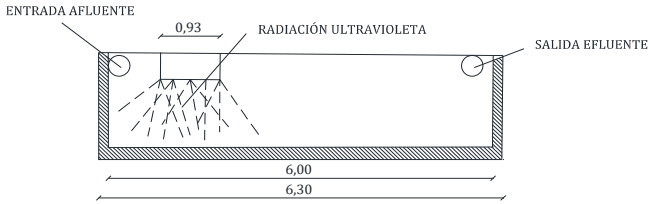


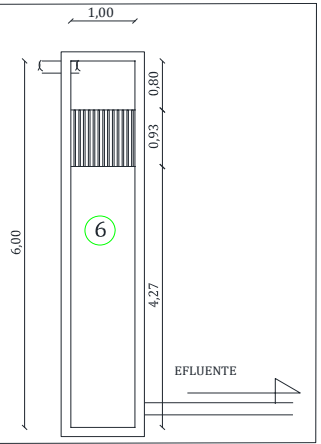


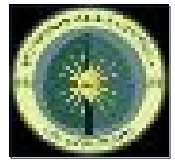
DIAMETRO : 7.10 m.

TANQUE DE DESINFECCION POR RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Esc: 1: 75







UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

INGENIERÍA AMBIENTAL

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTON BAÑOS DE AGUA SANTA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

AUTOR: CHRISTINA MARIANELA PALLO TAPIA

TUTOR: ING. PEDRO PEÑAFIEL

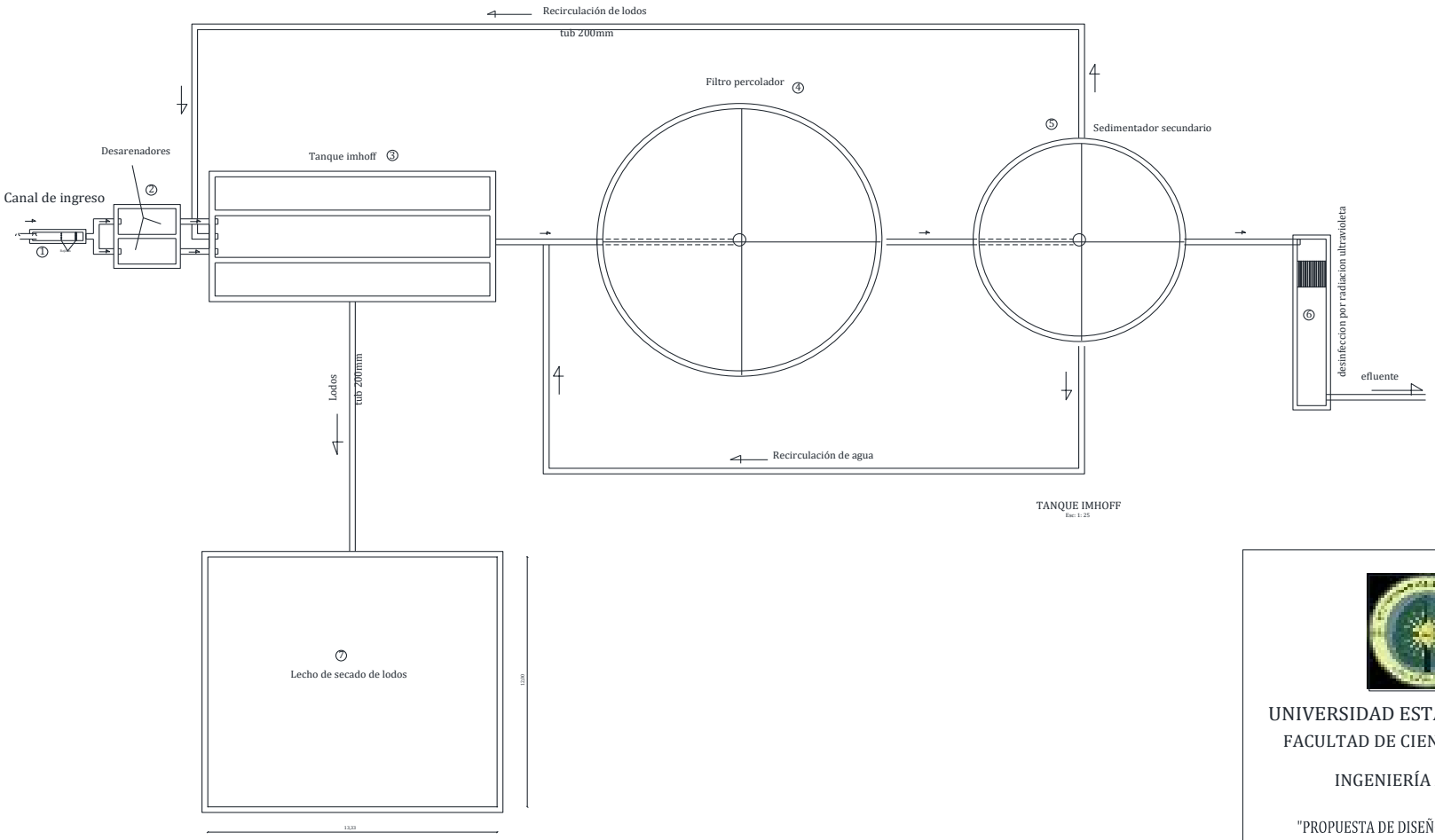
LECHO DE SECADO DE LODOS

Esc: 1: 100



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Esc: 1: 100



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

INGENIERÍA AMBIENTAL

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE ULBA, CANTON BAÑOS DE AGUA SANTA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

AUTOR: CHRISTINA MARIANELA PALLO TAPIA

TUTOR: ING. PEDRO PEÑAFIEL