



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA LA PARROQUIA LA UNIÓN,
CANTÓN QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: HERNÁN ALEXANDER BÓSQUEZ SÁNCHEZ

TUTOR: ING. MARCO RAUL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2017

©2017, Hernán Alexander Bósquez Sánchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente proyecto técnico de **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA LA PARROQUIA LA UNIÓN, CANTÓN QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”** de responsabilidad del señor Hernán Alexander Bósquez Sánchez ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada así su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Marco Chuiza

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Diego Burbano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Hernán Alexander Bósquez Sánchez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 23 de Diciembre del 2017

Hernán Alexander Bósquez Sánchez
Cedula de Identidad: 080403806-5

“Yo, Hernán Alexander Bósquez Sánchez, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

HERNÁN ALEXANDER BÓSQUEZ SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Dedicado muy especial a mis padres, Hernán y Emperatriz por su apoyo, siendo mi fortaleza y mi ejemplo a seguir para emprender este gran viaje y culminarlo exitosamente, a mis hermanas Shanela, Samanta, Daniela por estar presentes en todas las etapas de mi vida, a mi esposa Michelle quien es mi soporte, mi apoyo y mi compañera para seguir adelante. A todos ustedes mi gratitud infinita por ser parte de este logro. **LOS AMO**

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo a Dios por haberme dado la fuerza y el don de la sabiduría pudiendo llegar a estas instancias de mi vida, logrando un momento importante en mi formación académica.

A mis padres, Hernán y Emperatriz, que mostrándome su cariño, amor incondicional y siendo mi ejemplo a seguir, que con sus sacrificios y luchas han logrado formar quien soy en esta vida.

Mis hermanas que con sus consejos y alientos me ayudaron a seguir adelante, dándome apoyos para culminar con mi carrera universitaria.

A mi Esposa Michelle quien va ser la madre de mi bebe, quien es mi soporte, mi apoyo, mi compañera y motivación en la culminación de este proyecto empezado

A Ingenieros, familiares y amigos, quienes formaron parte de este sueño ya culminado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuyas aulas fueron testigos de mis sueños, quien a más de ser mí centro educativo se convirtió en mi hogar

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.2 Justificación del proyecto	1
1.3 Línea base del proyecto	2
1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación.....	2
1.3.2 Estado actual del sistema de tratamiento de agua residual	2
1.3.3 Tipo de estudio.....	3
1.3.4 Métodos y Técnicas.....	3
1.3.4.1 Métodos.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.4.2 Técnicas	3
1.3.5 Método de Muestreo	3
1.3.5.1 Caracterización física, química y microbiológica del agua residual.....	4
1.3.5.2 Parámetros analizados.....	4
1.3.6 Pruebas de tratabilidad.....	6
1.3.6.1 Análisis de la tratabilidad del agua residual tratada	9
1.3.7 Determinación del caudal.....	10
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	10
1.4.1 Directos.....	10
1.4.2 Indirectos	10
CAPÍTULO II	
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
2.1 Objetivo General.....	11
2.2 Objetivos Específicos	11
CAPÍTULO III	
3. ESTUDIO TÉCNICO.....	12
3.1 Localización del proyecto	12
3.1.1 Localización Geográfica.....	12
3.1.2 Superficie de Servicio	13
3.1.3 Clima de la Zona	13
3.1.4 Topografía general de la Zona.....	13
3.1.5 Hidrología.....	14

3.2	Ingeniería del Proyecto.....	15
3.3	Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales.....	16
3.3.1	<i>Cálculo de la población futura.....</i>	<i>16</i>
3.3.2	<i>Cálculo del caudal.....</i>	<i>17</i>
3.3.3	<i>Cálculos del canal de captación.....</i>	<i>20</i>
3.3.4	<i>Sistema de rejillas.....</i>	<i>23</i>
3.3.5	<i>Desarenador convencional.....</i>	<i>27</i>
3.3.5.1	<i>Componentes.....</i>	<i>27</i>
3.3.5.2	<i>Dimensionamiento de un desarenador.....</i>	<i>28</i>
3.5.6	<i>Tanque mezclador.....</i>	<i>38</i>
3.5.6.1	<i>Dimensionamiento del tanque mezclador.....</i>	<i>39</i>
3.3.6.2	<i>Cálculo de la dosificación de productos químicos.....</i>	<i>45</i>
3.3.7	<i>Sedimentador.....</i>	<i>46</i>
3.3.7.1	<i>Dimensionamiento de un sedimentador.....</i>	<i>48</i>
3.3.8	<i>Filtración con medios granulares.....</i>	<i>54</i>
3.3.8.1	<i>Dimensionamiento del sistema de filtración.....</i>	<i>56</i>
3.3.9	<i>Disposición de sólidos generados.....</i>	<i>64</i>
3.3.9.1	<i>Dimensionamiento del lecho de secado.....</i>	<i>64</i>
3.4	Resultados.....	69
3.4.1	<i>Caracterización físico química y microbiológica, e identificación de los parámetros fuera de los límites de descargas en la norma TULSMA.....</i>	<i>69</i>
3.4.2	<i>Variables de proceso para el diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas para la parroquia La Unión cantón Quinindé.....</i>	<i>70</i>
3.4.3	<i>Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.....</i>	<i>70</i>
3.4.4	<i>Resultado de las aguas tratadas.....</i>	<i>76</i>
3.5	Proceso de producción.....	77
3.6	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.....	78
3.6.1	<i>Requerimientos de tecnología para la caracterización de las aguas residuales domésticas.....</i>	<i>78</i>
3.6.2	<i>Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales.....</i>	<i>78</i>
3.6.3	<i>Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico y microbiológico del agua residual.....</i>	<i>79</i>
3.7	Análisis de Costo/beneficio del proyecto.....	79
3.7.1	<i>Costo operacional con respecto a las pruebas de tratabilidad.....</i>	<i>79</i>
3.7.2	<i>Porcentaje de remoción.....</i>	<i>80</i>
3.7.3	<i>Costo de implementación de planta.....</i>	<i>82</i>

3.7.4	<i>Análisis</i>	86
	CONCLUSIONES	88
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<i>Q</i>	Caudal punta
<i>Q_{servido}</i>	Caudal servido
<i>n</i>	Coefficiente de rugosidad de Manning
<i>C_{PAC}</i>	Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras
<i>C</i>	Carga en función de la contribución per cápita
<i>DBO₅</i>	Demanda bioquímica de oxígeno
<i>DQO</i>	Demanda química de oxígeno
<i>D_{PAC}</i>	Dosificación de policloruro de aluminio (PAC)
<i>D_{PAC Jarras}</i>	Dosis óptima de PAC en la prueba de jarras
<i>Dc</i>	Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal
<i>f_{cr}</i>	Factor capacidad relativa
<i>FMG</i>	Filtro con medios granulares
<i>G</i>	Gradiente de velocidad
<i>Pa</i>	Población actual
<i>Pf</i>	Población futura
<i>RH</i>	Radio hidráulico
<i>S.T.A.R</i>	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
<i>SS</i>	Sólidos en suspensión
<i>TULSMA</i>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
<i>Trh</i>	Tiempo de retención
<i>Vd</i>	Volumen del digestor
<i>V_{TM}</i>	Volumen del tanque mezclador en litros
<i>V_{PJarras}</i>	Volumen vaso de precipitación prueba de jarras

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3	Localización geográfica de la parroquia La Unión del cantón Quinindé.....	13
Figura 2-3	Vista general de la parroquia La Unión del cantón Quinindé.....	14
Figura 3-3	Cuenca hidrográfica parroquia La Unión del cantón Quinindé.....	15
Figura 4-3	Forma de rejillas.....	25
Figura 5-3	Desarenador convencional.....	27
Figura 6-3	Esquema de una tanque mezclador.....	38
Figura 7-3	Sedimentador con pantalla.....	47
Figura 8-3	Diagrama del sistema con medios granulares.....	55
Figura 9-3	Dimensiones de un sistema de filtración.....	56
Figura 10-3	Esquema de lecho de secado.....	64
Figura 11-3	Sistema de tratamiento.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Toma y recolección de muestras	4
Tabla 2-1	Caracterización inicial del agua residual de la Parroquia La Union – Semana ESPOCH	5
Tabla 3-1	Caracterización inicial del agua residual de la Parroquia La Unión – Día: 09-febrero-17 - UNACH.....	5
Tabla 4-1	Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad del agua residual de la Parroquia La Unión – Día: 09-febrero-17 – laboratorio de aguas - ESPOCH.....	6
Tabla 5-1	Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad del agua residual de la Parroquia La Unión – Día: 09-febrero-17 – laboratorio de servicios ambientales - UNACH	7
Tabla 6-1	Tratabilidad con test de jarras.....	8
Tabla 7-1	Resultado de las pruebas de Tratabilidad -Laboratorio de aguas- ESPOCH.....	9
Tabla 8-1	Resultado de las pruebas de Tratabilidad – laboratorio de servicios ambientales UNACH	9
Tabla 1-3	Características Geográficas de la Parroquia La Unión del Cantón Quinindé	12
Tabla 2-3	Descripción De Variables Climáticas De La Parroquia La Unión	13
Tabla 3-3	Condiciones para la dotación de agua	18
Tabla 4-3	Tasa de infiltración.....	19
Tabla 5-3	Condiciones para la dotación de agua	20
Tabla 6-3	Dimensionamiento recomendadas para Diseño de un Canal	20
Tabla 7-3	Coefficiente de rugosidad	22
Tabla 8-3	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica.....	23
Tabla 9-3	Coefficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejas	25
Tabla 10-3	Propiedades del agua a 20 °C	29
Tabla 11-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina	39
Tabla 12-3	Número de potencia para diferente tipo de impulsores.....	43
Tabla 13-3	Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas	44
Tabla 14-3	Parámetros diseño de filtro.....	58
Tabla 15-3	Disposición de medios filtrantes	60
Tabla 16-3	Parámetro de diseño de laterales	61
Tabla 17-3	Velocidades de diseño para tuberías del filtro	63
Tabla 18-3	Tiempo requerido para digestión del Lodo.....	66
Tabla 19-3	Caracterización inicial del agua residual de la Parroquia La Union.....	69

Tabla 20-3	Variable de proceso.....	70
Tabla 21-3	Dimensionamiento del Canal de Captación.....	70
Tabla 22-3	Dimensionamiento del sistema de rejillas	71
Tabla 23-3	Dimensionamiento de un desarenador convencional.....	72
Tabla 24-3	Dimensionamiento del mezclador rápido mecánico de turbina	73
Tabla 25-3	Dimensionamiento de un sedimentador.....	74
Tabla 26-3	Dimensionamiento del sistema de filtración.....	75
Tabla 27-3	Dimensionamiento del lecho de secado.....	76
Tabla 28-3	Resultados de la prueba de Tratabilidad.....	76
Tabla 29-3	Equipos de muestreo y recolección de información	78
Tabla 30-3	Materiales y equipos para medición del caudal	78
Tabla 31-3	Materiales, equipos y reactivos para pruebas de coagulación, floculación y sedimentación.....	79
Tabla 32-3	Determinacion del costo de dosoficacion	79
Tabla 33-3	Costo de medio granulares	80
Tabla 34-3	Determinacion del % de remoción	82
Tabla 35-3	Presopuesto de la implementación de la planta de tratamiento.....	82

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Lugar de investigación y toma de muestra
- Anexo B.** Método de test de Jarra
- Anexo C.** Proceso de Filtración con zeolita
- Anexo D.** Caracterización inicial del agua residual
- Anexo E.** Características finales del agua trata
- Anexo F.** Planos del Sistema de Tratamiento
- Anexo G.** Norma de Legislación Ambiental

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de agua residual de la parroquia La Unión, del cantón Quinindé, para obtener agua que cumpla la normativa ambiental de los límites de descarga del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) libro VI Anexo 1. Tabla 10, para diseñar un tratamiento óptimo para la purificación del agua residual. Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual doméstica, en la que se determinó que los parámetros están fuera del límite de la norma. A continuación se realizó pruebas de tratabilidad usando Policloruro de aluminio y un filtro que constaba de zeolita, arena y grava para la disminución de tensoactivos. Posterior se diseñó el sistema de tratamiento el mismo que consta de un canal de captación, sistema de rejillas, tanque mezclador, sedimentador convencional, filtro con medios granulares zeolita, arena y grava y un lecho de secado. Los porcentajes de remoción obtenidos mediante la caracterización del agua residual tratada validan el diseño seleccionado en el que se obtuvo una remoción de: Turbiedad 99,84 %, Conductividad 84,80 %., Demanda bioquímica de oxígeno 87,23 %, Demanda química de oxígeno 90,77 %, Coliformes totales y fecales 99,98%. Se concluye que los costos de implementación y ejecución del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales su valor estimado para la realización de la planta, como los costos para los productos químicos necesarios por día en el sistema de tratamiento de agua residual, está dentro de los presupuestos establecidos por el municipio, se recomienda realizar análisis de caracterización del agua residual luego de la implementación de la planta para hacer un seguimiento de que los parámetros que estén dentro de lo establecido por la normas TULSMA.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA>, <MÉTODO TEST DE JARRA >, <REJILLAS>, <TANQUE MEZCLADOR>, <FILTRIO CON MEDIO GRANULARES>, <LA UNIÓN (PARROQUIA)>, <QUININDÉ (CANTÓN)>

SUMMARY

A water treatment system of la Union town in Quininde canton was designed to obtain water to satisfy environmental regulations of Ministry of Environment Secondary Legislation Unified Text of the discharge limits (TULSMAN) book VI Annex 1, Table 10, to design an optimal treatment for the purification of waste water. The physical-chemical and microbiological characterization of the domestic wastewater was carried out, where, the parameters are outside the norm limit. After, that treatability tests were carried out by using aluminum polychloride and filter that had zeolite, sand and gravel for the reduction of surfactants. Subsequently, the treatment system was designed, consisting of a collection channel, grid system, mixing tank, conventional settler, filter with zeolite granular media, sand and gravel and a drying bed. The removal percentages obtained through the characterization of treated wastewater validate the selected design in which a removal of turbidity 99.84%, conductivity 84.80%, and oxygen biochemical demand 87.23%, chemical oxygen demand 90.77%, total and fecal coliforms 99.98% were obtained. It is concluded that costs of implementation and execution of the wastewater treatment plant project are estimated for the plant accomplishment, as well as the costs for the necessary chemical products per day in the wastewater treatment system, are within of the budgets established by the municipality. It is recommended to carry out characterization analysis of residual water after the plant implementation in order to manage the parameters within the TULSMA standards provisions.

Keywords: <CHEMISTRY ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <SYSTEM OF DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT >, <JARRA TEST METHOD>, <GRIDS>, < MIXING TANK>, <FILTER WITH GRANULAR AIDS>, <LA UNION (TOWN)>, <QUININDE (CANTON)>

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

Actualmente la parroquia La Unión del cantón Quinindé no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual, por lo que la mayoría de viviendas desecha sus aguas residuales al sistema de alcantarillado que son transportadas al río Colorado sin previo tratamiento, lo que ocasiona peligros a la salud pública, contaminación al suelo y daño en el hábitat para la vida acuática por la acumulación de sólidos.

La problemática que presenta la parroquia La Unión del cantón Quinindé, es que, no posee un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, lo cual, afecta a todos los habitantes y está alterando la calidad de vida que tiene cada uno de ellos ocasionando problemas a la salud. De igual manera las aguas residuales domésticas principalmente son descargadas al río Colorado, río que pasa por zonas agrícolas productivas del sector sin previo tratamiento según la ordenanza del cantón Quinindé para la prevención y control de la contaminación ambiental ocasionada por las actividades artesanales, domésticos y de servicio.

El agua es un elemento vital para consumo humano. El agua contaminada procedente de actividades domésticas, urbanas e industriales es la principal fuente de enfermedades y muertes ya que contienen sustancias nocivas y tóxicas, estos efluentes requieren un tratamiento adecuado para ser devuelta a los pobladores como agua limpia y apta para ser utilizada como agua de riego. (GAD parroquial La Unión, 2015-2019)

1.2 Justificación del proyecto

Dentro de las competencias de la Junta de agua potable y alcantarillado de Quinindé se encuentra dotar de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado a todas sus comunidades en el cantón como las de sus parroquias. El presente proyecto consiste en estudiar, analizar y sobre todo proponer opciones y alternativas que sean factibles para dar solución al problema de la descarga de aguas residuales domésticas generadas en la parroquia La Unión del cantón Quinindé provincia de Esmeraldas, mediante el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

El Ministerio de Ambiente exige el cuidado y tratamiento estricto de aguas utilizadas en empresas, y en hogares por lo que se debe contar con plantas de tratamiento de aguas residuales que ayuden a reducir la contaminación al ecosistema de la microcuenca del río Colorado.

“El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas para la parroquia La Unión, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas”, es una necesidad latente para cumplir con las expectativas que requiere la parroquia, y cumplir con las exigencias que hacen los organismos de regulación, ajustando los parámetros a las normas exigidas por el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente), Libro VI, Anexo I. Recurso Agua. La Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé, parroquia La Unión como política inmediata se ha interesado en el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual doméstica para en un futuro implementar la tratabilidad de estas aguas, con el objeto de disminuir la contaminación del río Colorado y de esa forma beneficiar a su población. (GAD parroquial La Unión, 2015-2019)

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación

Para la elaboración del presente proyectos técnicos se procedió por la realización de un recorrido previo al muestreo y monitoreo del caudal, después de un diálogo con el Alcalde y encargados del sistema de alcantarillados de la parroquia La Unión, del cantón Quinindé, donde se determinó que había problemas en el tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas generadas en la parroquia La Unión que se descargan directamente al río Colorado.

1.3.2 Estado actual del sistema de tratamiento de agua residual

En la parroquia La Unión, del cantón Quinindé, la evacuación de aguas residuales provenientes de las actividades domésticas se desecha a través de los sistemas de alcantarillado del Sector de los Alpes hacia el río Colorado sin previo tratamiento, debido a que este sector que recolectan las aguas domésticas de la parroquia La Unión no posee un sistema de tratamiento de agua residual domésticas.

1.3.3 Tipo de estudio

El proyecto se lo realiza con un estudio basado en los métodos inductivo, deductivo y experimental, para la recolección de datos, asignando el control de sus factores de estudio tanto experimentales y observacionales.

1.3.4 Métodos y Técnicas

1.3.4.1 Métodos

Para el presente proyecto técnico en su investigación se tomaran como referencia tres métodos: inductivo, deductivo y experimental, el método inductivo nos ayuda con el estudio de lo particular a lo general con la finalidad de determinar los contaminantes que tiene las aguas residuales producidas en la parroquia La Unión del cantón Quinindé, el deductivo nos va ayudar en el analice de lo general a lo particular para dar una solución al problema que genera el agua residual desechadas por la parroquia La Unión, elaborando un sistema de tratamientos que cumplan con los parámetros establecidos en el TULSMA, el método experimental nos ayudaría para la toma de muestras y análisis físicos-químicos de aguas residuales a través de equipos y materiales fiables, y así proceder a diseñar un tratamiento óptimo para la purificación del agua residual de la parroquia La Unión.

1.3.4.2 Técnicas

La caracterización físico-químico y microbiológica, se basan en las normas y técnicas que se encuentran establecidas en el manual de procedimientos del Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICION del Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. (Standard Methods, 2017)

1.3.5 Método de Muestreo

Se va realizar un método de muestreo compuesto, el tamaño de la muestra es una parte representativa esencial, por lo cual se va obtener una muestra compuesta y homogénea, basándonos en la técnica de muestreo compuesto que nos indica que se realiza la recolección de

la muestra en diferentes periodos de tiempos, para esto se optó por la recolección de 3 muestras simples por día en las horas mayor descarga de agua, los días lunes, martes y viernes para luego obtener una muestra homogénea compuesta, basándonos que son los días de mayor consumo de agua en la parroquia La Unión, datos otorgados por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé. Lo que permitió obtener un cronograma de muestreo que se puede apreciar a continuación (Tina Reutelshofer, 2015)

Tabla 1-1 Toma y recolección de muestras

DÍAS	MUESTRA	HORA	LUGAR	Homogenizado (Muestras)
Lunes	1	06:00	Descarga al río	1
	2	12:00	Colorado	
	3	18:00		
Miércoles	1	06:00	Descarga al río	1
	2	12:00	Colorado	
	3	18:00		
Viernes	1	06:00	Descarga al río	1
	2	12:00	Colorado	
	3	18:00		
Total de muestras	9			3

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

1.3.5.1 Caracterización física, química y microbiológica del agua residual

Las muestras de agua residual compuesta de la parroquia La Unión, fue sometida aún análisis en el laboratorio de aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo para obtener los parámetros fuera de norma.

1.3.5.2 Parámetros analizados

Para la medición de los parámetros físicos - químicos y microbiológicos, se tomó en consideración los siguientes métodos.

Tabla 2-1 Caracterización inicial del agua residual de la Parroquia La Unión – ESPOCH

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA A CUERPO RECEPTOR					
PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	LAB. AGUAS ESPOCH		
		Lim. Max. Perm. Tabla 10	05-02-17	07-02-17	09-02-17
pH	[H ⁺]	6,9	8,01	7,02	7,60
Conductividad	uS/cm	----	1050	870	1060
Turbiedad	NTU	----	142	243	287
*Solidos Suspendidos	mg/l	130	550	449	570
*DQO	mg/l	200	528	620	728
*DBO5	mg O ₂ /l	100	508	484	516
Fosfatos	mg/l	10,0	5	4,80	5,75
Sulfatos	mg/l	1000	68	65	70
Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l	50,0	4	4,5	4,48
*Coliformes Fecales	NMP/100 ml	10000	18000	19300	28300

Fuente: Laboratorio de Aguas – ESPOCH, (*) Parámetros fuera de norma

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Tabla 3-1 Caracterización inicial del agua residual de la Parroquia La Unión – Día: 09-febrero-17 - UNACH

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA A CUERPO RECEPTOR			
PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	LAB. SERVICIOS AMBIENTALES UNACH
		Lim. Max. Perm.	09-Febrero-17
pH	[H ⁺]	6,9	6,93
Conductividad	uS/cm	-----	1035
*Aceites y grasas	mg/l	30,0	82
*Tensoactivos	mg/l	0,5	29,2
Color	Upt – co	Inapreciable en dilución: 1/20	1305
Turbiedad	FTU – NTU	-----	117
*Solidos Suspendidos	mg/l	130	197
*DQO	mg/l	200	650
*DBO5	mg O ₂ /l	100	282
Fosfatos	mg/l	10,0	5,75
Sulfatos	mg/l	1000	71
Nitrógeno Total	mg/l	50,0	4,48
Temperatura	°C	Condición natural ±3	19,9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	10000	4000

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales – UNACH, (*) Parámetros fuera de norma

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

1.3.6 Pruebas de tratabilidad

– Índice de Biodegradabilidad

La relación que existe entre el DBO₅ y DQO permite establecer una idea de la naturaleza de los contaminantes orgánicos existentes en aguas contaminadas y la posibilidad o no de efectuar un tratamiento biológico de las aguas residuales.

El índice de biodegradabilidad para la selección del tratamiento:

Si tenemos un factor DBO₅/DQO superior a 0,6 implica un agua muy biodegradable y requiere de un tratamiento biológico.

Una relación de 1, cuando la DQO es igual que la DBO implica un agua totalmente biodegradable.

También puede darse el caso de aguas residuales muy poco biodegradables con relaciones de DBO/DQO menores de 0,2 y requiere de un tratamiento físico-químico

La caracterización del agua residual descrita en la Tabla 2-1 y Tabla 3-1 nos indica que los parámetros iniciales analizadas tanto el DBO₅ y el DQO se encuentra fuera de normas (TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 10), lo que nos permite evaluar el índice de biodegradabilidad:

Tabla 4-1 Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad del agua residual de la Parroquia La Unión – Día: 09-febrero-17 – LABORATORIO DE AGUAS - ESPOCH

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	Norma TULSMA/TABLA 10
DQO	mg/l	728	200
DBO ₅	mg O ₂ /l	516	100

Fuente: Laboratorio de Aguas – ESPOCH

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Tabla 5-1 Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad del agua residual de la Parroquia La Unión – Día: 09-febrero-17 – Laboratorio De Servicios Ambientales - UNACH

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	Norma TULSMA/TABLA 10
DQO	mg/l	650	200
DBO ₅	mg O ₂ /l	282	100

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales – UNACH

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

- Considerando el índice de biodegradabilidad DBO₅/DQO en análisis realizados en el Laboratorio de Aguas - ESPOCH:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{mg/l}{mg/l}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{516}{728}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,71$$

- Considerando el índice de biodegradabilidad DBO₅/DQO en análisis realizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales – UNACH:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{mg/l}{mg/l}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{282}{650}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,43$$

Entonces, la relación DBO₅/DQO de los análisis realizados en el Laboratorio es 0,43 esto implica que es un tratamiento físico-químico. (Cisterna, 2016)

- Test de jarras

Para la realización del test de jarras se utilizó el polícloruro de Aluminio PAC.

Parámetros de control inicial

- pH: 7,60
- Conductividad: 1060 uS/cm
- STD: 570 mg/L
- Turbiedad: 287 NTU
- Temperatura: 20 C

Para tener la dosis óptima se realizó la preparación de la disolución de poli cloruro de aluminio a una concentración de 5%.

El test de jarras se realizó manualmente, se agregó la disolución (poli cloruro de aluminio al 5%) en cantidades de 2, 4, 6, 8 y 10 ml con una velocidad de movimiento constante de unos 100 rpm por 3 a 5 minutos, en donde se le dejó reposar por media hora para su precipitación y finalmente se tomó las muestras para realizar los análisis respectivos de cada uno. (Talero, 2013)

Tabla 6-1 Tratabilidad con test de jarras

TEST DE JARRAS – AGUA TRATADA			
Conc. PAC g/ml	Dosis PAC ml al 5%	Turbiedad inicial (NTU)	Turbiedad Final (NTU)
0,05	2,00	287	0,92
0,05	4,00	287	0,47
0,05	6,00	287	0,36
0,05	8,00	287	0,38
0,05	10,00	287	0,76

Fuente: Dirección Técnica - Laboratorio de aguas - ESPOCH
Realizado por: Hernán Bósquez 2017

1.3.6. 1 Análisis de la tratabilidad del agua residual tratada

Tabla 7-1 Resultado de las pruebas de Tratabilidad Laboratorio De Aguas - ESPOCH

Muestras compuesta de agua residual vs. Agua tratada con				
PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA SIN TRATAR	MUESTRA TRATADA PAC	MUESTRA TRATADA PAC + FILTRACIÓN(ARENA, GRAVA Y ZEOLITA)
pH	[H ⁺]	7,60	7,85	7,65
Conductividad	uS/cm	1060	580	160
Turbiedad	NTU	287	5,1	0,47
Solidos suspendidos	mg/l	197	160	5
DQO	mg/l	650	78	60
DBO ₅	Mg O ₂ /l	282	36	30
Fosfatos	mg/l	5,75	5,75	5,75
Sulfatos	mg/l	71	35	35
Nitrogeno total Kjedahl	mg/l	4,48	2,80	2,65
Coliformes fecales	NMP/100 ml	4000	.....	.....

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de aguas - ESPOCH

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Tabla 8-1 Resultado de las pruebas de Tratabilidad Laboratorio de servicios ambientales UNACH

Muestras compuesta de agua residual vs. Agua tratada			
PARÁMETROS	UNIDAD	MUESTRA SIN TRATAR	MUESTRA TRATADA PAC FILTRACIÓN(ARENA Y ZEOLITA)
pH	[H ⁺]	7,60	7,65
Conductividad	uS/cm	1060	160
Tensoactivos	mg/l	29,2	0,47
Turbiedad	FTU – NTU	5,2	0,47
Solidos Suspendidos	mg/l	197	5
DQO	mg/l	650	60
DBO ₅	Mg O ₂ /l	282	30
Fosfatos	mg/l	5,75	5,75
Sulfatos	mg/l	71	35
Nitrogeno Total	mg/l	4,48	2,65
Temperaura	°C	19,9	19,9
Coliformes fecales	UFC/100 ml	4000	-----

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales – UNACH

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

1.3.7 Determinación del caudal

Los caudales se los determinará con la población futura debido que una pequeña cantidad de la población de la Parroquia la Unión no se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado, ya que la junta de agua potable y alcantarillo del cantón Quinindé estima conectar a toda la población al sistema de alcantarillado.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

Los habitantes y agricultores de la parroquia La Unión del cantón Quinindé, ocasionando peligros a la salud.

1.4.2 Indirectos

Zonas agrícolas que se encuentran alrededor del río Colorado, contaminados suelos y productos agrícolas.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas para la parroquia La Unión, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar físico – químico y microbiológica las aguas residuales de la parroquia La Unión, cantón Quinindé, provincia Esmeraldas.
- Identificar los parámetros que están fuera de los límites de descarga contemplados en la norma de calidad ambiental Recurso Agua del TULSMA Libro VI Anexo 1. Tabla 10.
- Determinar las variables de procesos para el diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas de la parroquia La Unión, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas.
- Realizar el diseño de ingeniería para el sistema de tratamiento en base a los ensayos de tratabilidad de aguas residuales.
- Validar el diseño de ingeniería en función de la caracterización del agua tratada, en base a los límites de descarga del TULSMA Libro VI Anexo 1. Tabla 10.
- Determina la factibilidad técnica y económica del diseño propuesto.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización Geográfica

El presente trabajo de tipo proyectos técnicos se realizó en la parroquia La Unión se encuentra ubicada en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, en el Nor-Oeste del Ecuador, y su ubicación geográfica exacta es: (GAD parroquial La Unión, 2015-2019)

Coordenadas geográficas UTM – Zona 17s

Longitud X = 677794

Longitud Y = 10015003

Z = 150 m.s.n.m.

Tabla 1-3 Tabla Características Geográficas de la Parroquia La Unión del Cantón Quinindé

Límites	<ul style="list-style-type: none">• Al norte con la parroquia Rosa Zárate.• Al este con el cantón Puerto Quito.• Al sur con el cantón la Concordia.• Oeste con el cantón de Pedernales y la parroquia Chibunga
Clima	<ul style="list-style-type: none">• Tropical megatérmico semi-humedo y tropical megatermico húmedo su temperatura media es mayor 22°C

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia La Unión

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017.

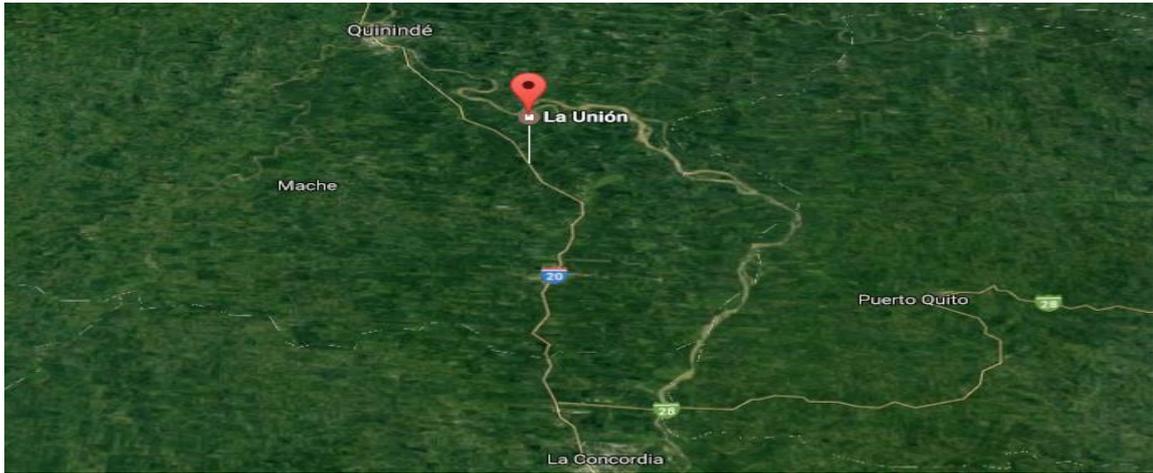


Figura 1-3 Localización Geográfica de la Parroquia La Unión del Cantón Quinindé
Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.1.2. Superficie de Servicio

La parroquia La Unión del cantón Quinindé en la actualidad cuenta con 19924 habitantes distribuidos de esta forma: hombres 51,77% y mujeres 48,23% (datos INEC - Censo 2010) las mismas que van a ser servidas con el presente proyecto. (GAD parroquial La Unión, 2015-2019)

3.1.3. Clima de la Zona

La parroquia La Unión presenta un clima Tropical megatérmico semi-humedo y tropical megatérmico húmedo su templado, su temperatura promedio es de 24 - 26 grados centígrado. (GAD parroquial La Unión, 2015-2019)

Tabla 2-3 Descripción De Variables Climáticas De La Parroquia La Unión

Variable	Descripción
Precipitación	Precipitación variable en forma descendente desde la parte oriental de la parroquia(3300mm) hasta la parte occidental de la misma en rangos menores (2200-2300mm)
Temperatura	24 °C – 26 °C
Piso climáticos	Pie montano y tierras bajas

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia La Unión.
Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.1.4. Topografía general de la Zona

Las tierras de la parroquia la Unión son muy ricas y productivas, eminentemente agrícolas, los principales productos agrícolas son maracuyá, cacao, palma aceitera y algunos árboles frutales la

producción es utilizada para el consumo familiar e industriales el excedente es comercializado, además tienen pastizales para la alimentación del ganado. (GAD parroquial La Unión, 2015-2019)



Figura 2-3. Vista general de la Parroquia La Unión del Cantón Quinindé

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.1.5. Hidrología

Tomando como base la división hidrográfica en cuencas y subcuencas realizadas por MAGAP-CLIRSEN y aprobadas en el 2002 por el Comité Interinstitucional, se delimitará la cuenca, subcuencas y microcuencas sobre cartas topográficas digitales del I.G.M. a escala 1:50.000, teniendo como referencia los modelos del terreno que se encuentren disponibles en lugares de poca definición altimétrica.

Los conceptos generales sobre división hidrográfica a ser tomados en cuenta son: Cuenca hidrográfica es el área limitada por la divisoria de aguas en la cual escurre el agua que se recoge en un solo cauce y que desemboca directamente al mar o sale del territorio nacional; subcuenca es el área que drena directamente al cauce principal de la cuenca hidrográfica; y, microcuenca es el área donde se recoge el agua que alimenta al cauce principal de la subcuenca. Es así que la parroquia cuenta con los drenajes menores del río Puembala, Cucaracha, Tramposo, Virgencita, Cocola, Chamba, Blanco, Colorado.

Dos ejes hídricos abrazan de Norte a Sur el territorio de La Unión: por el Oeste desciende desde las estribaciones de la cordillera Occidental, el río Pita que continúa con el nombre de Clementina, el mismo que irá desembocar en el Catarama, juntándose con el San Pablo forman el Río Babahoyo. Por el Este, encontramos el río Telimbela que continúa con el nombre de Potosí, luego toma el nombre de río Santa Rosa hasta desembocar en el río Las Juntas que es afluente del San Pablo.

tratamiento óptimo para las aguas de la parroquia La Unión, y de esta forma cumpla con los parámetros establecidos en el Texto Unificado Secundario de Legislación de Medio Ambiente (TULSMA).

La pruebas de tratabilidad se realizó para determinar el mejor tratamiento que se le dará a las aguas residuales, con el fin de remover o reducir sus contaminantes y lograr que sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas cumplan las especificaciones contenidas en las normas que regulan la materia.

La toma de muestras, para que los resultados analíticos representen la composición real debe realizarse según la (NORMA INEN 2176 (1998). Calidad de Agua. Muestreo y Técnicas de Muestreo, que contempla los siguientes pasos):

- Seleccionar el punto de monitoreo
- Esterilizar los frascos de toma de muestra
- Tomar la muestra evitando contaminación por otros agentes que no tienen que ver con el agua residual
- Etiquetar con letra legible y con esfero imborrable los frascos
- Si se cuenta con equipos para medición de parámetros in situ, calibrar el pH-metro, conductímetro siguiendo los procedimientos del fabricante.
- Medir el caudal del efluente, preferiblemente por método volumétrico manual, empleando cronómetro
- Colocar las muestras dentro de la nevera
- Realizar los análisis respectivos en el laboratorio

3.3 Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Para los cálculos realizados en el dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual doméstica, la utilización de fórmulas y técnicas establecidos por el Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales (Lesly Da Cámara, 2014) los mismos q se detallan a continuación.

3.3.1 Cálculo de la población futura

El diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas, requiere de un tiempo estimado de vida útil de 15 a 30 años, establecida por la norma INEN 005-9-1 (1992), es por ello,

que los datos otorgados por el GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO de la Parroquia La Unión., en el cual se estableció un periodo de vida útil será de 17 años tal como se observa a continuación.

$$Pf = Pa(1 + r)^t$$

Ecuación 1

Donde:

Pa : Población actual (hab); 19924 hab (determinado en el Censo de Población y Vivienda en la Parroquia La Unión INEC 2010, valores llevados a la actualidad)

r : Índice de crecimiento anual (%); 2,8 % (índice de crecimiento intercensal determinado en el Censo de Población y Vivienda en la Parroquia La Unión INEC 2010).

t : Período de diseño (años); 17 años

$$Pf = Pa(1 + r)^t$$

$$Pf = 19924(1 + 0.028)^{17}$$

$$Pf = 31861 \text{ hab}$$

3.3.2 Cálculo del caudal

- *Cálculo del caudal medio teórico.*

Según la tabla 3-3 de dotaciones notamos que para la parroquia objeto de nuestro estudio tenemos una dotación de agua potable es 75 L/hab*día y se adoptará un coeficiente de retorno del 80% para población, estos dos valores obtenidos de la empresa de agua potable y alcantarillado del cantón de Quinindé.

$$Q_{med} = \frac{P_f * C_r * Dot_{agua}}{86400}$$

Ecuación 2

Dónde:

Q_{med} = Caudal medio teórico (l/s)

P_f = Población actual (*habitantes*)

C_r = Coeficiente de retorno: 80 (%)

Dot_{agua} = Dotación de agua: 75 (l/hab. día), (Tabla 3-3)

Tabla 3-3 Condiciones para la dotación de agua

PARÁMETRO	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Coefficiente de retorno	Cr	0,80	-
Dotación de agua potable	Dot _{agua}	75	l/día-hab

Fuente: Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé.

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

$$Q_{med} = \frac{31861 \text{ hab} * 0,80 * 75 \text{ l/hab. día}}{86400}$$

$$Q_{med} = 22,1257 \text{ l/s}$$

- *Coefficiente de Mayorización.*

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}}$$

Ecuación 3

Dónde:

M = Coeficiente de Mayorización o Simultaneidad

P_f = Población actual (*habitantes*)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{31861}{1000}}}$$

$$M = 2,45$$

- *Cálculo del caudal máximo teórico.*

$$Q_{max} = M(Q_{med})$$

Ecuación 4

Dónde:

Q_{max} = Caudal maximo teórico (l/s)

Q_{med} = Caudal medio teórico (l/s)

M = Coeficiente de Mayorización o Simultaneidad

$$Q_{max} = 2,45(22,1257 \text{ l/s})$$

$$Q_{max} = 54,2080 \text{ l/s}$$

- *Cálculo del caudal de infiltración*

$$Q_i = A * i$$

Ecuación 5

Dónde:

Q_i = Caudal de infiltración (l/s)

A = Área donde se va implementar el proyecto (2 ha valor sugerido Dirección de la Junta de Agua Potable y alcantarillados del cantón de Quindiné)

i = Tasa de infiltración (l/s-ha), Tabla 4-3

Tabla 4-3 Tasa de infiltración

ÁREA (ha)	TASA DE INFILTRACIÓN (l/s-ha)
0,5	0,05
1	0,1
1,5	0,15
2	0,2
2,5	0,25

Fuente: ROMERO, J., 2002.

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

$$Q_i = 2 \text{ ha} * 0,2 \frac{\text{l}}{\text{s} - \text{ha}}$$

$$Q_i = 0,4 \text{ l/s}$$

- *Cálculo del caudal medio de diseño*

$$Q = Q_{med} + Q_i$$

Ecuación 6

Q = Caudal medio de diseño (l/s)

Q_{med} = Caudal medio teórico (l/s)

Q_i = Caudal de infiltración (l/s)

$$Q = 22,1257 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0,4 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q = 22,5257 \text{ L/s}$$

- *Cálculo del caudal máximo de diseño*

$$Q_M = Q_{med} + Q_i$$

Ecuación 7

Q_M = Caudal máximo de diseño (l/s)

Q_{max} = Caudal máximo teórico (l/s)

Q_i = Caudal de infiltración (l/s)

$$Q_M = 54,2080 \frac{l}{s} + 0,4 \frac{l}{s}$$

$$Q_M = 54,6080 \text{ l/s}$$

3.3.3 Cálculos del canal de captación

Tabla 5-3 Condiciones para la dotación de agua

PARÁMETRO	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Caudal medio de diseño	Q	0,02252	m ³ /s
Caudal máximo de diseño	QM	0,05460	m ³ /s
Coefficiente de rugosidad	N	0,013**	-
Base del canal	B	0,5*	m
Pendiente	S	0,0005*	m/m

Fuente: *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento, ** SOTELO, G., Hidráulica de canales, México, 2002.
Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Tabla 6-3 Dimensionamiento recomendadas para Diseño de un Canal

CRITERIO DE DISEÑO		
Parámetro	Valor	Unidad
Base	0,5	m
Pendiente	0,0005	m/m

Fuente: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras-2000
Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

- Cálculo del radio hidráulico
 - Altura del canal 0,75 m
 - Ancho del canal 0,50 m

Estas dimensiones se han adoptado de acuerdo a los diseños de la Dirección de la Junta de Agua Potable y alcantarillados del cantón de Quinindé

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

Ecuación 8

Dónde:

RH = Radio hidráulico (m)

h = Altura del canal: 0,75 (m)

b =Ancho del canal: 0,50 (m)

$$RH = \frac{0,50 m * 0,75 m}{0,50 m + 2 * 0,75 m}$$

$$RH = 0,1875 m$$

- Cálculo de la velocidad del flujo

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

Ecuación 9

Dónde:

v = velocidad de flujo ($\frac{m}{s}$)

RH = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente: 0,05 (%) (Tabla 6-3)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning: 0,013 (*adimensional*), (Tabla 7-3)

$$v = \frac{1}{0,013} (0,1875m)^{2/3} (0,0005)^{1/2}$$

$$v = 0,5635 m/s$$

Tabla 7-3 Coeficiente de rugosidad

Material	n	1/n
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04

Fuente: (estructuras de conducción de agua, 2000)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

- Cálculo del área del canal de captación

$$A = b * h$$

Ecuación 10

Dónde:

$A =$ Área del canal de captación: (m^2)

$b =$ Ancho del canal: 0,50 (m)

$h =$ Altura del canal: 0,75 (m)

$$A = 0,50 \text{ m} * 0,75 \text{ m}$$

$$A = 0,375 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la altura máxima de agua

Para la dimensión de un canal abierto se debe considerar una relación $h = b/2$, conociendo la altura se determinó, $b = 2h$ y se procede a determinar la altura máxima de agua tal como se observa a continuación.

$$A = b * h$$

$$A = 2h * h$$

$$A = 2h^2$$

$$h_{max} = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 11

Dónde:

h_{max} = Altura máxima del agua

A = Área del canal de captación (m^2)

b = Ancho del canal (m),

$$h_{max} = \sqrt{\frac{0,375 m^2}{2}}$$

$$h_{max} = 0,4330 m$$

3.3.4 Sistema de rejillas

En el tratamiento de aguas residuales el primer paso consiste en la separación de sólidos que poseen un gran tamaño que pueden averiar las tuberías, como un funcionamiento de las bombas, afectando otras estructuras como accesorios, por lo cual se hace pasar el agua residual a través de rejas de barras o rejillas.

Las rejillas pueden ser de dos tipos; las finas con una separación de 5 mm o menos hechas en malla metálica, y las gruesas con una separación de 4 a 8 cm hechas con barras de acero.

Tabla 8-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:			
Anchura	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras	Mm	20-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical	Grados	30-45	0-30
Velocidad de aproximación	m/s	0,30-0,60	0,6-1,1
Pérdida admisible	Mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

De acuerdo a la limpieza existen dos tipos:

Rejillas de limpieza manual: Se instalan en depuradoras pequeñas y son inclinadas para facilitar las labores de limpieza del operario, quien retira los sólidos retenidos en la rejilla con ayuda de un rastrillo u otra herramienta similar dentada y los dispone temporalmente en una lámina perforada o canastilla, conocida como depósito escurrido, para eliminar el agua. Posteriormente, estos desechos se llevan a incineración o a un relleno sanitario.

Rejillas de limpieza mecánica: Suelen instalarse en depuradoras grandes cuyos grandes caudales arrastran ingentes cantidades de materiales gruesos de forma permanente, que no podrían ser evacuados manualmente” (estructuras de conducción de agua, 2000)

- *Cálculo del número de barras*

$$N_B = \frac{b - S_p}{e + S_p}$$

Ecuación 12

Dónde:

N_B = Número de barras (m)

b = Ancho del canal: 0,5 (m)

e = Espesor de barra: 10 (mm), (Tabla 8-3)

S_p = Separación entre barras: 20 (mm), (Tabla 8-3)

$$N_B = \frac{0,50 \text{ m} - 0,02 \text{ m}}{0,010 \text{ m} + 0,02 \text{ m}}$$

$$N_B = 16 \text{ unidades}$$

- *Cálculo de la longitud de barras*

$$L_B = \frac{h_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

Ecuación 13

Dónde

L_B = Longitud de barras (m)

h_{max} = Altura máxima de agua (m)

θ = Ángulo de inclinación: 45 (*grados*), (Tabla 8-3)

$$L_B = \frac{0,4330 \text{ m}}{\text{Sen } 45}$$

$$L_B = 0,6667 \text{ m}$$

- *Cálculo del nivel máximo de agua en la rejilla*

$$N_{max} = \frac{Q}{v * b}$$

Ecuación 14

Dónde:

N_{max} = Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

v = velocidad de flujo (m/s)

Q = Caudal medio de diseño (m³/s)

b = Ancho del canal: 50 (m)

$$N_{max} = \frac{0,02252 \text{ m}^3/\text{s}}{0,5635 \text{ m/s} * 0,50 \text{ m}}$$

$$N_{max} = 0,08 \text{ m}$$

- *Cálculo de la longitud sumergida*

$$L_{SR} = \frac{N_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

Ecuación 15

Dónde

L_{SR} = Longitud sumergida de barras (m)

N_{max} = Nivel máxima de agua en las rejillas (m)

θ = Angulo de inclinación: 45 (*gardos*), (Tabla 8-3)

$$L_{SR} = \frac{0,08 \text{ m}}{\text{Sen}45}$$

$$L_{SR} = 0,11 \text{ m}$$

- *Cálculo de pérdida de carga en la rejilla*

Tabla 9-3 Coeficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (RAS, 2000)

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

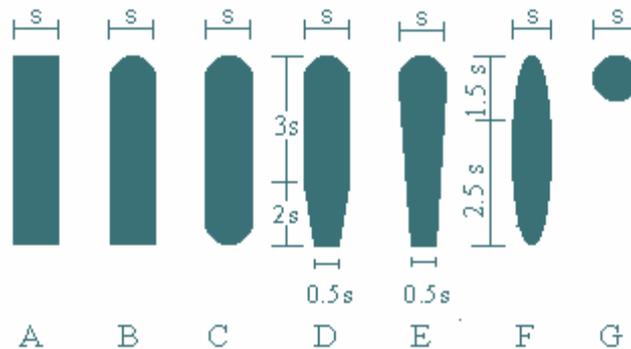


Figura 4-3 Formas de rejillas

Fuente: (RAS, 2000)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

$$h_{PR} = \beta \left(\frac{e}{S_p} \right)^{3/2} \frac{v^2}{2g} \text{sen}\theta$$

Ecuación 16

Dónde:

h_{PR} = Pérdida de carga en la rejilla (*adimensional*)

g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de pérdida, (Tabla 9-3)

e = Espesor de barra (m), (Tabla 8-3)

S_p = Separación entre barras (m), (Tabla 8-3)

v = Velocidad de aproximación del flujo hacia las rejillas (m/s)

θ = Pendiente en relación a la vertical (*grados*), Tabla (8-3)

$$h_{PR} = 1,79 \left(\frac{0,01 \text{ m}}{0,020 \text{ m}} \right)^{3/2} \frac{(0,5635 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \text{sen}45$$

$$h_{PR} = 0,0067$$

3.3.5 Desarenador convencional

La finalidad de un desarenador es la separación de sólidos del agua cruda relativamente gruesos, el agua cruda transporta básicamente arcilla, arena y grava fina hacia el sistema de tratamiento desde la su captación. Al reducirse su velocidad con que son transportadas por el agua las partículas se sedimentan

La adaptación del desarenador evita que se depositen en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento (Aguamarket, 2016),



Figura 5-3 Desarenador convencional

Fuente: (<http://angeltanatos.blogspot.com/p/acueducto.html>, s.f.)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.3.5.1 Componentes

- Zona en la cámara de quietamiento o de control: Disipa la energía y reduce la velocidad del flujo en la tubería de entrada
- Zona de entrada: Ubicada entre la cámara de quietamiento y una cortina, que obliga a las líneas de flujo a descender con rapidez, sedimentando el material más grueso.
- Zona de desarenación: Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

- Zona de salida: Constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección, que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
- Zona de lodos: El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado.

El sistema de desarenadores debe estar constituido por un mínimo de dos módulos que funcionen en paralelo, con el fin de permitir una mejora en la operación del sistema cuando alguno de ellos esté fuera de servicio por razones de limpieza y mantenimiento. En caso de caudales pequeños, se podrá contar con una sola unidad que debe integrarse con un canal de bypass para efectos de mantenimiento (BETIN, 2009).

3.3.5.2 Dimensionamiento de un desarenador

- Cálculo de la velocidad de sedimentación de la partícula

Solamente cuando se tengan partículas de arena muy finas de tamaño menor a 0,1 mm, se deberá aplicar la fórmula de Stokes para régimen laminar.

$$v_D = \frac{90 (d_p)^2}{\mu_{agua}}$$

Ecuación 17

Dónde:

g = Aceleración de la gravedad: 981 (cm/s^2)

d_p = Diámetro de la partícula: 0,01 (cm), (Tabla 10-3)

μ_{agua} = Viscosidad del fluido a 20 °C: 0,01009 ($g/cm \cdot s$), (Tabla 10-3)

$$v_D = \frac{90 (0,01 \text{ cm})^2}{0,01009 (g/cm \cdot s)}$$

$$v_D = 0,89 \text{ cm/s} = 0,0089 \text{ m/s}$$

Tabla 10-3 Propiedades del agua a 20 °C

Condiciones	Temperatura °C	Valor
Densidad del agua (g/cm ³)	20	0,9982
Viscosidad del agua (g/cm.s)	20	0,01009
*Diámetro de la partícula (cm)	-	0,01

Fuente: Separata de Operaciones Básicas de Ingeniería Química UCE, 1993*

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

- Cálculo del número de Reynolds

$$N_{RE} = \frac{v_s * d_p * \rho}{\mu}$$

Ecuación 18

Dónde:

v_s = Velocidad de sedimentación (cm/s)

d_p = Diámetro de la partícula: 0,01 (cm), (Tabla 10-3)

μ_{agua} = Viscosidad del fluido a 20 °C: 0,01009 (g/cm.s), (Tabla 10-3)

ρ = Viscosidad del fluido a 20 °C: 0,9982 (g/cm³), (Tabla 10-3)

$$N_{RE} = \frac{0,32 \text{ cm/s} * 0,01 \text{ cm} * 0,9982 \text{ g/cm}^3}{0,01009 \text{ g/cm.s}}$$

$$N_{RE} = 0,32 \text{ flujo laminar}$$

La sedimentación de arena fina ($d < 0,01$ cm) se realiza en régimen laminar con valores del número de Reynolds menores de 1 ($Re < 1$).

- Cálculo del tiempo de sedimentación de la partícula

La altura de la unidad será de 1,75 m asumida de acuerdo a las sugerencias de la Junta de agua potable y alcantarillo del cantón de Quinindé

$$t_D = \frac{H_D}{v_D}$$

Ecuación 19

Dónde:

v_D = Velocidad de sedimentación (m/s)

H_D = Altura de la unidad: 1,75 (m)

$$t_D = \frac{1,75 \text{ m}}{0,0089 \text{ m/s}}$$

$$t_D = 196,63 \text{ s} = 3,28 \text{ min}$$

- Cálculo del periodo de retención

Tiempo en que tarda la partícula del agua en entrar y salir.

$$\theta = 3 * t_D$$

Ecuación 20

Dónde:

t_D = Tiempo de sedimentación (h)

$$\theta = 3 * 3,28 \text{ min} * \frac{1h}{60 \text{ min}}$$

$$\theta = 0,16 \text{ h}$$

- Cálculo del volumen del tanque

$$V_D = \theta * Q_{diseño}$$

Ecuación 21

Dónde:

θ = Periodo de retención (h)

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño (m^3/h)

$$V_D = 0,16 \text{ h} * 81,072 \text{ m}^3/h$$

$$V_D = 12,97 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área superficial del tanque

$$A_D = \frac{V_D}{H_D}$$

Ecuación 22

Dónde:

$V_D =$ Volumen del tanque de sedimentación (m^3)

$H_D =$ Altura de la unidad: 1,75 (m)

$$A_D = \frac{12,97 \text{ m}^3}{1,75 \text{ m}}$$

$$A_D = 7,41 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del desarenador

$$b_D = \sqrt{\frac{A_D}{4}}$$

Ecuación 23

Dónde:

$A_D =$ Área del desarenador (m^2)

$$b_D = \sqrt{\frac{7,41 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b_D = 1,36 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del desarenador

$$L_D = 4 * b_D$$

Ecuación 24

Dónde:

$b_D =$ Ancho del desarenador (m)

$$L_D = 4 * 1,36 \text{ m}$$

$$L_D = 5,44 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida en la unidad de área superficial

$$q_D = \frac{Q_{diseño}}{A_D}$$

Ecuación 25

Dónde:

$A_D =$ Área del desarenador (m^2)

$Q_{diseño} =$ Caudal de diseño (m^3/s)

$$q_D = \frac{0,02252 \text{ m}^3/s}{7,41 \text{ m}^2}$$

$$q_D = 0,003 \text{ m/s}$$

- Cálculo de tirante de agua sobre el vertedero

Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero.

$$H_{tv} = \left(\frac{Q_{diseño}}{1,84 * b_D} \right)^{2/3}$$

Ecuación 26

Dónde:

$b_D =$ Ancho del desarenador (m)

$Q_{diseño} =$ Caudal de diseño (m^3/s)

$$H_{tv} = \left(\frac{0,02252 \text{ m}^3/s}{1,84 * 1,36 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$H_{tv} = 0,04 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad de fluido en el vertedero

$$v_v = \frac{Q_{diseño}}{b_D * H_{tv}}$$

Ecuación 27

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño (m^3/s)

H_{tv} = Tirante de agua sobre el vertedero (m)

$$v_v = \frac{0,02252 \text{ m}^3/s}{1,36 \text{ m} * 0,04 \text{ m}}$$

$$v_v = 0,41 \text{ m/s}$$

- Cálculo del ancho de la cresta

$$X_c = 0,36 * v_v^{\frac{2}{3}} + 0,6 H_{tv}^{\frac{4}{7}}$$

Ecuación 28

Dónde:

v_v = Velocidad en el vertedero (m/s)

H_{tv} = Tirante de agua sobre el vertedero (m)

$$X_c = 0,36 * (0,41 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + 0,6 (0,04 \text{ m})^{\frac{4}{7}}$$

$$X_c = 0,29 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de la cresta

$$L_c = X_c + 0,1$$

Ecuación 29

Dónde:

X_c = Ancho del cresta (m)

$$L_c = 0,29 \text{ m} + 0,1$$

$$L_c = 0,39 \text{ m}$$

- ✓ Pantalla de salida

- Cálculo de la profundidad de la pantalla

$$P_{ps} = \frac{H_D}{2}$$

Ecuación 30

Dónde:

H_D = Altura de la unidad: 2,00 (m)

$$P_{ps} = \frac{1,75 \text{ m}}{2}$$

$$P_{ps} = 0,875 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia al vertedero de salida

$$D_V = 15 * H_{tv}$$

Ecuación 31

Dónde:

H_{tv} = Tirante de agua sobre el vertedero (m)

$$D_V = 15 * 0,040 \text{ m}$$

$$D_V = 0,6 \text{ m}$$

- ✓ Pantalla de entrada
- Cálculo de la profundidad de la pantalla de entrada

$$P_{pe} = \frac{H_D}{2}$$

Ecuación 32

Dónde:

H_D = Altura de la unidad: 2,00 (m)

$$P_{pe} = \frac{1,75 \text{ m}}{2}$$

$$P_{pe} = 0,875 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia de la cámara de quietamiento o de control

$$D_{ca} = \frac{L_D}{4}$$

Ecuación 33

Dónde:

L_D = Longitud del desarenador

$$D_{ca} = \frac{5,44 \text{ m}}{4}$$

$$D_{ca} = 1,36 \text{ m}$$

✓ Zona de lodos

- Cálculo de la distancia hacia la de quietamiento o de control

Distancia desde el punto de salida hacia la cámara de quietamiento o de control.

$$D_{ha} = \frac{L_D}{3}$$

Ecuación 34

Dónde:

L_D = Longitud del desarenador

$$D_{ha} = \frac{5,44 \text{ m}}{3}$$

$$D_{ha} = 1,81 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia hacia el vertedero

$$D_{hv} = \frac{2 * L_D}{3}$$

Ecuación 35

Dónde:

L_D = Longitud del desarenador

$$D_{hv} = \frac{2 * 5,44 \text{ m}}{3}$$

$$D_{hv} = 3,63 \text{ m}$$

- ✓ Pendiente para el desarenador
- Cálculo de la pendiente transversal

Para la pendiente transversal se toma un valor asumido de 1 y 0,5 m de profundidad

$$S_t = \frac{P_{max} - P_{min}}{b_D} * 100$$

Ecuación 36

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

P_{max} = Profundidad máxima: 1 (m)

P_{min} = Profundidad mínima: 0,50 (m)

$$S_t = \frac{1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{1,36 \text{ m}} * 100$$

$$S_t = 36,76 \%$$

- Cálculo de la pendiente longitudinal en $L_D/3$

$$S_l = \frac{P_{max} - P_{min}}{D_{ha}} * 100$$

Ecuación 37

Dónde:

D_{ha} = Distancia hacia la cámara de control (m)

P_{max} = Profundidad máxima: 1 (m)

P_{min} = Profundidad mínima: 0,50 (m)

$$S_l = \frac{1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{1,81 \text{ m}} * 100$$

$$S_l = 27,62 \%$$

- Cálculo de la pendiente longitudinal en $2L_D/3$

$$S_{ld} = \frac{P_{max} - P_{min}}{D_{hv}} * 100$$

Ecuación 38

Dónde:

D_{hv} = Distancia hacia el vertedero (m)

P_{max} = Profundidad máxima: 1 (m)

P_{min} = Profundidad mínima: 0,50 (m)

$$S_{ld} = \frac{1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{3,63 \text{ m}} * 100$$

$$S_{ld} = 13,77 \%$$

- ✓ Cámara de aquietamiento o de control

- Cálculo de la profundidad de la cámara

$$P_{ca} = \frac{H_D}{3}$$

Ecuación 39

Dónde:

H_D = Altura de la unidad: 1,75 (m)

$$P_{ca} = \frac{1,75 \text{ m}}{3}$$

$$P_{ca} = 0,58 \text{ m}$$

- Cálculo del ancho de la cámara

$$b_{ca} = \frac{b_D}{3}$$

Ecuación 40

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

$$b_{ca} = \frac{1,36 \text{ m}}{3}$$

$$b_{ca} = 0,45 \text{ m}$$

3.5.6 Tanque mezclador

“La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene el propósito de dispersar en forma rápida y uniforme el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos como son: resaltos hidráulicos en canales, canales Parshall, vertederos triangulares, vertederos rectangulares, etc.” (Muñoz, 2013)

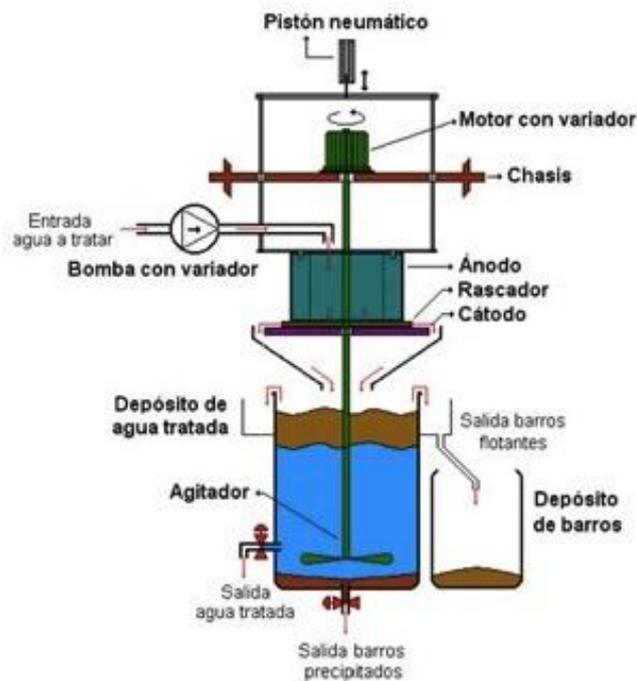


Figura 6-3 Esquema de un tanque mezclador

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/91532895/PURIFICACION-DEL-AGUA>

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

“La mezcla de los coagulantes y floculantes se realizan generalmente en tanques rectangulares o cilíndricos, el flujo del líquido es detenido en un periodo determinado y es sacudido por mezcladores hidráulicos o mecánicos produciendo turbulencia, los coagulantes deben ser proporcionados en un solo punto del tanque. El mezclador más frecuente son los mecánicos ya

que son de mayor confianza y flexibilidad, los impulsores utilizados son los de paleta, turbina y hélices. El diámetro del impulsor comúnmente es de 30 - 50% del diámetro total del tanque y el rango de velocidades que son recomendados dependiendo del tipo de agua es de 10 a 150 rpm. Se colocan además pequeños deflectores en el interior del tanque a una longitud de 0,10 veces el diámetro del tanque que permiten una mayor potencia a la mezcla y genera gran turbulencia. En el diseño de este agitador se realizara con impulsores de turbina de paletas planas ya que proporcionan una buena mezcla” (Valencia, Fidel. 2003. p, 15-29)

3.5.6.1 Dimensionamiento del tanque mezclador

Para el dimensionamiento de utiliza una pérdida del 5% en el Caudal medio de diseño o nuestro caudal de punta, por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado.

$$Q = 0,02252 \frac{m^3}{s} * 0,95$$

$$Q = 0,0214 \frac{m^3}{s}$$

- Volumen del tanque, V_{tanque} :

$$V_{tanque} = Q * Trh$$

Ecuación 57

Datos:

V_{tanque} = Volumen del tanque

Q = Caudal medio de diseño (m^3/s)

Trh = Tiempo de retención (s); 3600 s (Valor considerado de la Tabla 11-3)

Tabla 11-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

Parámetros	Medida
Gradiente de velocidad (s^{-1})	500-1000
Tiempo de retención (h)	1-7

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

$$V_{tanque} = 0,0214 \frac{m^3}{s} * 3600 s$$

$$V_{tanque} = 77,04 m^3$$

- *Diámetro de la cámara de mezcla, DT:*

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * V * a}{\pi * b}}$$

Ecuación 58

Datos:

DT = Diámetro de la cámara de mezcla

V = Volumen del sedimentador (m³);

a = Relación geométrica(adimensional); 2 (valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

b = Relación geométrica (adimensional); 1 (valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 77,04 m^3 * 2}{\pi * 1}}$$

$$DT = 5,81 m$$

- *Profundidad de la cámara de mezcla, H:*

$$H = b * \frac{DT}{a}$$

Ecuación 59

Datos:

H = Profundidad de la cámara de mezcla (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a = Relación geométrica (adimensional); 2 (valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

b = Relación geométrica (adimensional); 1 (adimensional) valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé

$$H = 1 * \frac{5,81 m}{2}$$

$$H = 2,91 \text{ m}$$

- *Diámetro de la turbina, D:*

$$D = \frac{DT}{a}$$

Ecuación 60

Datos:

D = Diámetro de la turbina (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a = Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*adimensional*)

$$D = \frac{5,81 \text{ m}}{2}$$

$$D = 2,91 \text{ m}$$

- *Anchura de los deflectores, W_d :*

$$W_d = \frac{D}{10}$$

Ecuación 61

Datos:

W_d = Anchura de los deflectores (m)

D = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$W_d = \frac{2,91 \text{ m}}{10}$$

$$W_d = 0,30 \text{ m}$$

- *Dimensiones de las paletas*

- Longitud de la paleta, B :

$$B = \frac{D}{4}$$

Ecuación 62

Datos:

B = Longitud de la paleta (m)

D = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$B = \frac{2,91 \text{ m}}{4}$$

$$B = 0,73$$

- Alto de la paleta, W :

$$W = \frac{D}{4}$$

Ecuación 63**Datos:**

W = Alto de la paleta (m)

D = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$W = \frac{2,92 \text{ m}}{4}$$

$$W = 0,73 \text{ m}$$

- Potencia aplicada al agua residual, P :

Es necesario el cálculo de la potencia ya que incluye mucho en el número de revoluciones determinando la eficiencia del proceso de tratamiento.

$$P = v * V * G^2$$

Ecuación 64**Datos:**

v : Viscosidad dinámica ($\frac{Ns}{m^2}$); $1,139 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}$ (Valor considerado de la Tabla 13-3)

V : Volumen del sedimentador (m^3)

G : Gradiente de velocidad (s^{-1}); $1000 s^{-1}$ (Valor considerado de la Tabla 11-3)

$$P = 1,102 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2} * 77,04 \text{ m}^3 * (1000 s^{-1})^2$$

$$P = 84.898,08 \text{ Watt}$$

$$P = 8,48 \times 10^4 \text{ Watt}$$

- *Velocidad de rotación, N:*

Es el número de revoluciones por minuto para que se pueda producir una mezcla uniforme en el tanque.

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}}$$

Ecuación 65

Datos:

N = Velocidad de rotación

P = Potencia (*Watt*)

K = Número de potencia; 6,3 adimensional (Valor considerado de la Tabla 12-3)

ρ = Densidad del agua ($\frac{Kg}{m^3}$); 999,49 $\frac{Kg}{m^3}$ (Valor considerado de la Tabla 13-3)

D = Diámetro de la turbina (m)

Tabla 12-3 Número de potencia para diferente tipo de impulsores

Impulsor	Nº de potencia K
Hélice pinch cuadrada, 3 paletas	0,32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1,0
Turbina, 6 aletas planas	6,3
Turbina, 6 aletas curvas	4,8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4,0
Turbina ventilador, 6 aletas	1,65

Fuente: (programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992)

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

Tabla 13-3 Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m ³)	Viscosidad Dinámica (N·s/m ²)
15	999,19	1,139x10 ⁻³
16	999,03	
17	999,86	
18	999,68	
20	999,49	1,102x10 ⁻³

Fuente: (ROBERTH, Mott, 2013)

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

$$N = \sqrt[3]{\frac{8,77 \times 10^4 \text{ watt}}{6,3 * 999,49 \frac{Kg}{m^3} * (2,91 \text{ m})^5}}$$

$$N = 0,41 \frac{rev}{s}$$

$$N = 24,06 \text{ rpm}$$

- Anchura de las paletas del impulsor, q :

$$q = \frac{D}{5}$$

Ecuación 66

Datos:

q = Anchura de las paletas del impulsor (m)

D = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$q = \frac{2,91 \text{ m}}{5}$$

$$q = 0,58 \text{ m}$$

- Diámetro del disco central, S :

$$S = \frac{DT}{4}$$

Ecuación 67

Datos:

S = Diámetro del disco central (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$S = \frac{5,81 \text{ m}}{4}$$

$$S = 1,45 \text{ m}$$

- *Altura del impulsor respecto al fondo del tanque, h :*

$$h = \frac{D}{1}$$

Ecuación 68

Datos:

h = Altura del impulsor respecto al fondo del tanque (m)

D = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$h = \frac{2,91 \text{ m}}{1}$$

$$h = 2,91 \text{ m}$$

3.3.6.2 Cálculo de la dosificación de productos químicos

- *Dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC), D_{PAC} :*
 - Con un caudal diseño 1911660,48 l/día
 - Datos adquiridos a partir de los test de Jarras - Tabla 6-1
 - La dosificación del coagulante se realizó al 5% o 5g en peso para diluir en 100 ml de agua destilada.
 - La dosis óptima para nuestra muestra de agua residual es 4 ml de la solución en 1000 ml de agua residual

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 69

Datos:

V_1 : Volumen de la dosificación óptima de la solución (ml)

V_2 : Volumen de agua cruda (ml)

C_1 : Concentración de PAC de a solución (g)

C_2 : Concentración de PAC en la dosificación óptima (g)

$$C_2 = \frac{0,05 \frac{g}{ml} * 4 ml}{1000 ml}$$

$$C_2 = 0,0002 \frac{g}{ml} * 1000 \frac{ml}{l}$$

$$C_2 = 0,2 \frac{g}{l}$$

- Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC) requerida por día

$$P_{PAC} = Q * D_{PAC}$$

Ecuación 70**Datos:**

P_{PAC} : Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC) requerida por día; (kg/día)

Q = Caudal medio de diseño (l/día)

D_{PAC} : Dosificación del policloruro de aluminio (PAC)

$$P_{PAC} = 1911660,48 \frac{l}{día} * 0,2 \frac{g}{l} * \frac{kg}{1000 g}$$

$$P_{PAC} = 382,33 \frac{kg}{día}$$

3.3.7 Sedimentador

“La sedimentación o pre sedimentación como le denominan otros autores es un proceso de clarificación del agua, reduce la turbiedad y elimina las partículas suspendidas. Las condiciones críticas de lluvia aumentan la turbiedad dificultando el tratamiento del agua.

La sedimentación rápida forma una interface sólido-líquido con partículas mayores a 0,02 mm sin la intervención de sustancias químicas (coagulantes-floculantes). Esta unidad de sedimentación se divide en cuatro componentes:

- Zona de entrada: Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.
- Zona de sedimentación: Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.
- Zona de salida: Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
- Zona de recolección de lodos: Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.” (Aguamarket, 2016)

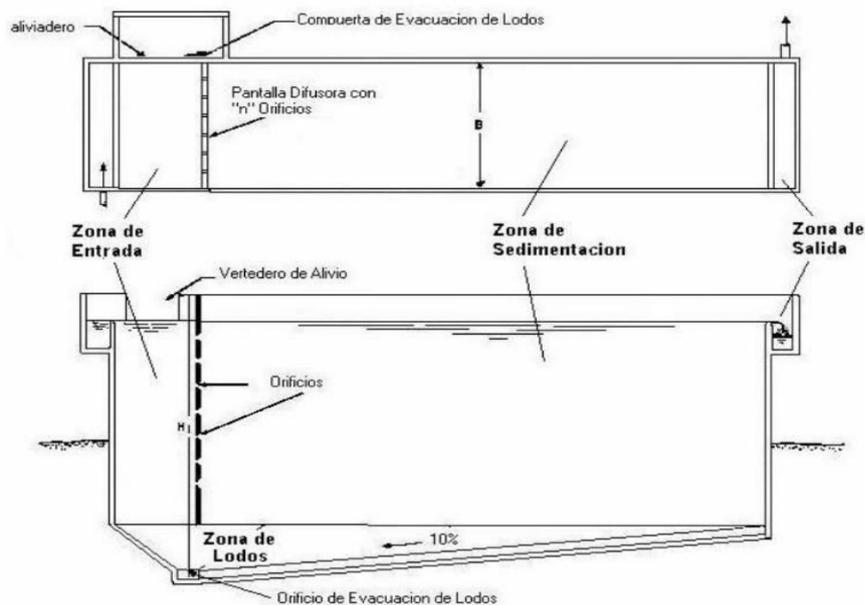


Figura 3-7 Sedimentador con pantalla

Fuente: (Morales, 2015)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.3.7.1 Dimensionamiento de un sedimentador

Para el dimensionamiento de un sedimentador tomamos en cuenta los siguientes parámetros:

- El número de Reynolds debe ser menor a 500
- Carga superficial (Cs) recomendada es 50 a 300 m³/m².dia
- Característica crítica de funcionamiento (Sc) es 1,00 para láminas paralelas
- Separación entre cada placa de 5 a 8 cm
- Ángulo de inclinación 60° para facilitar que los lodos se deslicen rápidamente hacia el fondo del tanque

Para el dimensionamiento del sedimentador se utiliza el caudal con una pérdida del 10% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado.

$$Q = 0,0214 \frac{m^3}{s} * 0,90$$

$$Q = 0,01926 \frac{m^3}{s}$$

- Cálculo del área del sedimentador, A_s

$$A_s = \frac{Q}{C_s}$$

Ecuación 71

Dónde:

A_s = Área del sedimentador: (m²)

Q = Caudal medio de diseño (m³/s)

C_s = Carga superficial: 58 m³/m².dia = 6,71x10⁻⁴ m³/m²s (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$A_s = \frac{0,01926 \frac{m^3}{s}}{6,71x10^{-4} \frac{m^3}{m^2s}}$$

$$A_s = 28,70 m^2$$

- Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas, v_0

$$v_0 = \frac{Q}{A_s * \sin \theta}$$

Ecuación 72

Dónde:

v_0 = Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (cm/s)

Q = Caudal medio de diseño (m^3/dia)

θ = Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (60°)

$$v_0 = \frac{0,01926 \frac{m^3}{s}}{28,70 m^2 * \sin 60}$$

$$v_0 = 8,30 \times 10^{-4} m/s$$

$$v_0 = 0,083 cm/s$$

- Longitud relativa del sedimentador, L_r

$$L_r = \frac{I}{d_p}$$

Ecuación 73

Dónde:

L_r = Longitud relativa del sedimentador

I = Longitud recorrida a través de la placa: ($1 m$) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

d_p = Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: ($0,05 m$) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$L_r = \frac{1 m}{0,05 m}$$

$$L_r = 20$$

- *Número de Reynolds, Re:*

$$Re = \frac{v_0 * d_p}{\vartheta}$$

Ecuación 74

Dónde:

Re = Número de Reynolds (*adimensional*)

v_0 = Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (*m/s*)

d_p = Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: (0,05 m) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

ϑ = Viscosidad dinámica del agua a 20 C°: ($1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) (Valor considerado de la tabla 10-3)

$$Re = \frac{8,30 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,05 \text{ m}}{1,003 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 41,38$$

- *Longitud de transición, L':*

$$L' = 0,013 * Re$$

Ecuación 75

Dónde:

L' = Longitud de transición

Re = Número de Reynolds (*adimensional*)

$$L' = 0,013 * 41,38$$

$$L' = 0,54$$

- *Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición, L_{cr} :*

$$L_{cr} = L_r - L'$$

Ecuación 76

Dónde:

L_{cr} = Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición

L' = Longitud de transición

L_r = Longitud relativa del sedimentador (*adimensional*)

$$L_{cr} = 20 - 0,54$$

$$L_{cr} = 19,46$$

- *Velocidad de sedimentación crítica: v_{SC} :*

$$v_{SC} = \frac{S_C * v_0}{\sin \theta + (L_{cr} * \cos \theta)}$$

Ecuación 77

Dónde:

v_{SC} = Velocidad de la sedimentación crítica: (*cm/s*)

L_{cr} = Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición

v_0 = Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (*m/día*)

θ = Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (60°)

S_C = Característica crítica de funcionamiento para láminas paralelas: (*1 adimensional*)

$$v_{SC} = \frac{1 * 71,71 \frac{m}{día}}{\sin 60 + (19,46 * \cos 60)}$$

$$v_{SC} = 5,86 \frac{m}{día}$$

$$v_{SC} = 0,0068 \frac{cm}{s}$$

- *Tiempo de retención en las placas: t_{rp} :*

$$t_{rp} = \frac{I}{v_0}$$

Ecuación 78

Dónde:

t_{rp} = *Tiempo de retención en las placas: (min)*

v_0 = Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (*m/día*)

I = Longitud recorrida a través de la placa: (*1, m*) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$t_{rp} = \frac{1 \text{ m}}{8,30 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t_{rp} = 1204,82 \text{ s}$$

$$t_{rp} = 20,08 \text{ min}$$

- *Tiempo de retención en el tanque sedimentador, t_{rh} :*

$$t_{rh} = \frac{A_s * H_s}{Q}$$

Ecuación 79

Dónde:

t_{rh} = *Tiempo de retención en el tanque sedimentador: (min)*

A_s = *Área del sedimentador: (m^2)*

H_s = *Altura total: (2 m) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)*

Q = *Caudal medio de diseño (m^3/s)*

$$t_{rh} = \frac{28,70 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}}{0,01926 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$t_{rh} = 2980,27 \text{ s}$$

$$t_{rh} = 49,67 \text{ min}$$

- *Ancho del sedimentador, a :*

$$a = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

Ecuación 80

Dónde:

a = *Ancho del sedimentador: (m)*

A_s = *Área del sedimentador: (m^2)*

$$a = \sqrt{\frac{28,70 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 3,79 \text{ m}$$

- Longitud del sedimentador, l :

$$l = a * 2$$

Ecuación 81

Dónde:

l = Longitud del sedimentador (m)

a = Ancho del sedimentador: (m)

$$l = 3,79 \text{ m} * 2$$

$$l = 7,58 \text{ m}$$

- Número de placas por modulo, Np :

$$Np = \frac{(l * \sin \theta) + d_p}{d_p + e_p}$$

Ecuación 82

Dónde:

Np = Número de placas por modulo (*unidad*)

l = Longitud del sedimentador (m)

d_p = Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: ($0,05 \text{ m}$) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

e_p = Espesor entre placas: ($0,01 \text{ m}$) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

θ = Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (60°)

$$Np = \frac{(7,58 \text{ m} * \sin 60) + 0,05 \text{ m}}{0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}$$

$$Np = 103$$

- *Volumen del sedimentador, V:*

$$V = l * a * h$$

Ecuación 83

Dónde:

V = Volumen del sedimentador (m^3)

l = Longitud del sedimentador (m)

a = Ancho del sedimentador: (m)

h = Altura del sedimentador: ($2,5 m$) (Valor sugerido por la Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$V = 7,58 m * 3,79 m * 2,5 m$$

$$V = 71,82 m^3$$

3.3.8 Filtración con medios granulares.

“La Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (BVSDE) de la Organización Panamericana de la Salud (OPA) en su plataforma de internet (<http://www.bvsde.paho.org>) dice que la filtración que se realiza con medios granulares permite remover sólidos suspendidos mediante filtración física, procesos de adsorción física y química, y descomposición biológica. Los filtros con medios granulares se diferencian de los biológicos principalmente porque filtran partículas más pequeñas ($< 2 mm$), lo que le da mayor importancia a la filtración y adsorción como parte del tratamiento.

Los filtros con medios múltiples constan de dos o más medios. Generalmente se coloca un soporte en el fondo del lecho, arena en el medio y un medio adsorbente en la parte superior.”
(Lesly Da Cámara, 2014)

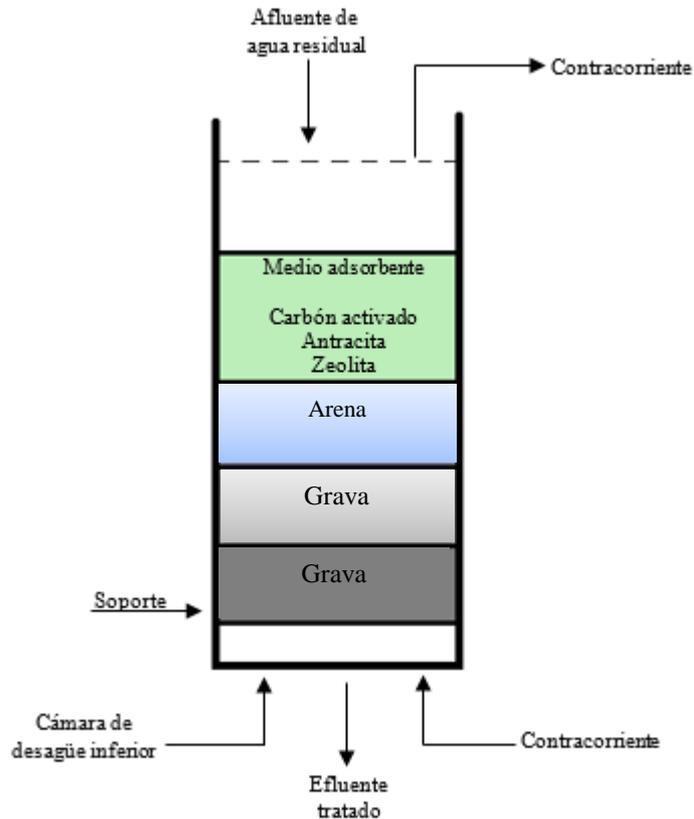


Figura 3-8 Diagrama de sistema de filtración con medios granulares

Fuente: www.bvsde.paho.org

Realizado por: Hernán Bósquez., 2017

“Para que una filtración sea lo más eficaz posible se necesita que los sólidos presentes en el agua puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en superficie. Por otro lado, hay que elegir un material filtrante con una granulometría y espesor de lecho tales que el filtrado alcance la calidad deseada.

El crecimiento biológico dentro del filtro es algo inevitable y poco a poco irá reduciendo el tamaño del poro que interferirán con la eliminación de partículas.

La velocidad de filtración depende mucho del tamaño del material filtrante y de la resistencia de los sólidos y flóculos que puedan formarse.

Los filtros rápidos a presión son generalmente metálicos y cilíndricos. Pueden lavarse con agua o pueden combinar agua y aire. La capa de material filtrante descansa sobre un soporte de lecho de material de granulometría creciente hacia abajo. La velocidad de lavado del filtro debe ser suficiente para producir una expansión de la altura del lecho filtrante del 15 al 25%. La duración del lavado varía entre los 5 y 8 minutos.” (Aguamarket, 2016)

3.3.8.1 Dimensionamiento del sistema de filtración

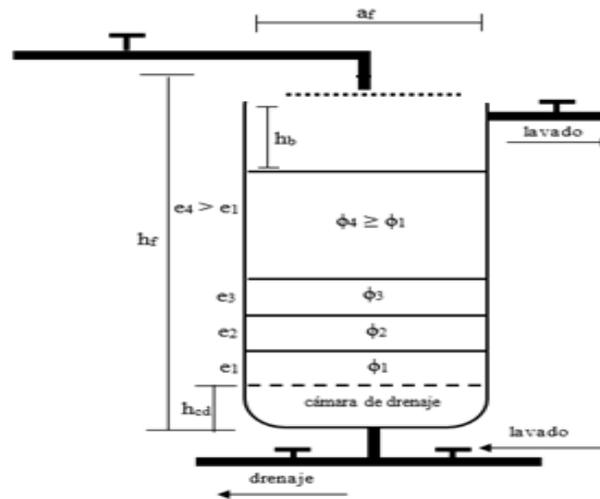


Figura 3-9 Dimensiones del sistema de filtración

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Para el dimensionamiento del filtro se utiliza el caudal punta con una pérdida del 5% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado, en la zona de recolección de lodos en el sedimentador. (Aguamarket, 2016)

$$Q = 0,01926 \frac{m^3}{s} * 0,95$$

$$Q = 0,01830 \frac{m^3}{s} = 1581,12 \frac{m^3}{dia}$$

- Numero de filtros n:

$$n = 0,044 * \sqrt{Q}$$

Ecuación 84

Datos:

n = Numero de filtros

Q = Caudal medio de diseño (m^3/dia)

$$n = 0,044 * \sqrt{1581,12 \frac{m^3}{dia}}$$

$$n = 1,75 \approx 2$$

- Caudal de diseño de filtración Q_f :

$$Q_f = \frac{Q}{n}$$

Ecuación 85

Datos:

Q_f = Caudal de diseño de filtración, (m^3/dia)

Q = Caudal medio de diseño (m^3/dia)

n : Número de filtros deseados; 2 unidades

$$Q_f = \frac{1581,12 \frac{m^3}{dia}}{2}$$

$$Q_f = 790,56 \frac{m^3}{dia}$$

- Área del filtro, A_f :

$$A_f = \frac{Q_f}{T_f}$$

Ecuación 86

Datos:

A_f = Área del filtro (m^2)

Q_f = Caudal de diseño de filtración, (m^3/dia)

T_f = Tasa de filtración (m/dia); (Tabla 14-3)

$$A_f = \frac{790,56 \frac{m^3}{dia}}{9 \frac{m}{dia}}$$

$$A_f = 87,84 m^2$$

Tabla 14-3 Parámetros diseño de filtro

Parámetro	Valor	Valor típico
Tasa de filtración (m/d)	2-12	9
Altura de agua sobre el lecho (m)	1-1,5	1,25
Altura de drenaje	0,4-0,7	0,55

Fuente: (ROMERO, 1999)

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

- *Coefficiente de costo mínimo, k_c :*

$$k_c = \frac{2 * n}{1 + n}$$

Ecuación 87

Datos:

k_c = Coeficiente de costo mínimo

n = Numero de filtros

$$k_c = \frac{2 * 2}{1 + 2}$$

$$k_c = 1,33$$

- *Ancho del filtro, af :*

$$af = \sqrt{\frac{Af}{k_c}}$$

Ecuación 88

Datos:

af = Ancho de filtro (m)

Af = Área de filtro (m^2)

k_c = Coeficiente de costo mínimo

$$af = \sqrt{\frac{87,84 m^2}{1,33}}$$

$$af = 8,13 m$$

- *Largo del filtro L_F :*

$$L_F = \sqrt{k_c * Af}$$

Ecuación 89

Datos:

L_F = Ancho de filtro (m)

Af = Área de filtro (m^2)

k_c = Coeficiente de costo mínimo

$$L_F = \sqrt{1,33 * 87,84 m^2}$$

$$L_F = 10,81 m$$

- *Composición del lecho filtrante.*

- *Altura del lecho filtrante, HLF :*

El lecho filtrante está compuesto por zeolita, arena y grava mejorando la calidad de filtrado.

$$HLF = e_z + e_a + e_g$$

Ecuación 90

Datos:

HLF = Altura del lecho filtrante (m)

e_z = Espesor de capa de zeolita (m) (tabla 15-3)

e_a = Espesor de capa de arena (m) (tabla 15-3)

e_g = Espesor de capa de grava (m) (tabla 15-3)

$$HLF = 0,40 m + 0,25 m + 0,15 m$$

$$HLF = 0,80 m$$

Tabla 15-3 Disposición de medios filtrantes

Capa	Medio	Diámetro del grano (ϕ ,cm)	Espesor (e, m)
4	Medio adsorbente (Zeolita) Partícula Maya 6	$\geq 2,25$	0,40
3	Capa de arena	0,6	0,25
2	Capa de grava	0,8	0,15
1	Capa de soporte grava	2,25	0,15

Fuente: (Ensayos realizados en el laboratorio de aguas-ESPOCH)

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

- Altura del filtro, Z_f :

Para el cálculo de la altura del filtro se toma en cuenta un factor de seguridad evitando así futuros derrames, siendo este el 10% (Asfapl).

$$Z_f = f_s(C_a + HLF + C_s + F_c)$$

Ecuación 91

Datos:

Z_f = Altura del filtro (m)

f_s = Factor de seguridad

HLF = Altura del lecho filtrante (m)

C_a = Altura de la capa de agua (m) (tabla 14-3)

C_s = Altura de la capa de soporte de grava (m) (tabla 15-3)

F_c = Altura de drenaje (m) (tabla 14-3)

$$Z_f = 1,10(1,25 \text{ m} + 0,80 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,55 \text{ m})$$

$$Z_f = 3,03 \text{ m}$$

• Volumen del filtro V_f :

$$V_f = Z_f * L_F * a_f$$

Ecuación 92

Datos:

V_f = Volumen del filtro (m^3)

Z_f = Altura del filtro (m)

$L_f =$ Ancho de filtro (m)

$a_f =$ Ancho de filtro (m)

$$V_f = 3,03 m * 10,81 m * 8,13 m$$

$$V_f = 266,29 m^3$$

- *Determinación del sistema de drenaje*

Para la estructura de salida de los filtros utilizaremos una tubería de 110 mm perforada a través de la cual se almacenará el agua filtrada.

- Área de cada orificio, A_o :

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Ecuación 93

Datos:

$A_o =$ Área de cada orificio (m)

$D =$ Diámetro del orificio (m) (tabla 16-3)

$$A_o = \frac{\pi * (0,004 m)^2}{4}$$

$$A_o = 1,26 \times 10^{-5} m^2$$

Tabla 16-3 Parámetro de diseño de laterales

Parámetro	Valor	Valor típico
Espaciamiento de los laterales (m)	1,5 – 2,0	1,5
Diámetro de los orificios de los laterales (mm)	2 – 4	4
Espaciamiento de los orificios de los laterales (cm)	10 – 30	20
Velocidad en orificio(m/s)	0,3	0,3

Fuente: (VIGNESWARAN, 1995)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

- Caudal que ingresa a cada orificio, Q_o :

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 94

Datos:

Q_o = Caudal que ingresa a cada orificio (m^3/s)

v_o : Velocidad en el orificio (m/s); (tabla 3-16)

A_o : Área de cada orificio (m^2)

$$Q_o = 1,26 \times 10^{-5} m^2 * 0,3 \frac{m}{s}$$

$$Q_o = 3,77 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

- Número de laterales, N_l :

$$N_l = n * \frac{L_f}{el}$$

Ecuación 95

Datos:

N_l = Numero de Laterales

L_f : Largo del filtro (m)

n : Número de laterales por lado; 2 (Valor asumido)

el : Separación entre laterales (m); 1,5 m (Tabla 16-3)

$$N_l = 2 * \frac{10,81 m}{1,5 m}$$

$$N_l = 14,41 \approx 14$$

- Diámetro de entrada al filtro, D_t :

$$D_t = \sqrt{\frac{4 * Q_f}{\pi * V_t}}$$

Ecuación 96

Datos: $D_t =$ Diámetro de entrada al filtro (m) $Qf =$ Caudal de diseño de filtración, (m^3/s) $V_t =$ Velocidad tubería afluente (m/s); (Tabla 17-3)

$$D_t = \sqrt{\frac{4 * 9,15x10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi * 2 \frac{m}{s}}}$$

$$D_t = 0,076 \text{ m}$$

Tabla 17-3 Velocidades de diseño para tuberías del filtro

Parámetro	Velocidad (m/s)	Valor típico
Afluente	0,15-3	2
Efluente	0,4-0,9	0,65

Fuente: (ROMERO, 1999)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

- Diámetro de salida del filtro, D_t :

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 * Qf}{\pi * V_s}}$$

Ecuación 97**Datos:** $D_{ts} =$ Diámetro de entrada al filtro (m) $Qf =$ Caudal de diseño de filtración, (m^3/s) $V_s =$ Velocidad tubería efluente (m/s); (Tabla 17-3)

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 * 9,15x10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi * 0,65 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{ts} = 0,13 \text{ m}$$

3.3.9 Disposición de sólidos generados

Los Lechos de Secado son sistemas sencillos y de bajo costo que permiten la deshidratación de los lodos digeridos. Estos dispositivos eliminan el agua presente en los lodos a manera de evaporación, quedando como residuo un material solido con un contenido de humedad inferior al 70%. El lodo seco se retira del lecho y se utiliza como acondicionador del suelo o a su vez se evacua a un vertedero controlado. (Aguamarket, 2016)



Figura 10-3. Esquema de un Lecho de secado

Fuente: <https://chinndelacruz1.wordpress.com/2013/12/>

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.3.9.1 Dimensionamiento del lecho de secado

- Contribución per cápita de los sólidos suspendidos

Se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión que genera por habitante y por día, de la siguiente manera: por caracterización del agua residual se tiene que, los SS = 197 mg/l, y con un caudal promedio tomando los caudales tanto del tanque desarenador, sedimentador como del tanque de mezcla, en la cual nos da un valor de 1819,58 m³/día.

$$197 \frac{mg}{l} * \frac{1}{31861 \text{ hab}} * \frac{1819,58 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} * \frac{1000l}{\text{m}^3} * \frac{1g}{1000mg} = 11,26 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}$$

- Carga en fusión a la contribución per cápita de sólidos suspendidos, C :

$$C = \frac{Pf * \text{contribución per cápita}}{1000}$$

Ecuación 98

Datos:

Pf : Población futura; 31861 habitantes

$$C = \frac{31861 \text{ hab} * 11,26 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}}{1000}$$

$$C = 358,75 \text{ kg}_{SS}/\text{día}$$

- Masa de los sólidos que conforman los lodos, M_{sd} :

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Ecuación 99

Datos:

C : Carga de sólidos en suspensión ($\text{kg}_{SS}/\text{día}$); 358,75 $\text{kg}_{SS}/\text{día}$

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 358,75) + (0,5 * 0,3 * 358,75)$$

$$M_{sd} = 116,59 \text{ kg}_{SS}/\text{día}$$

- Cálculo del volumen diario de lodos digeridos, V_{DL} :

- La OPS/CEPIS/05.163, nos indica que la densidad de lodos para determinar el volumen diario de lodos digeridos es de 1,04 kg/L.
- El porcentaje de sólidos se asume un 12% que está dentro del rango mencionado por OPS/CEPIS de 8 a 12%.

$$V_{DL} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \left(\frac{\% \text{sólidos}}{100} \right)}$$

Ecuación 100

Datos:

M_{sd} : Masa de los sólidos que conforman los lodos ($\text{kg}_{SS}/\text{día}$); 116,59 $\text{kg}_{SS}/\text{día}$

ρ_{lodo} : Densidad del lodo (kg/l); 1,04 kg/l

$$V_{DL} = \frac{116,59 \text{ kg}_{SS}/\text{día}}{1,04 \text{ kg}/\text{l} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$V_{DL} = 934,21 \text{ kg}/\text{l}$$

- Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque, V_{LE} :

El tiempo de digestión o el tiempo para la deshidratación del lodo son de 40 días a la temperatura de 20 °C, interpolado en la Tabla 18-3

$$V_{LE} = \frac{V_{DL} * t_{DE}}{1000}$$

Ecuación 101

Datos:

t_{DE} : Tiempo de digestión (días); 40 días (Valor considerado de la Tabla 18-3)

Tabla 18-3 Tiempo requerido para digestión del Lodo

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163)

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

$$V_{LE} = \frac{934,21 \text{ kg}/\text{L} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 37,37 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área del lecho de secado, A_{LS} :

- La profundidad del lecho que va depositarse en el lecho de secado es de 0,20 a 0,80 m según OPS/CEPIS 05,163.

- Para nuestro cálculo tomaremos como base los valores mencionados, entonces la profundidad es de 0,80

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Ecuación 102

Datos:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3); 37,37 m^3

H_d : Profundidad de aplicación (m); 0,80 m

$$A_{LS} = \frac{37,37 \text{ m}^3}{0,80 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 46,71 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la longitud del lecho de secado, L_{LS} :

- El ancho del lecho de secado según mencionado por el OPS/CEPIS/05.163 puede estar entre 3 a 6 m por tanto, para nuestro cálculo tomaremos el valor de 6 m de ancho.

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ecuación 103

Datos:

A_{LS} : Área del lecho de secado (m^2); 46,71 m^2

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); 6 m

$$L_{LS} = \frac{46,71 \text{ m}^2}{6 \text{ m}}$$

$$L_{LS} = 7,79 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen del tanque para lodos, V_{TL} :

$$V_{TL} = L_{LS} * b_{LS} * H_s$$

Ecuación 104

Datos:

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m); 7,79 m

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); 6 m

H_S : Profundidad de aplicación (m); 0,80 m

$$V_{TL} = 7,79 \text{ m} * 6 \text{ m} * 0,80 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 37,39 \text{ m}^3$$

- Intervalo de tiempo para desalojar el lodo, T_{DL} :

$$T_{DL} = \frac{V_{TL}}{Q_P}$$

Ecuación 105

Datos:

V_{TL} : Volumen del tanque (m^3); 37,39 m^3

Q_P : Caudal punta (m^3/s); 0,021 m^3/s

$$T_{DL} = \frac{37,39 \text{ m}^3}{0,021 \text{ m}^3/s}$$

$$T_{DL} = 1780,48 \text{ s} = 0,49 \text{ h}$$

3.4 Resultados

3.4.1 Caracterización físico química y microbiológica, e identificación de los parámetros fuera de los límites de descarga en la norma TULSMA

Tabla 19-3 Caracterización inicial del agua residual de la Parroquia La Unión cantón Quinindé

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA A CUERPO RECEPTOR				
PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	LAB. AGUAS ESPOCH	LAB. SERVICIOS AMBIENTALES UNACH
		Lim. Max. Perm.	09-02-17	09-Febrero-17
pH	[H ⁺]	6,9	6,9	6,93
Conductividad	uS/cm	-----	1060	1035
*Aceites y grasas	mg/l	30,0	.....	82
*Tensoactivos	mg/l	0,5	.....	29,2
Color	Upt - co	Inapreciable en dilución: 1/20	1300	1305
Turbiedad	FTU - NTU	-----	287	117
*Sólidos Suspendidos	mg/l	130	*570	*197
*DQO	mg/l	200	*728	*650
*DBO5	mg O2/l	100	*516	*282
Fosfatos	mg/l	10,0	5,75	5,75
Sulfatos	mg/l	1000	70	71
Nitrógeno Total	mg/l	50,0	4,48	4,48
Temperatura	°C	Condición natural ±3	19,9	19,9
*Coliformes Fecales	UFC/100 ml	10000	-----	*4000

Fuente: Laboratorio de Aguas – ESPOCH, (*) Parámetros fuera de norma

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

3.4.2 Variables de proceso para el diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas para La parroquia La Unión cantón Quinindé

Tabla 20-3 Variables de proceso

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Población futura	P_f	hab	31861
Caudal punta	Q	m^3/s	0,02252
Concentración de floculante	C_{PAC}	g/l	0,2

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

3.4.3 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales

a. Canal de Captación

Tabla 21-3 Dimensionamiento del Canal de Captación

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del canal	h	m	0,75
Ancho del canal	b	m	0,50
Radio Hidráulico	R_H	m	0,1875
Pendiente	S	%	5
Velocidad de flujo	v	m/s	0,5635
Área del canal de captación	A	m^2	0,375
Altura máxima del agua	h_{max}	m	0,4330

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

b. Diseño de rejillas

Tabla 22-3 Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Número de barras	N_B	Unidades	16
Ancho del canal	b	m	0,50
Espesor de barra	e	mm	10
Separación entre barras	S_p	mm	20
Longitud de las barras	L_B	m	0,67
Nivel máximo de agua en la rejilla	N_{\max}	m	0,08
Ángulo de inclinación	θ	grados	45
Longitud sumergida	L_{SR}	m	0,11
Perdida de carga en la rejilla	h_{PR}	adimensional	0,0067

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

c. Diseño de un desarenador convencional

Tabla 23-3 Dimensionamiento de un desarenador convencional

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Altura	H_D	m	1,75
Volumen del tanque	V_D	m ³	12,97
Área superficial	A_D	m ²	7,41
Ancho del desarenador	b_D	m	1,36
Longitud	L_D	m	5,44
Tirante de agua sobre el vertedero	H_{tv}	m	0,04
Ancho de la cresta	X_c	m	0,29
Longitud de la cresta	L_c	m	0,39
Pantalla de salida			
Profundidad	P_{ps}	m	0,875
Distancia al vertedero de salida	D_V	m	0,6
Pantalla de entrada			
Profundidad	P_{pe}	m	0,875
Distancia de la cámara de aquietamiento o de control	D_{ca}	m	1,36
Zona de lodos			
Distancia hacia la de aquietamiento o de control	D_{ha}	m	1,81
Distancia hacia el vertedero	D_{hv}	m	3,63
Pendientes			
Profundidad máxima	P_{max}	m	1
Profundidad mínima	P_{min}	m	0,50
Pendiente transversal	S_t	%	36,76
Pendiente longitudinal ($L_D/3$)	S_l	%	27,62
Pendiente longitudinal $2L_D/3$	S_{ld}	%	13,77
Cámara de aquietamiento o de control			
Profundidad de la cámara	P_{ca}	m	0,58
Ancho de la cámara	b_{ca}	m	0,45

Realizado por: Hernán Bósquez 2017

d. Diseño de un tanque mezclador

Tabla 24-3 Dimensionamiento del mezclador rápido mecánico de turbina

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de punta	Q	m^3/s	0,0214
Alto de paleta	W	m	0,73
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	h	m	2,91
Anchura de los deflectores	W_d	m	0,30
Anchura de las paletas del impulsor	q	m	0,58
Diámetro de la cámara de mezcla	DT	m	5,81
Diámetro del disco central	S	m	1,45
Diámetro de la turbina	D	m	2,91
Longitud de la paleta	B	m	0,73
Potencia aplicada al agua residual	P	$Watt$	84898,08
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	2,91
Velocidad de rotación	N	rpm	24,06
Volumen del tanque	V_{tanque}	m^3	77,04
Dosificación de coagulantes-floculantes			
Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC)	P_{PAC}	$kg/día$	382,33

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

e. Sedimentador

Tabla 25-3 Dimensionamiento de un sedimentador

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Caudal de punta	Q	m^3/s	0,01926
Altura	H_s	m	2,5
Área	A_s	m^2	28,70
Angulo de inclinación	θ	<i>grados</i>	60
Velocidad de promedio de flujo entre placas inclinadas	v_0	cm/s	0,083
Longitud recorrida a través de la placa	l	m	1,0
Longitud relativa	L_r	m	20
Numero de Reynolds	Re	-----	41,38
Longitud de transición	L'	m	0,54
Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición	L_{cr}	m	19,46
Velocidad del sedimentación crítica	v_{sc}	cm/s	0,0068
Tiempo de retención en las placas	t_{rp}	<i>min</i>	20,08
Tiempo de retención en el tanque sedimentador	t_{rh}	<i>min</i>	49,67
Ancho del sedimentador	a	m	3,79
Longitud del sedimentador	l	m	7,58
Espesor entre placas	e_p	m	0,01
Número de placas por modulo	N_p	-----	103
Volumen del sedimentador	V	m^3	71,82

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

f. Diseño de un filtro con medios granulares

Tabla 26-3 Dimensionamiento del sistema de filtración

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de punta	Q	m^3/s	0,01830
Número de filtros	n	<i>unidades</i>	2
Caudal de diseño de filtración	Q_f	m^3/dia	790,56
Área de filtración	A_f	m^2	87,84
Coefficiente de costo mínimo	k_c	-----	1,33
Ancho del filtro	a_f	m	8,13
Largo del filtro	L_F	m	10,81
Espesor de capa de zeolita	e_z	m	0,40
Espesor de capa de arena	e_a	m	0,25
Espesor de capa de grava	e_g	m	0,15
Altura del lecho filtrante	HLF	m	0,80
Altura del filtro	Z_f	m	3,03
Volumen del filtro	V_f	m^3	266,29
Determinación del sistema de drenaje			
Área de cada orificio	A_0	m^2	$1,26 \times 10^{-5}$
Caudal que ingresa a cada orificio	Q_o	m^3/s	$3,77 \times 10^{-6}$
Número de laterales	N_l	.....	14
Diámetro de entrada al filtro	D_t	m	0,076
Diámetro de salida del filtro	D_{ts}	m	0,013

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

g. Diseño de un lecho de secado

Tabla 27-3 Dimensionamiento del lecho de secado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A_{LS}	m^2	46,71
Longitud	L_{LS}	m	7,79
Volumen del tanque	V_{TL}	m^3	37,39
Profundidad	H_s	m	0,80
Ancho	b_{LS}	m	6
Tiempo para desalojar el lodo	T_{DL}	h	0,49

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.4.4 Resultado de las aguas tratadas

Tabla 28-3 Resultado de las pruebas de Tratabilidad

Muestras compuesta de agua residual vs. Agua tratada con					
PARÁMETRO	UNIDAD	Norma TULSMA Lim. Max. Perm. Tabla10	MUESTRA SIN TRATAR	MUESTRA TRATADA PAC	MUESTRA TRATADA PAC + FILTRACIÓN(ARENA , GRAVA Y ZEOLITA)
pH	$[H^+]$	6-9	7,60	7,85	7,65
Conductividad	uS/cm	---	1060	580	160
Turbiedad	NTU	---	287	5,1	0,47
Sólidos suspendidos	mg/l	130	197	160	5
DQO	mg/l	200	650	78	60
DBO ₅	Mg O ₂ /l	100	282	36	30
Fosfatos	mg/l	10,0	5,75	5,75	5,75
Sulfatos	mg/l	1000	71	35	35
Tensoactivos	mg/l	0,5	29,2	1,93	0,47
Nitrogeno total Kjedahl	mg/l	50	4,48	2,80	2,65
Coliformes fecales	NMP/100 ml	10000	4000	.....	.....

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de aguas - ESPOCH

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.5 Proceso de producción

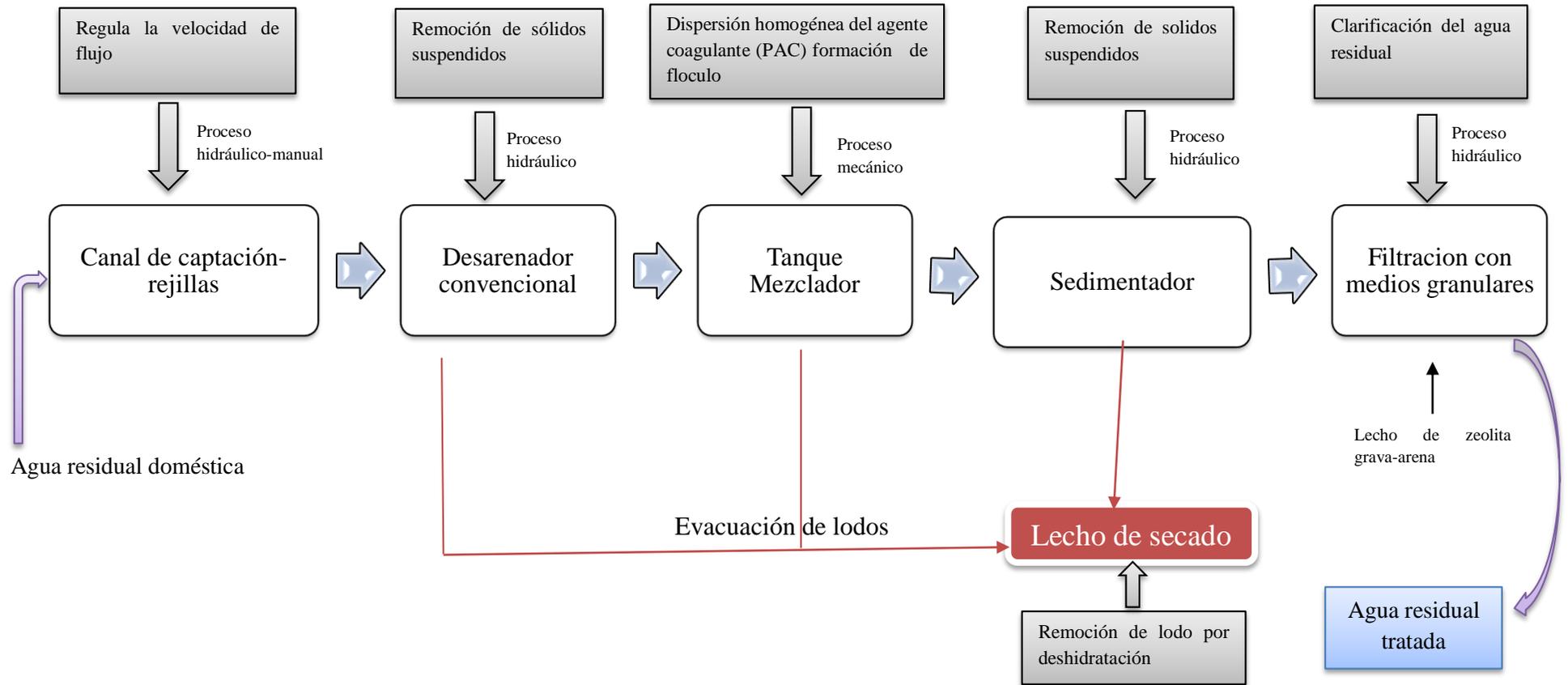


Figura 11-3. Sistema de Tratamiento

Realizado por. Hernán Bósquez, 2017

3.6 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

3.6.1 Requerimientos de tecnología para la caracterización de las aguas residuales domesticas

Para la implementación de la planta de tratamiento de agua residuales domesticas se las efectúa con el nivel de contaminantes de agua realizando un estudio a nivel de laboratorio con el uso de reactivos y equipos para determinar los catamienos o parámetros fuera de lo establecido por la norma TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente), Libro VI, Anexo I. Recurso Agua

3.6.2 Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales

Tabla 29-3 Equipos de muestreo y recolección de información

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none">• Recipientes de vidrio.• Borosilicato para caracterizaciones físico - químico.• Bolsas estériles Whirl - Pak para caracterizaciones bacteriológicas.	<ul style="list-style-type: none">• Recolección de 3 muestras en un intervalo de tiempo de 10 minutos para luego hacer una muestra compuesta, la toma de muestras es en las horas pico

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Los materiales y equipos utilizados en la determinación del caudal se detallan a continuación:

Tabla 30-3 Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
Balde graduado de 20 litros Cuaderno Esferográfico	Cronómetro Cámara fotográfica

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.6.3 Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico y microbiológico del agua residual

Tabla 31-3 Materiales, equipos y reactivos para pruebas de coagulación, floculación y sedimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
Balones de aforación	Balanza analítica	Agua destilada
Espátulas	Cronometro	Alcohol antiséptico 70°
Guantes	Test de jarras	Poli cloruro de aluminio (PAC)
Jeringuillas	Destilador de agua	
Mandil		
Mascarillas		
Paños para limpieza		
Pizeta		
Vasos de precipitación		

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de aguas - ESPOCH

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.7 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

3.7.1 Costo operacional con respecto a las pruebas de tratabilidad

Tabla 32-3 Determinación de los costos de dosificación

Detalle	Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo por unidad \$	Costo por día \$
Policloruro de aluminio PAC	382,33	1	0,52	198,82
			TOTAL	198,82

Fuente: <https://www.quiminet.com/productos/policloruro-de-aluminio-1005158244/precios.htm>

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Tabla 33-3 Costo de medio Granulares.

Medio granular	Cantidad (Kg)	Costo \$
Zeolita	50	15,20
Arena	50	8,85
Grava	50	1,25

Fuente: Mercado libre Ecuador.

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.7.2 Porcentaje de remoción

$$x = \frac{C_o - C}{C_o} * 100$$

Ecuación 106

Dónde:

C_o = Cargas contaminantes de entrada

C = Cargas contaminantes de salida

– Turbiedad

$$x = \frac{287 - 0,47}{287} * 100$$

$$x = 99,84 \%$$

– Conductividad

$$x = \frac{1060 - 160}{1060} * 100$$

$$x = 84,80 \%$$

– Nitrógeno total

$$x = \frac{448 - 265}{448} * 100$$

$$x = 40,85 \%$$

- Demanda bioquímica de oxígeno

$$x = \frac{282 - 36}{282} * 100$$

$$x = 87,23 \%$$

- Demanda química de oxígeno

$$x = \frac{650 - 60}{650} * 100$$

$$x = 90,77 \%$$

- Coliformes fecales

$$x = \frac{4000 - 1}{4000} * 100$$

$$x = 99,98\%$$

- Tensoactivos

$$x = \frac{29,2 - 0,47}{29,2} * 100$$

$$x = 98,39\%$$

Tabla 34-3 Determinación del % remoción

Parámetro	Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Unidad	% Remoción
Turbiedad	287	0,47	UNT	99,84
Conductividad	1060	160	mg/L	84,80
Nitrógeno Total	448	265	mg/L	40,85
DBO	282	36	mg/L	87,23
DQO	650	60	mg/L	90,77
Coliformes fecales	4000	1	NMP/100ml	99,98
Tensoactivos	29,2	0,47	mg/L	98,39

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

3.7.3 Costo de implementación de planta

Tabla 35-3 Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1.	CANAL DE CAPTACIÓN				
1.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	1.00	0.67	0.67
1.2	Excavación estructuras manual	m3	0.75	5.64	4.23
1.3	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	0.05	122.16	6.11
1.4	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	4.75	12.56	59.66
1.5	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof e=10cm	m3	0.48	197.18	94.65
			SUBTOTAL 1:		165.32
2.	REJILLA DE DESBASTE				
2.1	Construcción e Instalación de rejilla de finos acero inoxidable varilla d=10mm 0.50*0.67cm e=2cm separación	u	1.00	145.20	145.20
			SUBTOTAL 2:		145.20
3.	DESARENADOR CONVENCIONAL				
3.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	7.50	0.67	5.03
3.2	Excavación a máquina	m3	13.01	2.92	37,99
3.3	Excavación estructuras manual	m3	3.30	5.64	18.61
3.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	7.50	4.48	33.60
3.5	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	1.97	122.16	240.66

3.6	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	38.3	12.56	481.05
3.7	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof e=15cm	m3	16.3	197.18	3,214.03
3.8	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.70x0.70m incl. Candado	u	2.00	116.62	233.24
3.9	Desalojo de material a maquina	m3	13.01	2.89	37.60
3.10	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	4.00	20.76	83.04
3.11	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2.00	379.37	758.74
			SUBTOTAL 3:		5,143.59
4.	TANQUE MEZCLADOR				
4.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	26.42	0.67	17.70
4.2	Excavación a máquina	m3	76.88	2.92	224.49
4.3	Excavación estructuras manual	m3	5.50	5.64	31.02
4.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	26.42	4.48	118.36
4.5	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	1.31	122.16	160.03
4.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	9.11	16.00	145.76
4.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO	m2	52.92	12.56	664.68
4.8	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof	m3	7.93	197.18	1,563.64
4.9	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	24.00	20.76	498.24
4.10	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	3.00	379.37	1,138.11
4.11	Componentes de tanque mezclador	glob	1.00	7,435.45	7,435.45
4.12	Desalojo de material a maquina	m3	76.88	2.89	222.18
			SUBTOTAL 5:		12,219.66
5.	SEDIMENTADOR				
5.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	25.70	0.67	17.22
5.2	Excavación a máquina	m3	74.53	2.92	217.63
5.3	Excavación estructuras manual	m3	2.30	5.64	12.97
5.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	25.70	4.48	115.14
5.5	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	1.28	122.16	156.36
5.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	21.54	16.00	344.64
5.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO PISO	m2	60.34	12.56	757.87
5.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO PAREDES	m2	134.21	12.56	1,685.68

5.9	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO LOSA	m2	30.17	12.56	378.94
5.10	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PISO)	m3	3.82	197.18	753.23
5.11	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PAREDES)	m3	3.23	197.18	636.89
5.12	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (LOSA)	m3	3.85	197.18	759.14
5.13	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.70x0.70m incl. Candado	u	2.57	116.62	299.71
5.14	Desalojo de material a maquina	m3	74.53	2.89	215.39
5.15	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	24.00	20.76	498.24
5.16	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	4.00	379.37	1,517.48
5.17	Te PVC E/C 160 mm presión	u	1.00	66.57	66.57
5.18	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2.00	44.85	89.70
			SUBTOTAL		8,522.80
			6:		
6.	FILTRO UNO CON MEDIOS GRANULARES				
6.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	93.65	0.67	62.75
6.2	Excavación a máquina	m3	321.24	2.92	938.02
6.3	Excavación estructuras manual	m3	12.00	5.64	67.68
6.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	93.65	4.48	419.55
6.5	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	4.68	122.16	571.71
6.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	39.08	16.00	625.28
6.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PISO)	m2	203.26	12.56	2,552.95
6.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PAREDES)	m2	268.08	12.56	3,367.08
6.9	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PISO)	m3	13.97	197.18	2,754.60
6.10	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PAREDES)	m3	17.76	197.18	3,501.92
6.11	Desalojo de material a maquina	m3	321.24	2.89	928.38
6.12	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	60.00	20.76	1,245.60
6.13	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2.00	343.07	686.14
6.14	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2.00	44.85	89.70
6.15	Capa de zeolita	m3	37.46	25.70	962.72
6.16	Capa de arena	m3	23.41	13.60	318.38

6.17	Capa de grava	m3	14.04	15.42	216.50
			SUBTOTAL		19,308.96
			7:		
7.	FILTRO DOS CON MEDIOS GRANULARES				
7.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	93.65	0.67	62.75
7.2	Excavación a máquina de (250*2.00*0.70)m	m3	321.24	2.92	938.02
7.3	Excavación estructuras manual	m3	12.00	5.64	67.68
7.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	93.65	4.48	419.55
7.5	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	4.68	122.16	571.71
7.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	39.08	16.00	625.28
7.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PISO)	m2	203.26	12.56	2,552.95
7.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PAREDES)	m2	268.08	12.56	3,367.08
7.9	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PISO)	m3	13.97	197.18	2,754.60
7.10	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PAREDES)	m3	17.76	197.18	3,501.92
7.11	Desalojo de material a maquina	m3	321.24	2.89	928.38
7.12	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	60.00	20.76	1,245.60
7.13	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2.00	343.07	686,14
7.14	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2.00	44.85	89.70
7.15	Capa de zeolita	m3	37.46	25.70	962.72
7.16	Capa de arena	m3	23.41	13.60	318.38
7.17	Capa de grava	m3	14.04	15.42	216.50
			SUBTOTAL		19,308.96
			8:		
8.	LECHO DE SECADO				
8.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	50.96	0.67	34.14
8.2	Excavación a máquina	m3	61.16	2.92	178.59
8.3	Excavación estructuras manual	m3	12.00	5.64	67.68
8.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	50.96	4.48	228.30
8.5	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	2.54	122.16	310.29
8.6	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PISO)	m2	113.76	12.56	1,428.83
8.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PAREDES)	m2	72.91	12.56	915.75

8.8	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PISO)	m3	7.64	197.18	1,506.46
8.9	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PAREDES)	m3	5.18	197.18	1,021.39
8.10	Desalojo de material a maquina	m3	61.16	2.89	176.75
			SUBTOTAL 9:		5,868.18
				SUBTOTAL:	62,200.75
				IVA 12%:	8,481.92
				TOTAL:	70,682.67

Fuente: Ing Tenemaza Luis.

Realizado por: Hernán Bósquez, 2017

Los precios de materiales de acuerdo a la cámara de construcción de Quito, mano de obra contraloría general del estado 2017, dando un valor de setenta mil seiscientos ochenta y dos 67/100 Dólares en un plazo de 90 días

3.7.4 Análisis

Las aguas residuales producidas por la parroquia La Unión se descarga directamente al río colorado aldeaño a la población a través del alcantarillado, siendo un problema que debe ser atendido por la contaminación que provoca por lo cual se procedió con la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual proveniente de la parroquia La Unión, cantón Quinindé nos da los siguientes parámetros fuera de norma: Aceites y grasa 82 mg/L, Tensoactivos 29,2 mg/l, Sólidos Suspendidos 197 mg/L, DQO 650 mg/L, DBO5 282 mgO₂/L, de acuerdo a lo establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI Anexo I, Tabla 10.

Los parámetros fuera de norma mediante la tratabilidad en el laboratorio fueron tratados con métodos físico-químicos a nivel de laboratorio con coagulantes y medios filtrantes granulares con zeolita, arena y grava.

La concentración de PAC óptima para tratar agua residual es de 382,33 kg/día, y con medio filtrante compuesto por zeolita, arena y grava para mejorar la calidad de agua que va ser vertido en el río colorado, por la constante actividad agrícola y ganadera en sector.

Los parámetro que están dentro dentro de los límites establecidos normas del TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 10: DBO5 36 mg/L, DQO 60 mg/L, Detergente 0,47 mg/L, Sólidos suspendidos 5 mg/L, Coliformes fecales 1 NMP/100ml todos ellos están dentro de

Con el tratamiento realizado se pudo obtener valores permitidos por la norma TULSMA Y pudiendo obtener los porcentaje de remoción de los parámetros fuera de norma identificados mediante la caracterización, los valores de porcentaje de remoción son: para turbiedad 99,84%, conductividad 84,80%, nitrógeno total 40,85%, coliformes fecales y totales son el 99,98%, DBO 87,23 % , DQO 90,77% y tensoactivo 98,39% (Observar Tabla 46-3) todos ellos están dentro de los límites establecidos por la Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 10 (TULSMA).

El costo estimado para la implementación y ejecución del proyecto es de 70,682.67 dólares que incluye todas las infraestructuras ingeniería civil para la construcción de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales, y un costo de 198,82 dólares diarios en productos químicos.

CONCLUSIONES

- La caracterización físico-química y microbiológica del agua residual proveniente de la parroquia La Unión, cantón Quinindé con un cronograma de muestreo simples y compuestas, nos da los siguientes los parámetros fuera de norma: Aceites y grasa, tensoactivos, Sólidos Suspendidos, DQO, DBO5, estos fueron tratados hasta cumplir lo establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI Anexo I, Tabla 10.
- Las variables de proceso apropiadas para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales son: Se considera la población futura estimada 31861 habitantes, el caudal punta $0,02252 \text{ m}^3/\text{s}$ y la Concentración de floculante que se va ocupar 0,2 g/l.
- Las pruebas de tratabilidad realizadas en el laboratorio nos permite determinar que la dosis óptima de floculante para nuestro sistema de tratamiento es de 0,2 g/l pero necesitamos de un medio filtrante de zeolita para disminuir tensoactivos para que estén dentro de la norma TULSMA.
- El sistema de tratamiento a través de los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento en función de las necesidades y pruebas realizadas a nivel de laboratorio de las aguas residuales sigue una línea de proceso: Canal de captación, rejillas, desarenador convencional, tanque de mezcla, sedimentador, filtro con medios granulares y lecho de secado.
- La validación del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales nos da como resultados parámetros que están ya dentro de los límites establecidos normas del TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 10: DBO5 , DQO, Tensoactivo, Sólidos suspendidos, Coliformes que se los podemos apreciar en la tabla 3-28
- Se estimó los costos de implementación y ejecución del proyecto de la Planta de Tratamiento de aguas residuales donde el valor estimado para la realización de la planta, como los costos para los productos químicos necesarios por día en el sistema de tratamiento de agua residual, está dentro de los presupuestos establecidos por el municipio para el proyecto.

RECOMENDACIONES

- Deben realizarse análisis de caracterización del agua residual luego de la implementación de la planta de forma constante para hacer un seguimiento de que los parámetros: Aceites y grasa, tensoactivos, Sólidos Suspendidos, DQO, DBO5, que estén dentro de las normas (TULSMA) en un laboratorio certificado.
- Realizar un monitoreo al caudal para evitar desbordamientos en épocas invernales, o el sobredimensionamiento.
- Luego de la implementación de la planta los lodos generados en el tanque deben ser evacuados para evitar así interferencias en el tratamiento y posteriormente para su análisis de lodos (CREBIT) basados en la Norma, Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento (RPAMAR).
- Considerar en un futuro un dimensionamiento e implementación de un tanque de desinfección.
- Las operaciones de cada uno de los equipos implementados deberán ser operados bajo manuales de operación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARELLANO, Alfonso.** Tratamiento de Aguas Residuales. 2ª ed., Riobamba – Ecuador., 2009., pp. 2 – 29.
2. **CABANILLA, Frank.** *Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos* [en línea]. [Consulta: 28 abril 2017]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/medicion-de-fluidos-en-canales-abiertos-con-vertederos-corregidodocx.html>
3. **CERRO, C, Migueli.** *Composición cualitativa de las aguas residuales* [en línea] [Consulta: 28 abril 2017]. Disponible en: <http://www.olivacordobesa.es/COMPOSICON%20CUALITATIVA%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf>
4. **CISTERNA, O, Pedro & PEÑA, Daisy.** *Determinación de la relación de DBO/DQO en aguas residuales de comunas con poblaciones menores a 25000 habitantes en la VIII región.* [en línea]. Universidad Tec. Fed. Sta. María & Essbio S.A [Consulta: 20 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>
5. **CRITES, Ron & TCHOBANOIOUS, George. 2000.** *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados.* Santa Fé de Bogotá : McGraw-Hill, 2000. pp. 246
6. **ENOHSA.** *Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento: “Tratamiento preliminar”.* Capitulo III. [En línea]. [Consulta: 12 abril 2017]. Disponible en: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf>
7. **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA LA UNIÓN DEL CANTÓN QUININDÉ.** [Consulta: 12 de agosto 2017.] Disponible en : <http://www.gadlaunionq.gob.ec/web/>
8. **LESLY DA CÁMARA.** Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales 2014. [Consulta: 12 de agosto 2017.] Disponible en: <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Mandisplatraaguresaliar.pdf>
9. **METCALF Y EDDY, Inc.,** Ingeniería de Agua Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización., 3ª ed., Madrid – España., McGraw-Hill., 1995., pp. 41 – 60, 95 – 102.

10. **MUÑOS, R, Jorge.** *Purificación del agua* [en línea]. 2013 [Consulta: 20 mayo 2017]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/91532895/PURIFICACION-DEL-AGUA>.
11. **NATHAN EDMAN.** *Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales* 2017. [Consulta: 12 de agosto 2017.] Disponible en : <https://www.standardmethods.org/>
12. **NTE INEN 2 169:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*
13. **NTE INEN 2 176:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.*
14. **RAS,** *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales. Sitio web de “Ministerio de Desarrollo Económico”.* [En línea] Noviembre de 2000. [Consulta: 12 de octubre 2017.] Disponible en: http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
15. **RESELLDAVIDL,** *Tratamiento de Aguas Residuales., Barcelona – España. Reverte S.A. 2012.*
16. **ROJAS, R.** *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.163 -OMS. Curso internacional: “Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales”.* Lima-Perú, 2005. pp. 19-20.
17. **SPARROW, E.** *El Desarenador* (tesis de grado). Universidad Nacional la Santa, Facultad de Ciencias, Escuela Académica Profesional, Ingeniería Civil. Nuevo Chimbote Perú. 2008
18. **SPELLMAN, Frank & DRINAN, J.** *Manual del Agua Potable.* Zaragoza -España. Acribia. 2004, pp. 227 – 228
19. **TALERO, DANIELA SANCHEZ.** *Teorías de tratamiento de aguas* 2013. [Consulta: 12 de agosto 2017.] Disponible en: <https://prezi.com/a0jfrvtqohl9/test-de-jarras-floculacion-y-coagulacion/>
20. **TINA REUTELSHOFER, LUIS GUZMAN.** *Guía para la toma de muestras de agua residual* 2015. [Consulta: 12 de agosto 2017.] Disponible en : https://periagua.webmo.info/img_auth.php/7/7f/Guia_para_la_toma_de_muestra_de_agua_residual.pdf

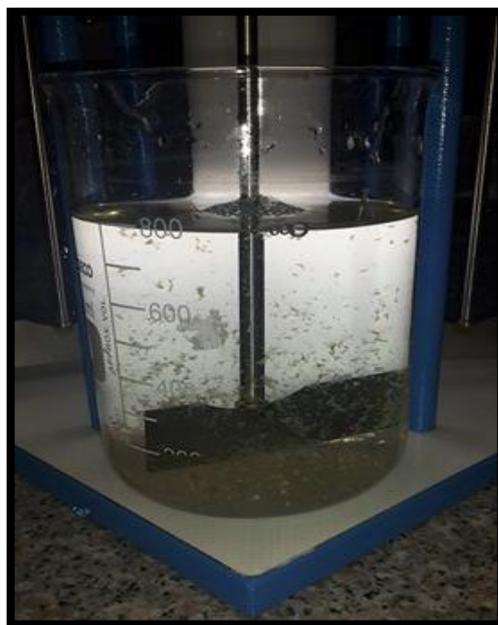
- 21. TULSMA.** *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I*
- 22. VALENCIA. L, Adriana. E.** *Diseño de una Planta de Tratamiento para las Aguas Residuales de la Cabeceras parroquia San Luis-Provincia de Chimborazo* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Biotecnología Ambiental. 2013. pp. 15-29.
- 23. WEST VIRGINIA UNIVERSITY** *Filtración con zeolita* [En línea]. 2011 [Consulta: 26 mayo 2017.] Disponible en:
http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf

ANEXOS

Anexo A. Lugar de investigación y toma de muestra



Anexo B. Método de test de Jarra



Anexo C. Proceso de Filtración con zeolita



Anexo D. Caracterización inicial del agua residual.

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 05 de febrero al 3 de marzo 2017

Análisis solicitado por: Sr. Hernán Alexander Bósquez Sánchez

Tipo de muestras: Aguas residuales domésticas crudas

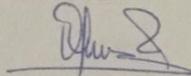
Localidad: Parroquia La Unión Cantón Quinindé Provincia de Esmeraldas

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Valores referenciales (TULSMA TABLA10)	Resultados Febrero-2017		
			D1 (05)	D2 (07)	D3 (09)
pH	Und.	6-9	8,01	7,02	7,60
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	19,9	19,9	19,9
Turbiedad	UNT	—	142	243	287
Conductividad	μ Siems/cm	—	1050	870	1060
Fosfatos	mg/L	10	5	4,80	5,75
Sulfatos	mg/L	1000	68	65	70
Nitrógeno Total Kendal	mg/L	50.0	4	4,5	4,48
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	528	620	728
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	100	508	484	516
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	550	449	570
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	10000	18000	19300	28300

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Observaciones:
Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Hernán Bosquez **INFORME N°** 023- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 023-17
DIRECCIÓN: Av. Canónigo Ramos y 11 de Noviembre **FECHA DE RECEPCIÓN:** 17 - 02 - 17
FECHA DE INFORME: 24 - 02 - 17
TELÉFONO: 0804038065 **TIPO DE MUESTRA:**
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia La Unión **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 052-17 La Unión Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 052-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	6.93	+/- 0.08	17 - 02 - 17
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	1035	+/- 8 %	17 - 02 - 17
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	82	N/A	17 - 02 - 17
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	29,2	N/A	17 - 02 - 17
* Color	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	1305	N/A	17 - 02 - 17
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	117	N/A	17 - 02 - 17
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	197	N/A	17 - 02 - 17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	650	+/- 10 %	17 - 02 - 17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	282	N/A	17 - 02 - 17
* Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	5.75	N/A	17 - 02 - 17
* Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	71	N/A	17 - 02 - 17
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	4.48	N/A	17 - 02 - 17
* Temperatura	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19.9	N/A	17 - 02 - 17
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	4000	N/A	17 - 02 - 17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Anexo E. Características finales del agua tratada

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 05 de febrero al 3 de marzo 2017

Análisis solicitado por: Sr. Hernán Alexander Bósquez Sánchez

Tipo de muestras: Aguas residuales domésticas tratadas.

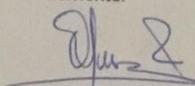
Localidad: Parroquia La Unión Cantón Quinindé Provincia de Esmeraldas

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Valores referenciales (TULSMA TABLA10)	Muestra tratada (PAC)	Muestra tratada (PAC + FILTRACIÓN)
pH	Und.	6-9	7,85	7,02
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	19,9	19,9
Turbiedad	UNT	—	5,1	0,47
Conductividad	μ Siems/cm	—	580	160
Fosfatos	mg/L	10	5,75	5,75
Sulfatos	mg/L	1000	35	35
Nitrógeno Total Kendal	mg/L	50,0	2,80	2,65
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	78	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	100	36	30
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	160	5
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	10000	—	—

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Observaciones:
Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Hernán Bosquez **INFORME N°** 068-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 068-17
DIRECCIÓN: Av. Canónigo Ramos y 11 de Noviembre
FECHA DE RECEPCIÓN: 12-05-17
TELÉFONO: 0804038065 **FECHA DE INFORME:** 17-05-17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica tratada, Parroquia La Unión **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA-184-17 Policloruro de Aluminio, filtro de zeolita arena y grava Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

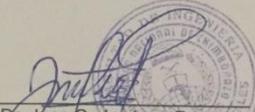
MA-184-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0,47	N/A	12-05-17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

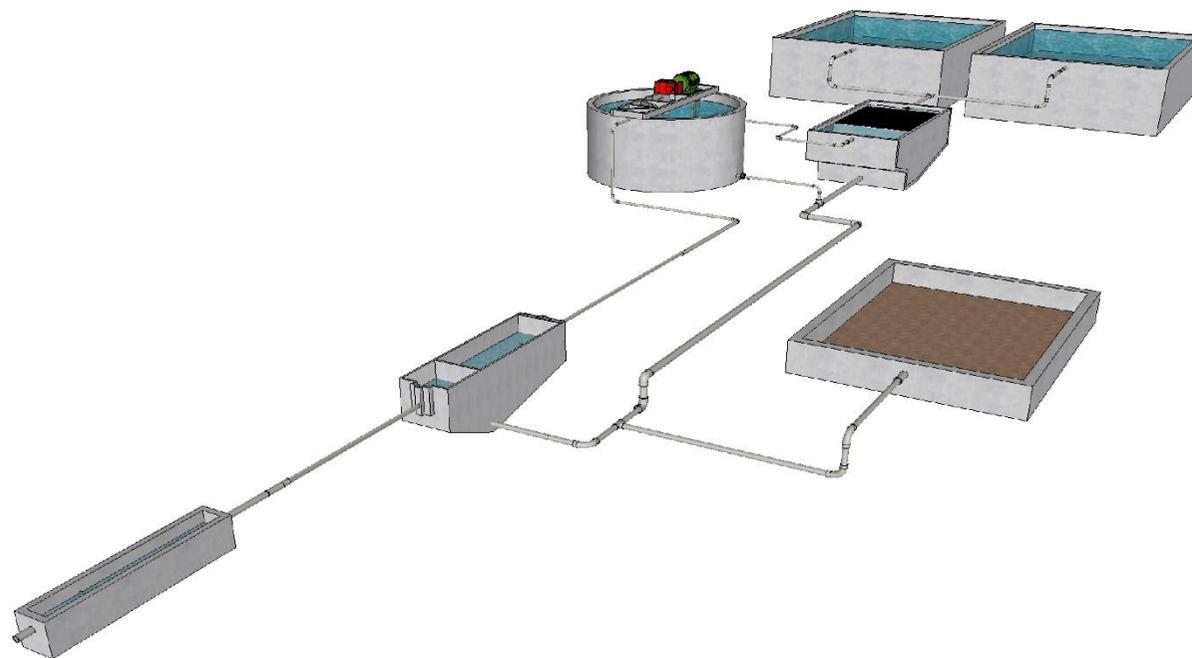
RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.

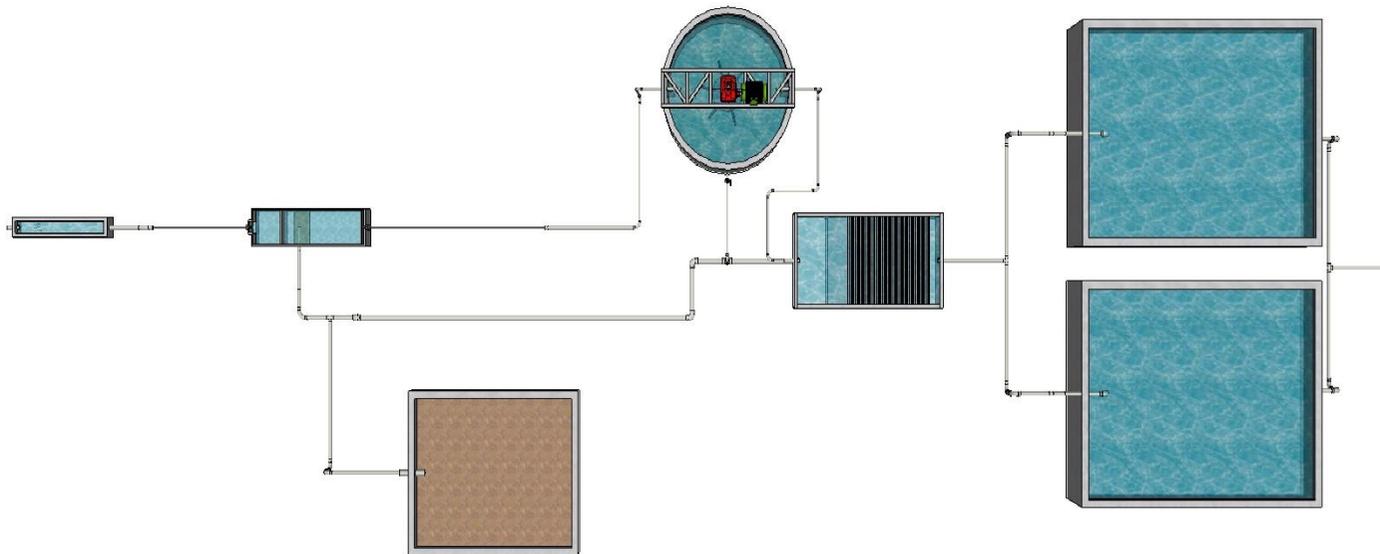

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

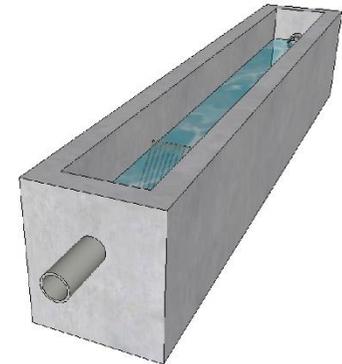
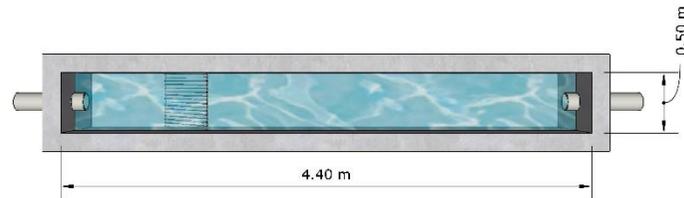
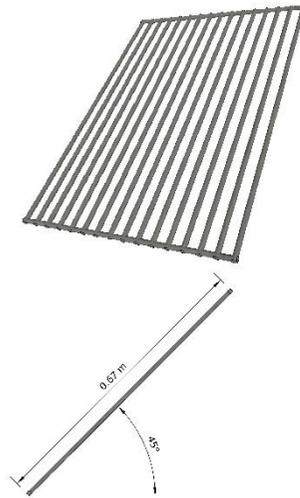
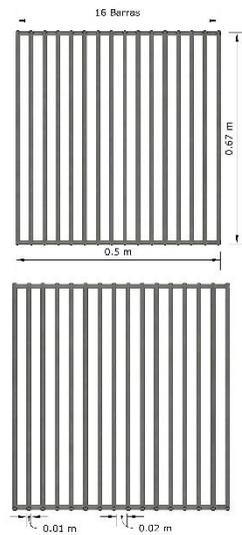
Anexo F. Planos del Sistema de Tratamiento



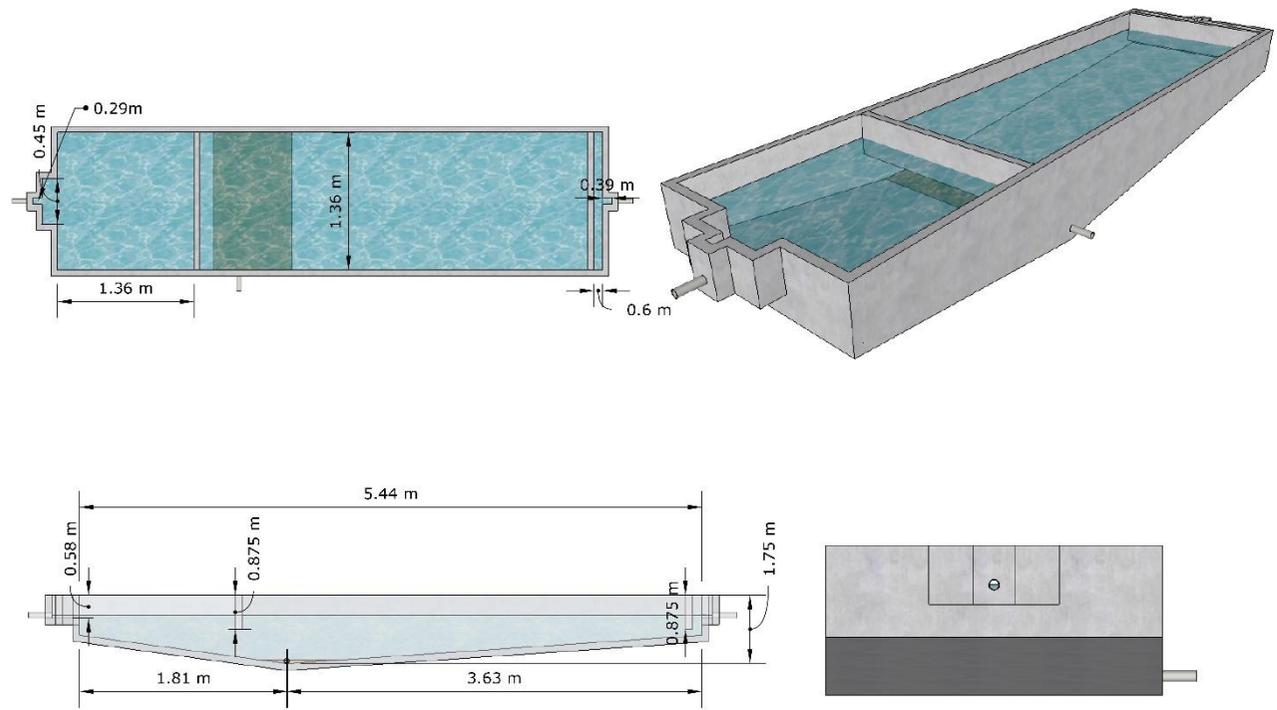
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS								
Etapas del sistema de tratamiento de aguas, vista frontal.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Lámina</td> <td style="text-align: center;">Escala</td> <td style="text-align: center;">Fecha</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1A</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">20/08/2017</td> </tr> </table>			Lámina	Escala	Fecha	1A	1:1	20/08/2017
	Lámina		Escala	Fecha							
	1A		1:1	20/08/2017							
<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Lámina</td> <td style="text-align: center;">Escala</td> <td style="text-align: center;">Fecha</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1A</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">20/08/2017</td> </tr> </table>	Lámina	Escala	Fecha	1A	1:1	20/08/2017				
Lámina	Escala	Fecha									
1A	1:1	20/08/2017									
<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Lámina</td> <td style="text-align: center;">Escala</td> <td style="text-align: center;">Fecha</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1A</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">20/08/2017</td> </tr> </table>	Lámina	Escala	Fecha	1A	1:1	20/08/2017				
Lámina	Escala	Fecha									
1A	1:1	20/08/2017									



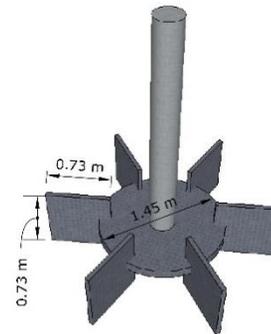
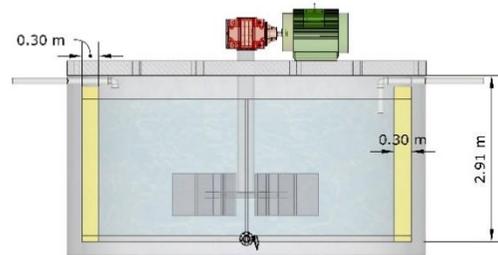
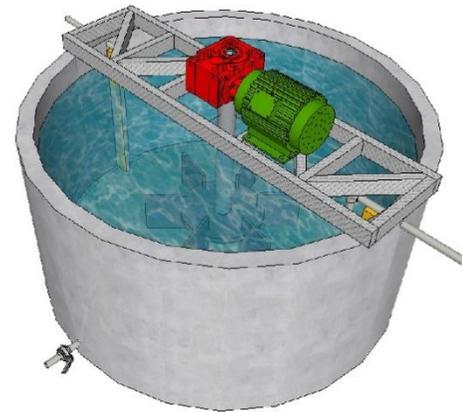
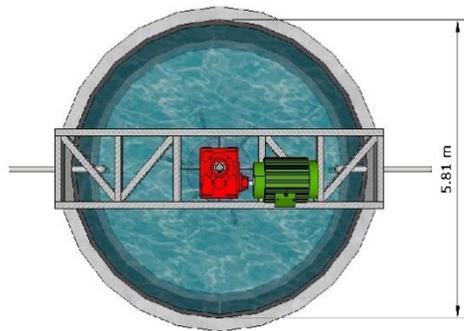
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS					
Etapas del sistema de tratamiento de aguas, vista lateral.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1624 1246 1776 1294">Lámina</th> <th data-bbox="1776 1246 1930 1294">Escala</th> <th data-bbox="1930 1246 2065 1294">Fecha</th> </tr> </thead> </table>			Lámina	Escala	Fecha
	Lámina		Escala	Fecha				
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1624 1294 1776 1342">2A</td> <td data-bbox="1776 1294 1930 1342">1:1</td> <td data-bbox="1930 1294 2065 1342">20/08/2017</td> </tr> </tbody> </table>			2A	1:1	20/08/2017
2A	1:1	20/08/2017						
<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información								



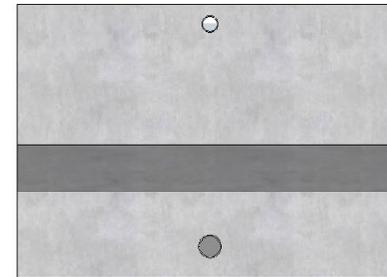
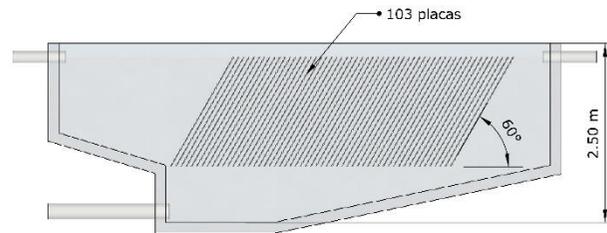
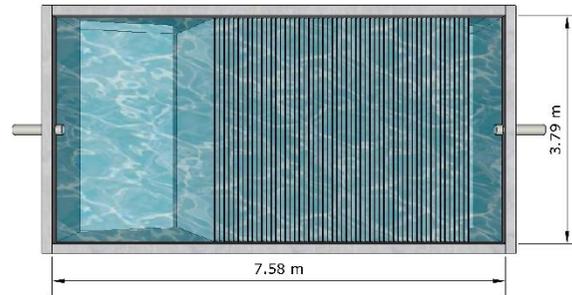
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REJILLAS Y CANAL DE CAPTACIÓN		
Dimensión de rejillas y canal de captación	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez	Lámina	Escala	Fecha
			3A	1:1	20/08/2017



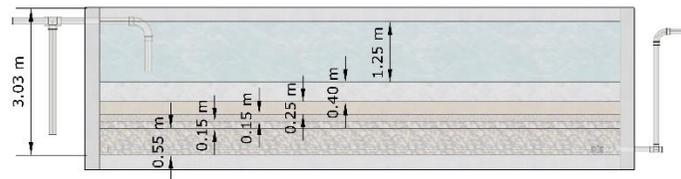
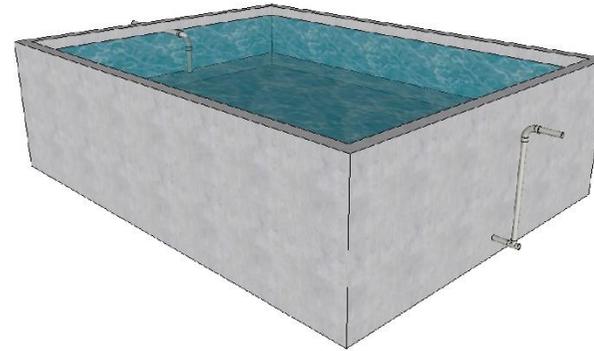
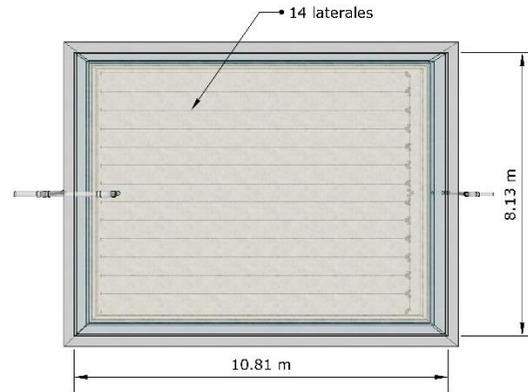
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DESARENADOR CONVENCIONAL		
Dimensiones del desarenador convencional	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		4A	1:1	20/08/2017



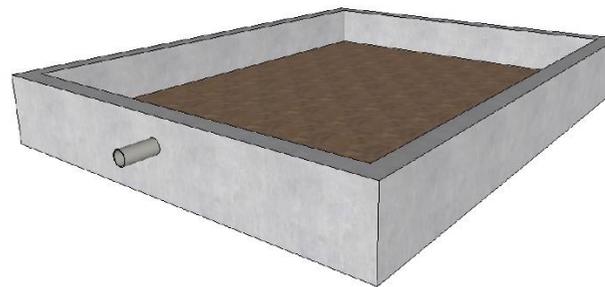
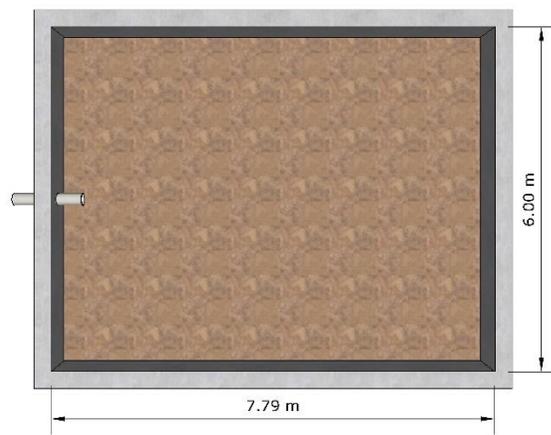
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	TANQUE MEZCLADOR		
Dimensiones de un tanque mezclador rápido de turbina.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		5A	1:1	20/08/2017



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR		
Dimensiones de un sedimentador	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		6A	1:1	20/08/2017



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FILTRO CON MEDIOS GRANULARES		
Dimensiones del sistema de filtración	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez			
			Lámina	Escala	Fecha
			7A	1:1	20/08/2017



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	LECHO DE SECADO		
Dimensiones del lecho de secado	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Hernán Bósquez	LECHO DE SECADO		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		8A	1:1	20/08/2017

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO

AGUA. LIBRO VI. ANEXO 1

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado 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	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	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	1,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos	TPH	mg/l	20,0
Totales de Petróleo			
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados 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		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO4=	mg/l	1000
Sulfitos	SO3	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	oC		< 35

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0