



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

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

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: DARWIN MANUEL CASTILLO HERRERA
TUTOR: ING. MARCO RAUL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2017

© 2017, Darwin Manuel Castillo Herrera

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 trabajo de titulación “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA LA CIUDAD DE QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS” de responsabilidad del Señor Darwin Manuel Castillo Herrera ha sido revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizado su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Marco Chuiza R.
DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Dr. Gerardo León
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Darwin Manuel Castillo Herrera, 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 06 de Julio de 2017

Darwin Manuel Castillo Herrera

Cédula de Identidad: 172391488-1

“Yo, Darwin Manuel Castillo Herrera, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Darwin Manuel Castillo Herrera

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a Dios y le doy gracias por la vida, por haberme ayudado a lo largo de toda mi vida estudiantil, se mi fuerza, mi horizonte y brújula en todo momento.

El presente trabajo va dedicado con inmensurable amor a mi familia, en especial a mis padres Pablo y María, mis hermanos Willan y Alexandra, quienes con su amor me han apoyado a lo largo de mi vida en cualquier circunstancia sin importar los errores que cometa siempre están ahí para mí; Gracias a su esfuerzo y lucha he logrado alcanzar mi meta para convertirme en una persona y un profesional de bien.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos y cada uno de los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Química por los conocimientos impartidos que me permitirán desenvolverme como un profesional competente.

Un agradecimiento muy especial a mi Director de Trabajo de Titulación Ing. Marco Chuiza quien bajo una acertada guía se logró el feliz término del presente trabajo.

De igual manera agradezco al Dr. Gerardo León quien supo orientarme e impartirme conocimientos que permitieron finalizar con éxito y calidad mi trabajo de grado.

Darwin

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
SUMARY	xvi
CAPITULO I.....	1
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 <i>Identificación del problema</i>	1
1.2 <i>Justificación del problema.....</i>	2
1.3 <i>Línea base del proyecto.....</i>	3
1.3.1 <i>Estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales</i>	3
1.3.2 <i>Métodos y Técnica.....</i>	3
1.3.3 <i>Método del muestro</i>	4
1.3.4 <i>Análisis y Caracterización del agua residual.....</i>	5
1.3.5 <i>Pruebas de Tratabilidad.....</i>	7
1.4 <i>Beneficiarios directos e indirectos.....</i>	15
1.4.1 <i>Directos.....</i>	15
1.4.2 <i>Indirectos</i>	15
CAPITULO II.....	16
2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	16
2.1 <i>Objetivo general</i>	16
2.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	16
CAPÍTULO III.....	17
3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR.....	17
3.1 <i>Localización del proyecto.....</i>	17
3.1.1 <i>Clima de la zona</i>	18
3.1.2 <i>Hidrología.....</i>	18
3.2 <i>Ingeniería del proyecto.....</i>	19
3.3 <i>Determinación de variables de diseño</i>	21
3.3.1 <i>Cálculo de la población futura</i>	21
3.3.2 <i>Cálculo del caudal.....</i>	22
3.3.3 <i>Cálculos del canal de captación.....</i>	25
3.3.4 <i>Cálculo del Sistema de rejillas</i>	29
3.3.5 <i>Cálculo de un desarenador convencional</i>	32
3.3.6 <i>Cálculo de un Tanque de mezcla.....</i>	46
3.3.7 <i>Cálculo de la dosificación de productos químicos</i>	54

3.3.8	<i>Cálculo de un sedimentador</i>	56
3.3.9	<i>Cálculo del Filtro con medios granulares</i>	63
3.3.10	<i>Cálculo del Lecho de secado</i>	72
3.3.11	<i>Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas.....</i>	79
3.4	<i>Proceso de producción</i>	84
3.5	<i>Requerimiento de tecnología</i>	85
3.5.1	<i>Requerimientos tecnológicos para la caracterización de Aguas Residuales domésticas</i>	85
3.6	<i>Análisis de costo/beneficio del proyecto</i>	89
3.6.1	<i>Costos operacionales con respecto a las pruebas de tratabilidad</i>	89
3.6.2	<i>Beneficios del proceso de tratamiento físico</i>	90
3.6.3	<i>Costos/ beneficio de implementación del sistema.....</i>	92
3.6.4	<i>Análisis del proyecto.....</i>	100
	CONCLUSIONES.....	101
	RECOMENDACIONES.....	102
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<i>Q</i>	Caudal punta
<i>Q_{servida}</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>C_{PAC}</i>	Cantidad óptima de PAC en la prueba de jarras
<i>Dc</i>	Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal
<i>fcr</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 de medio 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_{P.Jarras}</i>	Volumen vaso de precipitación prueba de jarras

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Test de jarras.....	9
Figura 2-1	Filtración.....	12
Figura 3-3	Localización geográfica.....	17
Figura 4-3	Clima de la zona	18
Figura 5-3	Hidrología.....	19
Figura 6-3	Canal de captación.....	28
Figura 7-3	Sistema de rejillas.....	32
Figura 8-3	Desarenador convencional.....	46
Figura 9-3	Tanque mezclador.....	54
Figura 10-3	Sedimentador.....	63
Figura 11-3	Filtro con medios granulares.....	72
Figura 12-3	Lecho de secado.....	78
Figura 13-3	Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	85

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1-1 Caracterización físico, químico del agua residual cruda (ESPOCH).....	6
Gráfica 2-1 Caracterización físico, químico del agua residual cruda (UNACH).....	7
Gráfica 3-1 test de jarras (Laboratorio ESPOCH).....	10
Gráfica 4-1 Caracterización físico, químico del agua residual – test de jarras (ESPOCH).....	11
Gráfica 5-1 Caracterización físico, químico del agua residual Tratada	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Cronograma de muestreo.....	5
Tabla 2-1	Caracterización del agua residual inicial (ESPOCH)	5
Tabla 3-1	Caracterización del Agua Residual inicial (UNACH)	6
Tabla 4-1	Parámetros para el índice de biodegradabilidad – Día: 05-02-17 -- ESPOCH.	8
Tabla 5-1	Parámetros para el índice de biodegradabilidad – Día: 05-02-17 -- UNACH.	8
Tabla 6-1	Tratabilidad con test de jarras.....	10
Tabla 7-1	Resultados de las pruebas de Tratabilidad – ESPOCH.....	12
Tabla 8-1	Resultados de las pruebas de Tratabilidad – UNACH.....	13
Tabla 1-3	Características Geográficas de la ciudad de Quinindé.	17
Tabla 2-3	Condiciones para la dotación de agua.....	22
Tabla 3-3	Tasa de infiltración	24
Tabla 4-3	Condiciones para la dotación de agua.....	25
Tabla 5-3	Dimensionamiento recomendadas para Diseño de un Canal	25
Tabla 6-3	Coefficiente de rugosidad	27
Tabla 7-3	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	29
Tabla 8-3	Coefficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejas	31
Tabla 9-3	Propiedades del agua a 20 °C.....	33
Tabla 10-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina.	47
Tabla 11-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina.	51
Tabla 12-3	Parámetros de diseño de filtro.	65
Tabla 13-3	Disposición de medios filtrantes.....	68
Tabla 14-3	Parámetros de diseño de laterales.	70
Tabla 15-3	Velocidades de diseño para tuberías del filtro.	71
Tabla 16-3	Parámetros para determinar el volumen diario de lodos digeridos.....	74
Tabla 17-3	Parámetros para determinar el volumen diario de lodos digeridos.....	75
Tabla 18-3	Dimensiones del canal de captación	79
Tabla 19-3	Dimensiones de la zona de desbaste	79
Tabla 20-3	Dimensiones del desarenador convencional	80
Tabla 21-3	Dimensiones de un tanque de mezcla	80
Tabla 22-3	Dosificación de productos químicos.....	81
Tabla 23-3	Dimensionamiento de un sedimentador.....	82
Tabla 24-3	Dimensiones del filtro.....	82
Tabla 25-3	Lecho de secado.....	83
Tabla 26-3	Requerimiento tecnológico para la caracterización de Aguas residuales.	85
Tabla 27-3	Requerimiento tecnológico para el test de jarras.	89
Tabla 28-3	Requerimiento tecnológico para el filtro.	89
Tabla 29-3	Costos del medio granular	90
Tabla 30-3	Porcentaje de remoción.....	91
Tabla 31-3	Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios.....	93

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Lugar de la toma de muestras
- Anexo B.** Pruebas de Tratabilidad en el laboratorio de aguas – ESPOCH
- Anexo C.** Caracterización inicial del agua residual (Cruda)
- Anexo D.** Caracterización de agua residual final (Tratada)
- Anexo E.** Norma de Legislación Ambiental
- Anexo F.** Norma de Legislación Ambiental

RESUMEN

El objetivo fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Quinindé, provincia de Esmeraldas. La ciudad actualmente carece de un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales, el diseño del sistema fue de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que exige la normativa vigente del TULSMA. posterior a los análisis se identificó los parámetros fuera de norma : Tensoactivos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos, consecuentemente se procedió a las pruebas de tratatbilidad del test de jarras con la utilización del Policloruro de Aluminio y filtro con medios granulares arena – grava y zeolita, determinando implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas que consta de: canal de captación y sistema de rejillas, seguido de un proceso de sedimentación mediante un desarenador convencional, tanque de mezcla, luego de un sedimentador y un filtro de medios granulares arena-grava y zeolita y por ultimo un lecho de secado, este es un sistema adecuado y conveniente al costo económico, para el tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Quinindé. El diseño está en función de la caracterización final del agua tratada: DBO 43 mg/l, DQO 82 mg/l, Tensoactivos 0,47 mg/l, Sólidos Suspendidos 150 mg/l que cumplen con todos los parámetros establecidos dentro de los límite de descarga permisibles establecidos en el TULSMA, para el cuidado del rio Esmeraldas y su entorno, su diseño disminuye considerablemente la contaminación en los medios hídricos y su ecosistema. Se recomienda que luego de la implementación del sistema, recolectar una cantidad suficiente de lodos para su análisis de lodos (CREBIT) basados en la Norma, Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento (RPAMAR).

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA>, <REJILLAS>, <DESARENADOR CONVENCIONAL> <SEDIMENTADOR> <FILTRO CON MEDIOS GRANULARES> <QUININDÉ (CANTON)>

SUMMARY

The objective of this research was to design a wastewater treatment system in Quinindé city, Esmeraldas province. The city currently has a lack of an adequate wastewater treatment system; the design of the system was according to the physicochemical and microbiological parameters required by TULSMA regulation. After the analysis, the without norm parameters were identified: Tensoactives, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Suspended Solids, therefore, the syringe test was treated with the use of the Polychloride Aluminum and using a filter with sand-gravel and zeolite granular media, all this procedure focused to put into operation a domestic wastewater treatment system that consists of: catchment waterway and grid system; followed by a sedimentation process using a conventional sand trap, mixing thank, then a settler and a sand-gravel and zeolite granular media filter and finality a drying bed, this is a suitable and convenient system at economic cost, for wastewater treatment for Quinindé city. The design is a function of the final characterization of the treatment water: BOD 43 mg /l, COD 82 mg/l, Surfactants 0.47 mg/l Suspended Solids 150 mg/l which achieve all the parameters established within the limits of permissible discharges established in TULSMA, for the care of Esmeraldas river and its surroundings, its design reduces considerably the pollution in the water resources and its ecosystem. It is recommended that after the implementation of the system, collect an enough quantity of sludge for its analysis (CREBIT) based on the Standard, Environmentally Sound Management of Sludge from Treatment Plants (RPAMAR).

Key words: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <WASTEWATER TREATMENT SYSTEM>, <DOMESTIC WASTE WATER>, <GRILLS>, <CONVENTIONAL DESERINATOR>, <FILTER WITH GRANULAR MEDIA>, <QUININDÉ (CANTON) >

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

Actualmente la ciudad Quinindé no cuenta con un adecuado sistema de tratamiento de agua residual, por lo que la mayoría de viviendas desecha sus aguas residuales al sistema de alcantarillado y este las descarga directamente al río Esmeraldas sin tratamiento previo alguno.

La problemática que presenta la ciudad Quinindé, es que, no posee un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, lo cual, ocasiona peligros a la salud pública, contaminación al suelo y daño al hábitat para la vida acuática por la acumulación de sólidos. De igual manera las aguas residuales domésticas principalmente son descargadas al río Esmeraldas, Río que pasa por zonas agrícolas productivas del sector que utilizan el agua para regar sus tierras fértiles sin previo tratamiento según la ordenanza del cantón Quinindé para la prevención y control de la contaminación ambiental ocasionada por las actividades agroindustriales, artesanales, domésticos y de servicio.

Toda ciudad tiene un aumento poblacional por lo que también hay un aumento en la generación de residuos sólidos y líquidos, al no tener un adecuado tratamiento, estos residuos se transforman en una fuente de contaminación tanto orgánica como inorgánica por lo cual se le debe dar un adecuado tratamiento a dichos residuos.

Las aguas residuales domésticas cuando son descargadas sin recibir un tratamiento previo a un cuerpo de agua dulce, genera una problemática, no solo en lo ambiental, sino también tiene afectación a los habitantes de dicho sector debido a que el agua residual tiene múltiples compuestos orgánicos e inorgánicos los cuales por lo general se encuentran en índices muy elevados, también hay la presencia de microorganismos patógenos que son un peligro constante.

Es así que la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Quinindé decidió realizar dicho proyecto con el objeto de beneficiar a su población y por ende disminuir la contaminación del río Esmeraldas.

1.2 Justificación del problema

El agua contaminada procedente de actividades domésticas, urbanas es la principal fuente de contaminación del río Esmeraldas, requiriendo así de un tratamiento físico, químico y microbiológico para ser devuelta a los pobladores como agua limpia y apta para ser utilizada como agua de riego.

El agua residual generada en la ciudad de Quinindé son desechos líquidos y sólidos procedentes de las actividades domésticas de residencias, así como de instituciones, estas aguas constan en su composición de sustancias tanto de origen natural como artificial que puede ser dañinas para el ser humano, animales y ambiente.

Una manera efectiva de evitar y solucionar la mayor parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales es aplicar un sistema de tratamiento de la misma. La ejecución de un proceso de tratamiento de aguas residual permite disminuir la contaminación al río.

Dentro de las competencias de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Quinindé se encuentra dotar de los servicios básicos de agua potable a todo el Cantón. 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 ciudad Quinindé, mediante el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

“EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA EL CIUDAD QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”, es una necesidad latente para cumplir con las expectativas que requiere la ciudad, 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 Parroquial de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Quinindé.

La necesidad de la creación de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas para la ciudad de Quinindé es evidente, dadas las actuales circunstancias en la que son descargadas estas aguas residuales al río Esmeraldas, siendo claro el efecto nocivo en el ambiente y en lo que concierne al bienestar de los habitantes de la ciudad.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales

La evacuación de aguas residuales provenientes de las actividades domésticas se desecha a través del sistema de alcantarillado de la ciudad de Quinindé hacia el río Esmeraldas sin previo tratamiento, lo que indica que en la ciudad de Quinindé no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Si no se procede a dar una solución esto conlleva problemas tales como: contaminación ambiental, ecosistemas y medios hídricos, enfermedades respiratorias y gastrointestinales, malos olores, contaminación visual entre otros.

1.3.2 Métodos y Técnica

Métodos

El diseño de un sistema de Tratamiento de aguas residuales presenta un conjunto de etapas para la obtención de agua tratada con los parámetros físico-químicos y microbiológicos dentro de los límites permisibles de la norma del TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 10. Para el diseño se realizó distintas pruebas de tratabilidad en base a métodos de inducción, deducción y experimentales donde se identificaron y se obtuvieron variables que nos permite realizar el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

La parte experimental de este estudio se realizó con la toma de muestras de las aguas residuales domésticas, utilizando métodos inductivos y deductivos, ya que antes de realizar cualquier dimensionamiento se debe conocer el tipo de contaminantes presentes en las aguas residuales que son descargadas al río Esmeraldas e identificar así cuál de los parámetros se encuentran fuera de norma para la realización del sistema de tratamiento de aguas residuales ideal para Quinindé.

Para nuestra investigación conocemos que se descarga directamente el agua residual al Río Esmeraldas, realizando toma de caudales y muestreos como método de inducción para ir de lo particular a lo general considerando factores como: observación, registro, análisis y clasificación de hechos con la finalidad tener una muestra promedio para realizar los análisis en el laboratorio.

El método deductivo en este estudio nos permitió solucionar la problemática de los parámetros que se encuentran fuera de la norma establecida en base a la deducción de los resultados de los análisis realizados de las aguas residuales.

La parte experimental es un método de investigación que permitió recopilar datos experimentales para comparar las mediciones de las variables y controlar cualquier cambio y por esta razón se lo hace antes y después del proceso de tratamiento de aguas residuales para el diseño de un sistema de tratamiento más adecuado para la ciudad de Quininde haciendo que los parámetros cumplan con lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10.

Técnica

La caracterización física – químico y microbiológica, se basan en las normas y técnicas que se encuentran establecidas en el manual de procedimientos Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, fundamentados en el (Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater) especificados en la última edición y el manual de Análisis de Agua.

1.3.3 Método del muestro

El tamaño de la muestra es una parte representativa esencial, válida y confiable que represente un costo mínimo para poder llevar a cabo la investigación para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

La selección de la muestra se realizó por un muestreo compuesto con la finalidad de obtener una muestra compuesta y homogénea, lo que permitió obtener un cronograma de muestreo basado en los horarios de mayor descarga (6:00, 12:00 y 18:00) obteniendo así tres muestras simples por día y una muestra compuesta diaria, este procedimiento se realizó los días lunes, miércoles y viernes. Para el muestreo se considera las condiciones del lugar y el objetivo del proyecto.

Tabla 1-1 Cronograma de muestreo.

Punto de muestreo	Día	Muestra Simple	Hora	Muestra Compuesta
Rio Esmeraldas	Lunes	1	06:00	1
		2	12:00	
		3	18:00	
Rio Esmeraldas	Miércoles	4	06:00	2
		5	12:00	
		6	18:00	
Rio Esmeraldas	Viernes	7	06:00	3
		8	12:00	
		9	18:00	
Total de muestras		9		3

Realizado por: Castillo Darwin 2017

1.3.4 Análisis y Caracterización del agua residual

Caracterización inicial

Tabla 2-1 Caracterización del agua residual inicial (ESPOCH)

	Unidad	Lab. Aguas ESPOCH			TULSMA Tabla 10
		05-02-17	07-02-17	09-02-17	Lím. Máx. Perm.
Ph	[H+]	6.73	6.96	6.91	6.9
Conductividad	µSiems/cm	650	630	580	-----
Turbiedad	UNT	161	144	143	-----
Solidos Suspendidos	mg/l	340	330	301	130
Demanda química de oxígeno	mg/l	584	444	436	200
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	236	292	192	100
Fosfatos	mg/l	5.6	4.92	4.76	10,0
Sulfatos	mg/l	72	67	65	1000
Nitrógeno total	mg/l	4.69	4.47	4.2	50,0
Coliformes fecales	NMP/100ml	26300	19200	17400	2000

Fuente: Laboratorio de Aguas - ESPOCH

Realizado por: Castillo Darwin 2017

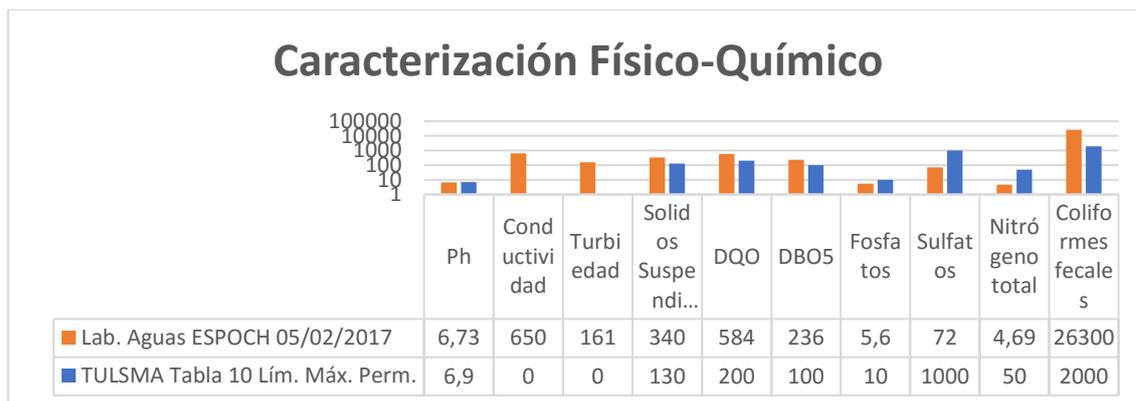


Gráfico 1-1 Caracterización físico, químico del agua residual cruda (Laboratorio ESPOCH)
Realizado por: Castillo Darwin 2017

Los resultados obtenidos en el Laboratorio de aguas de la ESPOCH nos dan como resultado que tensoactivos, Solidos Suspendidos, DBO5, DQO, y coliformes totales están fuera de norma del TULSMA

Tabla 3-1 Caracterización del agua residual inicial (UNACH)

Parámetros	Unidad	Lab. Servicios Ambientales UNACH	TULSMA Tabla 10
		09-02-17	Lím. Máx. Perm.
Ph	[H+]	7.76	6.9
Conductividad	μSiems/cm	621	-----
Aceites y grasas	mg/l	74	30.0
Tensoactivos	mg/l	35.5	0.5
Color	Upt - co	1082	Inapreciable en dilución:1/20
Turbiedad	FTU - UNT	88	-----
Solidos Suspendidos	mg/l	95	130
Demanda química de oxígeno	mg/l	380	200
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	176	100
Fosfatos	mg/l	5.80	10,0
Sulfatos	mg/l	67	1000
Nitrógeno total	mg/l	3.88	50,0
Coliformes fecales	NMP/100ml	8000	2000

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017

Realizado por: Castillo Darwin 2017

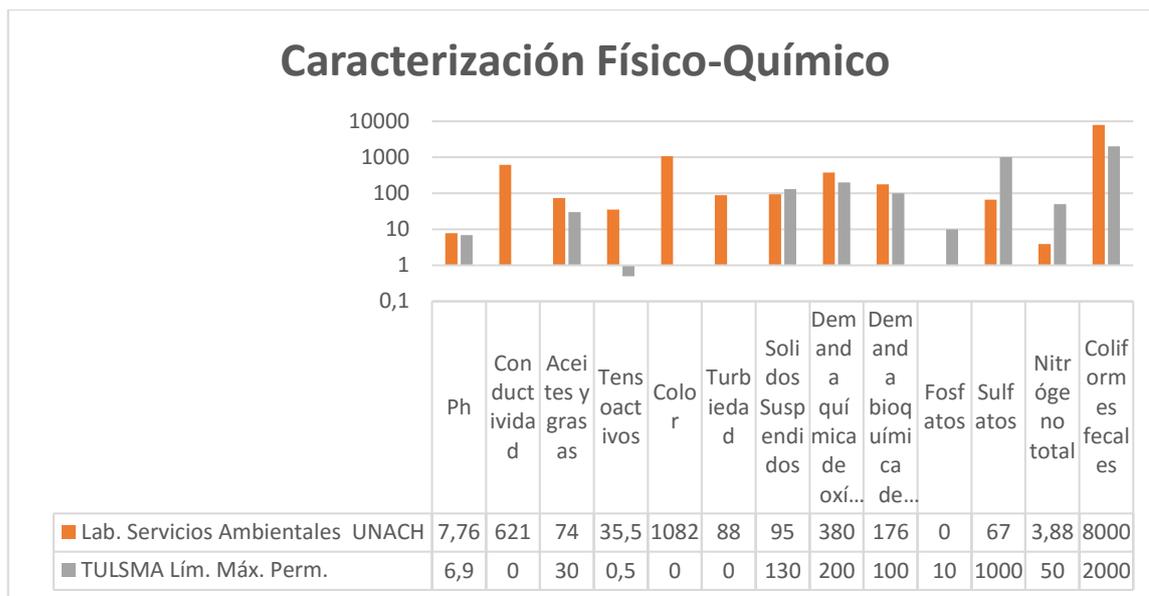


Gráfico 2-1 Caracterización físico, químico del agua residual cruda (Laboratorio UNACH)
 Realizado por: Castillo Darwin 2017

Los resultados obtenidos en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH nos dan como resultado que tensoactivos, pH, DBO₅, DQO, y coliformes totales están fuera de norma del TULSMA

1.3.5 Pruebas de Tratabilidad

- Índice de Biodegradabilidad

La relación existente entre DBO₅ y DQO permite establecer la cantidad de materia orgánica para ser biológicamente eliminada.

El índice de biodegradabilidad para seleccionar el tratamiento adecuado:

Si la relación (DBO₅ y DQO) > 0.6, indica un agua muy biodegradable y requiere un tratamiento biológico.

Si la relación (DBO₅ y DQO) = 1, indica que el agua es totalmente biodegradable.

Si la relación (DBO₅ y DQO) < 0.2, indica que el agua es muy poco biodegradable y requiere un tratamiento físico-químico. (V, 1997)

Tabla 4-1 Parámetros para el índice de biodegradabilidad – Día: 05-02-17 – **ESPOCH.**

Parámetros	Unidad	Resultado	TULSMA Tabla 10
DQO	mg/L	584	200
DBO ₅	mg O ₂ /L	236	100

Fuente: Laboratorio de Aguas - ESPOCH

Tabla 5-1 Parámetros para el índice de biodegradabilidad – Día: 05-02-17 – **UNACH.**

Parámetros	Unidad	Resultado	TULSMA Tabla 10
DQO	mg/L	380	200
DBO ₅	mg O ₂ /L	176	100

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017

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

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

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{236 \text{ mg/L}}{584 \text{ mg/L}}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0.40$$

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

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{\frac{mg}{L}}{\frac{mg}{L}}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{176 \text{ mg/L}}{380 \text{ mg/L}}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0.46$$

Entonces, la relación DQO₅/DBO de los resultados obtenidos en el Laboratorio de Aguas de la ESPOCH y el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH es de 0.40 y 0.46 respectivamente, haciendo un promedio de la relación de los dos resultados obtenemos un valor de 0.43 esto nos indica que el agua es biodegradable y requiere de un tratamiento físico-químico.

– *Test de jarras*

La prueba del test de jarras se realizó en el laboratorio de aguas de la Facultad De Ciencias de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, en el test de jarras se utilizó el policloruro de aluminio (PAC) para flocular material en suspensión en nuestra muestra de agua.

Se utilizó la dosificación de 5g de policloruro de aluminio diluido en 1000 ml por ser la solución estándar manejada en el laboratorio de calidad de agua ESPOCH basados en métodos normalizados APHA,AWWA;WPCF 17 ed.

En las pruebas se trabajó con 2, 4, 6, 8, 10 ml de la solución diluida respectivamente en 1 L de muestra, donde se pudo determinar que la dosificación ideal es de 4 ml de la solución diluida de policloruro de aluminio.

De lo expresado anteriormente de determino que la dosificación de 4 ml de la solución de policloruro de aluminio es la dosificación ideal y recomendada para nuestro sistema de tratamiento de aguas residuales.



Figura 3-1 Test de jarras
Realizado por: Castillo Darwin 2017

Tabla 6-1 Tratabilidad con test de jarras.

Conc. PAC (mg/L)	Dosis PAC (mL)	Turbiedad Inicial (NTU)	Turbiedad Final (NTU)
0.05	2.00	161	0.45
0.05	4.00	161	0.29
0.05	6.00	161	0.32
0.05	8.00	161	0.36
0.05	10.00	161	0.38

Fuente: Dirección Técnica - Laboratorio de Aguas - ESPOCH
Realizado por: Castillo Darwin 2017

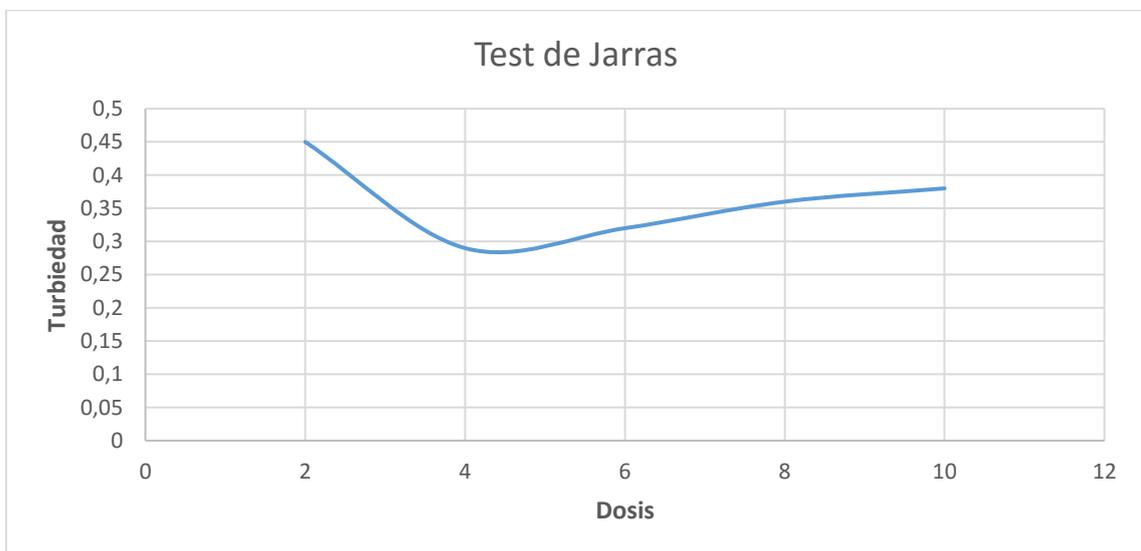


Gráfico 3-1 Test de jarras (Laboratorio ESPOCH)

Realizado por: Castillo Darwin 2017

En el análisis del test de jarras se puede apreciar en la gráfica 3-1 que la dosificación ideal de PAC es de 4mL ya que este es el punto en donde se puede apreciar la menor turbidez.

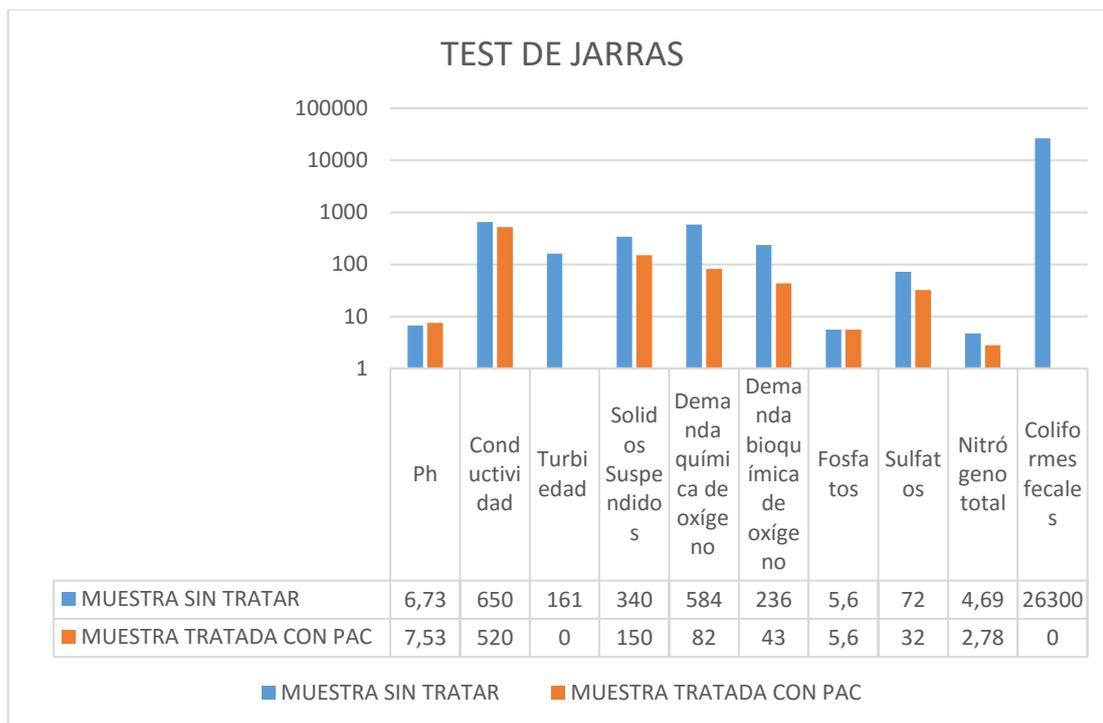


Gráfico 4-1 Caracterización físico, químico del agua residual – test de jarras (Laboratorio ESPOCH)

Realizado por: Castillo Darwin 2017

Los resultados obtenidos con el test de jarras es la disminución de los valores que estaban fuera de norma correspondiente al TULSMA como pH, DBO, DQO.

– *Filtración con arena, grava y zeolita*

Se realizó esta prueba de tratabilidad por un proceso físico, el cual consiste en colocar una capa de arena de 2,5 cm, grava de 1,5 cm, zeolita de 4 cm y 5.5 cm de la capa de soporte de grava respectivamente para realizar el proceso de filtración, para esto se utilizó un recipiente de polietileno en el cual se colocó los medios filtrantes y de filtro una cantidad de 1 L de agua por un tiempo aproximado de 18,26 min y una muestra saliente de 947 ml, la pérdida a nivel de laboratorio en el filtrado es de 5,3 %.

Los medios granulares tiene sus respectivos diámetros, zeolita (2,25 mm), grava (0,8 mm), arena (0,6 mm)

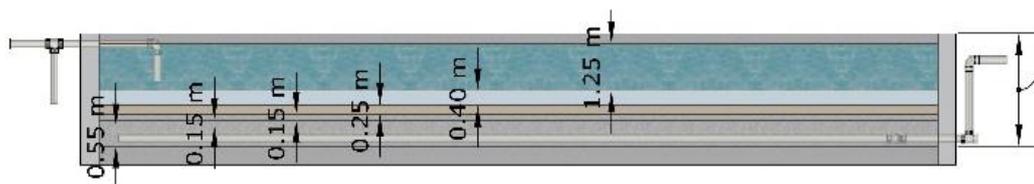




Figura 4-1 Filtración
Realizado por: Castillo Darwin 2017

Análisis del agua residual tratada

Tabla 7-1 Resultados de las pruebas de Tratabilidad – ESPOCH

Parámetros	Unidad	Lab. Aguas ESPOCH		
		MUESTRA SIN TRATAR	MUESTRA TRATADA PAC	MUESTRA TRATADA PAC FILTRO (ARENA, GRAVA Y ZEOLITA)
Ph	[H+]	6.73	7.53	7.36
Conductividad	μSiems/cm	650	520	502
Turbiedad	UNT	161	6.1	0.42
Sólidos Suspendidos	mg/l	340	150	7
Demanda química de oxígeno	mg/l	584	82	72
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	236	43	34
Fosfatos	mg/l	5.6	5.6	5.6
Sulfatos	mg/l	72	32	32
Nitrógeno total	mg/l	4.69	2.78	2.64
Coliformes fecales	NMP/100ml	26300	-----	-----

Fuente: Dirección Técnica - Laboratorio de Aguas - ESPOCH
Realizado por: Castillo Darwin 2017

Tabla 8-1 Resultados de las pruebas de Tratabilidad – UNACH

Parámetros	Unidad	MUESTRA SIN TRATAR	MUESTRA TRATADA
Ph	[H+]	7.76	-----
Conductividad	μSiems/cm	621	-----
Aceites y grasas	mg/L	74	-----
Tensoactivos	mg/L	35.5	0.47
Color	Upt – co	1082	-----
Turbiedad	FTU – UNT	88	-----
Sólidos Suspendidos	mg/l	95	-----
Demanda química de oxígeno	mg/l	380	-----
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	176	-----
Fosfatos	mg/l	5.80	-----
Sulfatos	mg/l	67	-----
Nitrógeno total	mg/l	3.88	-----
Coliformes fecales	NMP/100ml	8000	-----

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017

Realizado por: Castillo Darwin 2017

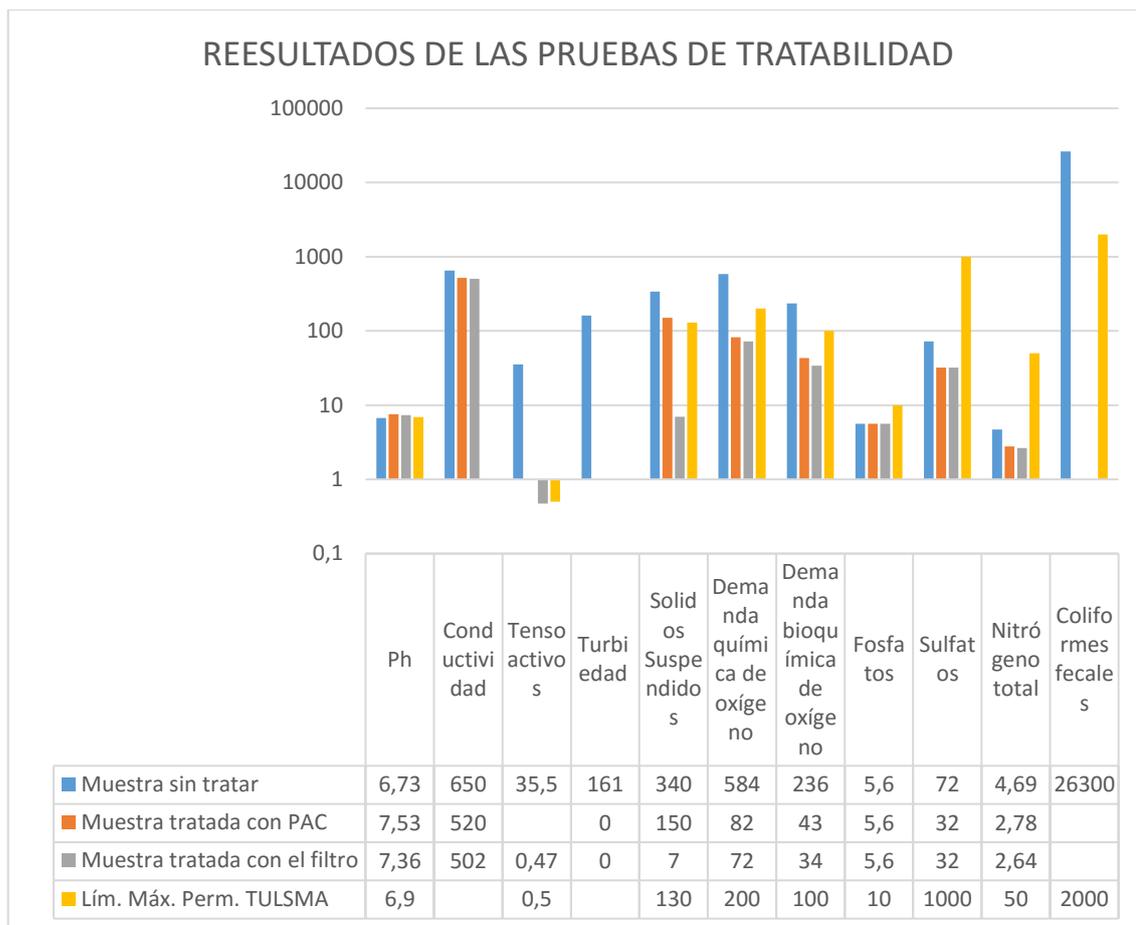


Gráfico 5-1 Caracterización físico, químico del agua residual Tratada (Laboratorio ESPOCH-UNACH)

Realizado por: Castillo Darwin 2017

Los resultados de las pruebas de tratabilidad del test de jarras, filtración nos da como resultado la disminución de todos los parámetros que se encontraban fuera de norma teniendo así como resultados que tanto el pH, Tensoactivos, Solidos suspendidos, DBO,DQO y coliformes fecales cumplan con las normas del límite de descarga

– *Medición de Caudales*

Actualmente toda la población de la ciudad de Quinindé no se encuentran conectados a la red de alcantarillado puesto que algunas viviendas cuentan aún con sus propios pozos negros, por lo que se estima conectar a toda la población a la red de alcantarillado, por lo cual se utilizara un caudal en base a la población de dicha ciudad.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

Los beneficiarios directos del trabajo de titulación planteado son los habitantes y agricultores de la ciudad de Quinindé.

1.4.2 Indirectos

Los beneficiarios indirectos, son los habitantes que se encuentran en las zonas agrícolas aledañas al río Esmeraldas.

CAPITULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

- Diseñar un Sistema de Tratamiento para Aguas Residuales Domésticas para la ciudad de Quinindé, provincia de Esmeraldas.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización físico – química y biológica las aguas residuales generadas actualmente en la ciudad de Quinindé.
- Determinar el caudal de las aguas residuales generadas por las descargas de la ciudad de Quinindé.
- Determinar las variables de procesos apropiadas para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Quinindé
- Efectuar los cálculos de ingeniería correspondientes para el dimensionamiento del sistema de tratamientos de aguas residuales en base a los ensayos de tratabilidad.
- Validar el diseño de ingeniería en función de los límites permisibles de descarga del TULSMA Libro VI Anexo 1. Tabla 10. del agua tratada
- Determinar la factibilidad técnica y económica del diseño propuesto

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1 Localización del proyecto

La ciudad de Quinindé se ubica en la región costa del país, en la Provincia de Esmeraldas.

Tabla 1-3 Características Geográficas de la ciudad de Quinindé.

Límites	<ul style="list-style-type: none">• Al norte con los cantones de Esmeraldas y Rio Verde• Al este con los cantones Eloy Alfaro (Prov. Esmeraldas) y Puerto Quito (Prov. Pichincha)• Al sur con el cantón la Concordia• Oeste con los Cantones Muisne (Prov. Esmeraldas) y Pedernales (Prov. Manabí).
Clima	<ul style="list-style-type: none">• Los factores climáticos son: Temperatura: 21 °C a 31 °C; la precipitación media anual es de 2300 mm con excepción de períodos anormales como el Fenómeno del Niño; Altitud: 115 msnm y Zona de Vida: Húmedo Tropical.

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de Quinindé.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE QUININDÉ, PROVINCIA ESMERALDAS



Figura 3-3 Localización geográfica

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de Quinindé.

3.1.1 Clima de la zona

Los factores climáticos son: Temperatura: 21° a 31° C; la precipitación media anual es de 2300 mm con excepción de períodos anormales como el Fenómeno del Niño; Altitud: 115 msnm y Zona de Vida: Húmedo Tropical.

Las amenazas asociadas con eventos climáticos extremos son: Inundaciones de las riberas de los ríos Quinindé y Blanco en el tramo que atraviesa la ciudad de Quinindé, por las continuas crecidas de sus caudales en época de la estación invernal; y, deslaves en el sitio denominado “La Puntilla” de la ciudad de Quinindé así como en el punto que determina la margen izquierda del río Viche cuando desemboca en el río Esmeraldas. (Quininde, 2011, pág. 10)

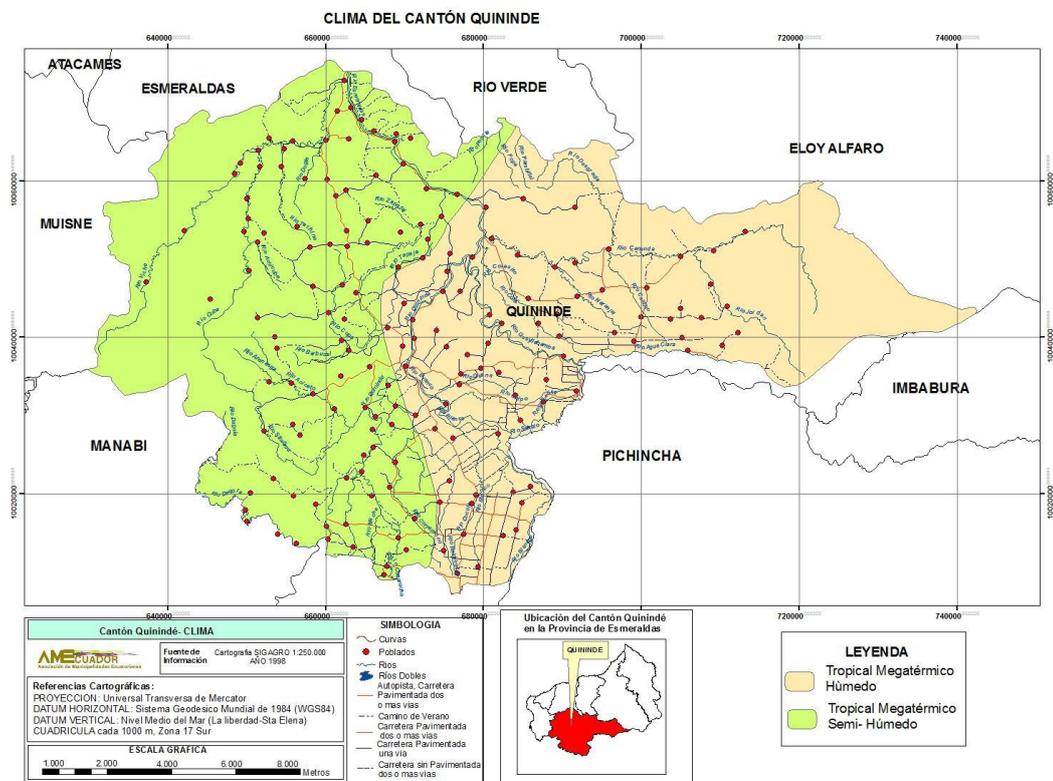


Figura 4-3 Clima de la zona

Fuente: GAD Provincial de Esmeraldas 2010

3.1.2 Hidrología

Las cuencas hidrográficas dominantes son las de los ríos Quinindé, Blanco, Guayllabamba, Canandé, Esmeraldas, Cupa y Viche. Los cuerpos de agua responden a las lagunas de Sade, Cube, El Albe y los humedales de Cube. Así mismo existen vertientes subterráneas de agua ubicadas en la población de Viche, que han servido por mucho tiempo para atender requerimientos domésticos.

El sistema hídrico del cantón Quinindé con relación a sus vertientes dominantes, conserva su caudal tanto en invierno como en verano, no obstante empieza a existir problemas de disminución de caudal en el Río Viche en época de verano. El agua de este sistema hídrico sufre contaminación a causa de descargas domiciliarias, efluentes de las industrias extractoras de aceite rojo de palma africana, agroquímicos y sustancias tóxicas utilizadas en la pesca de autoconsumo, adicionalmente por efecto de la explotación forestal presente en las cuencas hidrográficas. (Quininde, 2011, pág. 14)

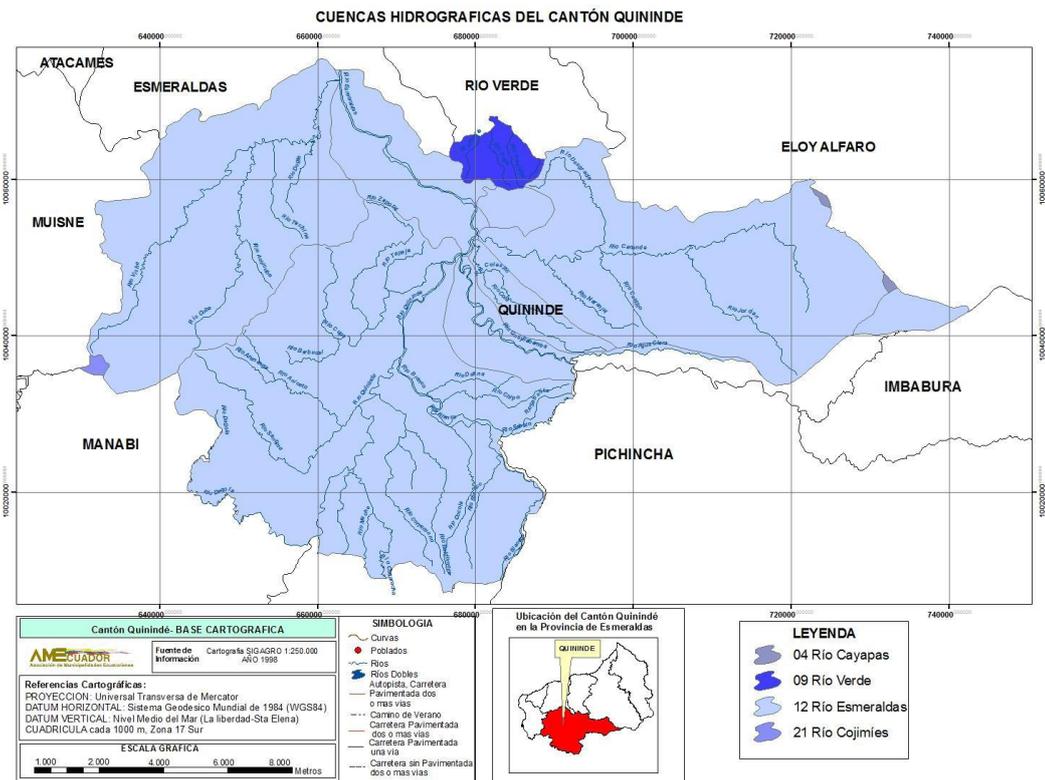


Figura 5-3 Hidrología
 Fuente: GAD Provincial de Esmeraldas 2010

3.2 Ingeniería del proyecto

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas tiene como función crear un hábitat saludable para los habitantes de la ciudad de Quinindé y así proporcionar bienestar y calidad de vida. Además de devolver a la naturaleza agua limpia, sin contaminantes y en mejores condiciones.

El diseño experimental de este estudio se lo realizará utilizando métodos de inducción y deducción, ya que es necesario conocer el caudal y el tipo de contaminantes presentes en las aguas residuales que son descargadas directamente al río Esmeraldas, un cuerpo de agua dulce, e

identificar así cuáles se encuentran fuera de norma, la cual nos ayudará a determinar el dimensionamiento para el tratamiento más adecuado.

Para realizar el siguiente estudio, que es el método inductivo se tomará el caudal en el punto de descarga del agua una vez por día durante una semana, con la finalidad de tener una muestra promedio para realizar los análisis en el Laboratorio de servicios ambientales - LSA, Laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo - UNACH. El método deductivo en este estudio nos va a permitir plantear solución al problema que genera descargar las aguas residuales directamente al río; planificando un sistema de tratamiento para dichas aguas residuales en base a la deducción de los resultados de los análisis realizados de las aguas residuales. La parte experimental de este estudio se realizará al tomar las muestras de aguas residuales y hacer sus correspondientes análisis, para obtener resultados que nos ayudaran a diseñar el sistema de tratamiento óptimo para las aguas de la ciudad de Quinindé, haciendo que los parámetros cumplan con lo establecido en el Texto Unificado Secundario de Legislación de Medio Ambiente (TULSMA).

Las pruebas de laboratorio se realizarán de acuerdo al tratamiento del agua que se debe aplicar con el fin de remover o reducir sus contaminantes y lograr que sus características físicas, químicas y microbiológicas cumplan las especificaciones contenidas en las normas que regulan la materia.

La recolección de muestras se realizará en la ciudad de Quinindé en la descarga puntual hacia el Río Esmeraldas. El tamaño de la muestra es por muestreo compuesto, donde se realizará los días viernes, sábados y domingos, se tomarán tres muestras respectivamente por la mañana, tarde y noche.

La toma de muestras debe realizarse según la NORMA INEN 2176 (1998). Calidad de Agua. Muestreo y Técnicas de Muestreo, para que los resultados analíticos representen la composición real y se utilizara el siguiente procedimiento para la recolección de muestras:

- 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 las etiquetas de los frascos
- Si cuenta con equipos para medición de parámetros in situ, calibrar el pH-metro, conductímetro siguiendo los procedimientos del equipo 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 Determinación de variables de diseño

Cálculos realizados.(jimenez Idrovo, 2017)

3.3.1 Cálculo de la población futura

En el diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas, se estima un tiempo de vida útil de 15 a 30 años, establecida por la norma INEN 005-9-1 (1992), es por ello, que por requerimiento del GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO Municipal de Quindé se estima un tiempo de 15 años de vida útil (2032).

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

Ecuación 1

Dónde:

Pa : Población actual (hab); 122570 hab (Quininde, 2011)

r : Índice de crecimiento anual (%); 2,3 % (índice de crecimiento intercensal determinado en el Censo de Población y Vivienda en la ciudad de Quindé INEC 2010).

t : Periodo de diseño (años); 15 años

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

$$Pf = 122570(1 + 0.023)^{15}$$

$$Pf = 172393hab$$

3.3.2 Cálculo del caudal

- Cálculo del caudal medio teórico.

Según los datos otorgados por la junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé para la Ciudad objeto de nuestro estudio tenemos una dotación de agua potable de 80 L/hab*día y se adoptó un coeficiente de retorno del 80% para población.

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

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: 80 (L/hab. día), Tabla 17-3

Tabla 2-3 Condiciones para la dotación de agua

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

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

Elaborado por: Darwin Castillo 2017

$$Q_{med} = \frac{172393 \text{ hab} * 0,80 * 80 \text{ L/hab. día}}{86400}$$

$$Q_{med} = 127,70 \text{ L/s}$$

- Coeficiente 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)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{172393}{1000}}}$$

$$M = 1,82$$

- Cálculo del caudal máximo teórico.

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

Ecuación 4

Dónde:

Q_{max} = Caudal maximo teórico (L/s)

Q_{med} = Caudal medio teórico (L/s)

M = Coeficiente de Mayorización o Simultaneidad

$$Q_{\max} = 1,82(127,70 \text{ L/s})$$

$$Q_{\max} = 232,41 \text{ L/s}$$

- 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)

i = Tasa de infiltración (L/s-ha), Tabla 18-3

Tabla 3-3 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.

Elaborado por: Darwin Castillo 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

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

Ecuación 6

Dónde:

Q = Caudal medio de diseño (L/s)

Q_{med} = Caudal medio teórico (L/s)

Q_i = Caudal de infiltración (L/s)

$$Q = 127,70 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,4 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q = 128,10 \text{ L/s}$$

- Cálculo del caudal máximo de diseño

$$Q_M = Q_{\text{max}} + Q_i$$

Ecuación 7

Dónde:

Q_M = Caudal máximo de diseño (L/s)

Q_{max} = Caudal máximo teórico (L/s)

Q_i = Caudal de infiltración (L/s)

$$Q_M = 232,41 \frac{L}{s} + 0,4 \frac{L}{s}$$

$$Q_M = 232,81/s$$

3.3.3 Cálculos del canal de captación

Tabla 4-1 Condiciones para la dotación de agua

PARÁMETRO	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Caudal medio de diseño	Q	0,127	m ³ /s
Caudal máximo de diseño	QM	0,232	m ³ /s
Coefficiente de rugosidad (8uxjeofgbt((dhcdbc(Hormigón))	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.

Elaborado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 5-3 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

Elaborado por: Darwin Castillo 2017

- Cálculo del radio hidráulico

Para el radio hidráulico la Junta de Agua Potable y alcantarillados del cantón de Quinindé opto por dar las siguientes dimensiones de diseño, la altura del canal 1.5 m y el ancho del canal 1 m.

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

Ecuación 8

Dónde:

RH= Radio hidráulico (m)

h= Altura del canal: 1,5 (m)

b=Ancho del canal: 1 (m)

$$RH = \frac{1 \text{ m} * 1.5 \text{ m}}{1 \text{ m} + 2 * 1,5 \text{ m}}$$

$$RH = 0,37 \text{ m}$$

- 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 (%)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning: 0,013 (adimencional), Tabla 18-3

$$v = \frac{1}{0,013} (0,375\text{m})^{2/3} (0,0005)^{1/2}$$

$$v = 0,89 \text{ m/s}$$

Tabla 6-3 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: (ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm)

Elaborado por: Darwin Castillo 2017

- Cálculo del área del canal de captación

$$A = b * h$$

Ecuación 10

Dónde:

A = Área del canal de captación: (m²)

b = Ancho del canal: 1 (m)

h= Altura del canal: 1,5 (m)

$$A = 1 \text{ m} * 1,5 \text{ m}$$

$$A = 1,50 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la altura máxima de agua

Para la dimisión de un canal abierto tenemos $h=b/2$, en tanto que, $b=2h$, entonces:

$$A = b * h$$

$$A = 2h * h$$

$$A = 2h^2$$

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

Ecuación 11

Dónde:

h_{\max} = Altura máxima del agua

A = Área del canal (m^2)

b = Ancho del canal (m)

$$h_{\max} = \sqrt{\frac{1,5 \text{ m}^2}{2}}$$

$$h_{\max} = 0,86 \text{ m}$$

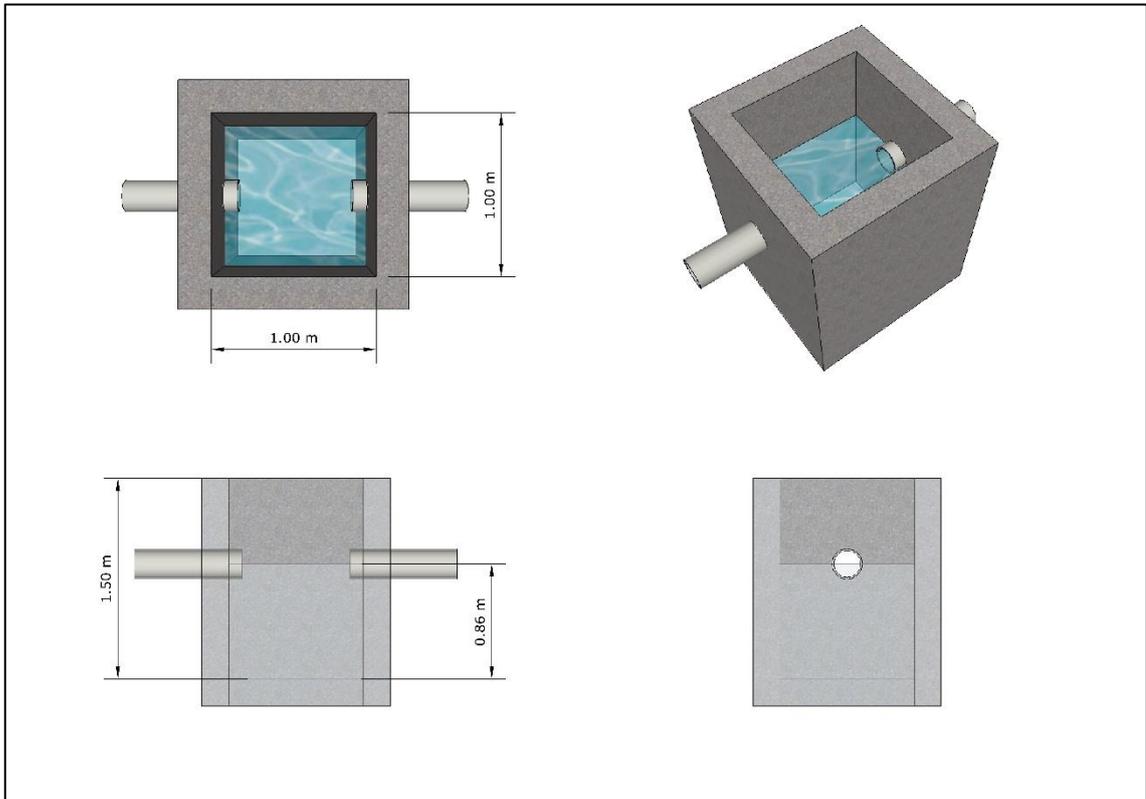


Figura 6-3 Canal de captación

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.4 Cálculo del Sistema de rejillas

Tabla 7-3 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
Perdida admisible	Mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Elaborado por: Darwin Castillo 2017

- Cálculo del número de barras

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

Ecuación 12

Dónde:

N_{BR} = Número de barras (m)

b = Ancho del canal: 1 (m)

e = Espesor de barra: 10 (mm), Tabla 16-3

S_p = Separación entre barras: 20 (mm), Tabla 16-3

$$N_B = \frac{1 \text{ m} - 0,02 \text{ m}}{0,010 \text{ m} + 0,02 \text{ m}}$$

$$N_B = 32 \text{ unidades}$$

- 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 = Angulo de inclinación: 45 (grados), Tabla 16-3

$$L_B = \frac{0,866 \text{ m}}{\text{Sen } 45}$$

$$L_B = 1,22$$

- Cálculo del nivel máximo de agua en la rejilla

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

Ecuación 14

Dónde:

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

v = velocidad de flujo (m/s)

Q_M = Caudal máximo de diseño (m³/s)

b =Ancho del canal: 50 (m)

$$N_{\max} = \frac{0,232 \text{ m}^3/\text{s}}{0,89 \text{ m/s} * 1 \text{ m}}$$

$$N_{\max} = 0,26 \text{ m}$$

- 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 máximo de agua en las rejillas (m)

θ = Angulo de inclinación: 45 (grados), Tabla 19-3

$$L_{SR} = \frac{0,26 \text{ m}}{\text{Sen}45}$$

$$L_{SR} = 0,37 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida de carga en la rejilla

Tabla 8-3 Coeficiente de perdida de acuerdo a la forma de las rejas

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: Darwin Castillo 2017

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

Ecuación 16

Dónde:

g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de pérdida, Tabla 20-3

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

e = Espesor de barra (m), Tabla 19-3

S_p = Separación entre barras (m), Tabla 19-3

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

θ = Pendiente en relación a la vertical (grados), Tabla 19-3

$$h_{PR} = 1,79 \left(\frac{0,01 \text{ m}}{0,020 \text{ m}} \right)^{3/2} \frac{(0,89 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \text{sen}45$$

$$h_{PR} = 0,018$$

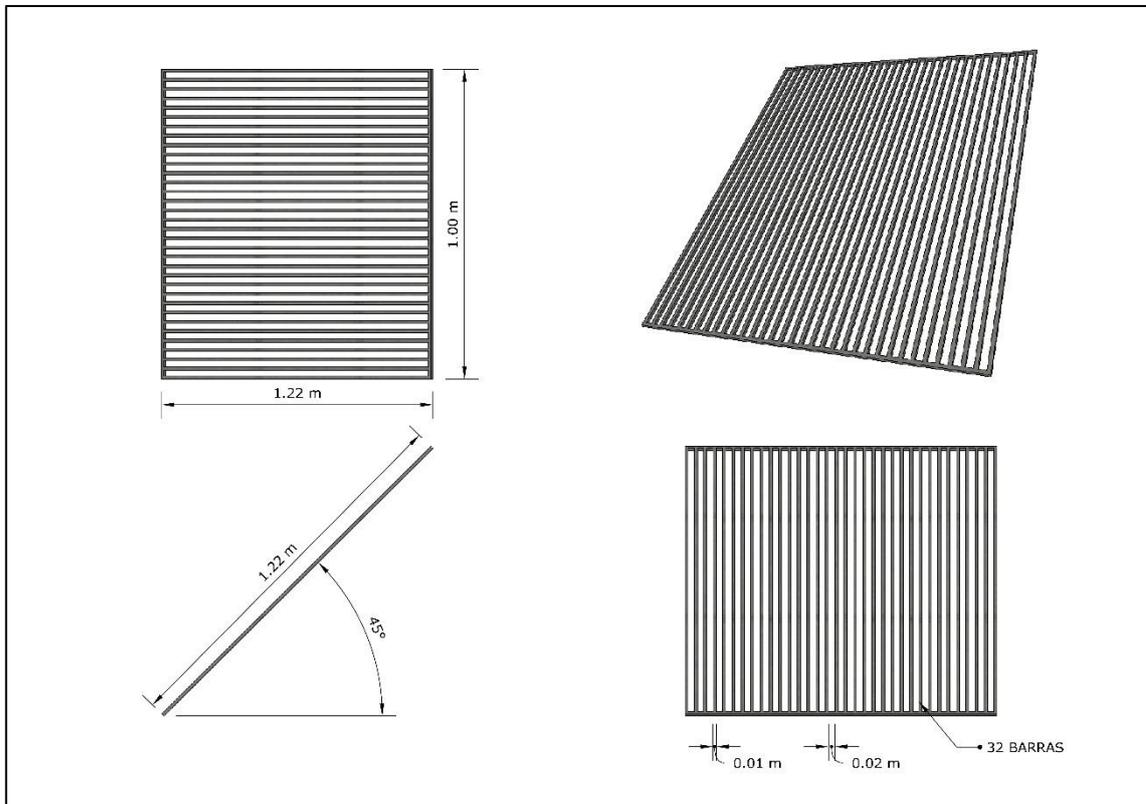


Figura 7-3 Sistema de rejillas

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.5 Cálculo de un desarenador convencional

- Cálculo de la velocidad de sedimentación de la partícula

Únicamente cuando se tengan partículas de arena de tamaño menor a 0,1 mm, se aplica la fórmula de Stokes para régimen laminar.

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

Ecuación 17

Dónde:

d_p = Diámetro de la partícula: 0.01 (cm). (Tabla 18-3)

$\mu_{\text{agua}} = \text{Viscosidad del fluido a } 20^{\circ}\text{C: } 0,01009 \text{ (g/cm.s). (Tabla 18-3)}$

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

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

Tabla 9-3 Propiedades del agua a 20°C

Variable	Unidades	Valor
Densidad del agua	g/cm^3	0,9982
Viscosidad del agua	g/cm.s	0,01009
*Diámetro de la partícula	Cm	0,01

Fuente: Separata de Operaciones Básicas de Ingeniería Química UCE, 1993 *(UNATSABAR, OPS/CEPIS/05.158)

- Cálculo del número de Reynolds

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

Ecuación 18

Dónde:

$v_s = \text{velocidad de sedimentación (cm/s)}$

$d_p = \text{Diámetro de la partícula: } 0,01(\text{cm}). \text{ (Tabla 18-3)}$

$\mu_{\text{agua}} = \text{Viscosidad del fluido a } 20^{\circ}\text{C: } 0,01009 \text{ (g/cm.s). (Tabla 18-3)}$

$\rho = \text{Viscosidad del fluido a } 20^{\circ}\text{C: } 0,9982 \text{ (g/cm}^3\text{)}. \text{ (Tabla 18-3)}$

$$N_{RE} = \frac{0,89 \text{ cm/s} * 0,01 \text{ cm} * 0,9982 \text{ g/cm}^3}{0,01009 \text{ g/cm.s}}$$

$$N_{RE} = 0,88 \text{ flujo laminar}$$

La sedimentación de arena fina ($d < 0,01 \text{ cm}$) se realizará en régimen de flujo laminar con valores del número de Reynolds menores de 1 ($N_{RE} < 1$)

- Cálculo del tiempo de sedimentación de la partícula

La Junta de agua potable y alcantarillado del Cantón Quinindé sugiere que la altura del desarenador sea de 2,00 m.

$$t_s = \frac{H_D}{v_s}$$

Ecuación 19

Dónde:

v_s = Velocidad de sedimentación (cm/s)

H_D = Altura del desarenador (m)

$$t_s = \frac{2,00 \text{ m}}{0,0089 \text{ m/s}}$$

$$t_s = 224,72 \text{ s} = 3,75 \text{ min}$$

- Cálculo del periodo de retención

El tiempo en el que tarda el agua dentro de la unidad (entrar y salir).

$$\theta = 3 * t_s$$

Ecuación 20

Dónde:

Ts = Tiempo de sedimentación (h)

$$\theta = 3 * 3,75 * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$\theta = 0,18 \text{ h}$$

- Cálculo del volumen del tanque desarenador

$$V_D = \theta * Q_{\text{diseño}}$$

Ecuación 21

Dónde:

θ = Periodo de retención (h)

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño (m^3/h) = 459,72 m^3/h

$$V_D = 0,18 \text{ h} * 459,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_D = 82,75 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área superficial del tanque desarenador

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

Ecuación 22

Dónde:

V_D = Volumen del Tanque (m^3)

H_D = Altura del desarenador (m)

$$A_D = \frac{82,75 \text{ m}^3}{2,00 \text{ m}}$$

$$A_D = 41,38 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del tanque desarenador

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

Ecuación 23

Dónde:

A_D = Área del desarenador (m^2)

$$b_D = \sqrt{\frac{41,38 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b_D = 3,22 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del desarenador

$$L_D = 4 * b_D$$

Ecuación 24

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

$$L_D = 4 * 3,22 \text{ m}$$

$$L_D = 12,88 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida en la unidad del área superficial

$$p_D = \frac{Q_{\text{diseño}}}{A_D}$$

Ecuación 25

Dónde:

A_D = Área del desarenador (m^2)

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño (m^3/h) = 0,127 m^3/s

$$p_D = \frac{0,127 \text{ m}^3/\text{s}}{41,38 \text{ m}^2}$$

$$p_D = 0,0031 \text{ m/s}$$

- Cálculo del tirante de agua sobre el vertedero

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

Ecuación 26

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño (m^3/h) = 0,127 m^3/s

$$H_{tv} = \left(\frac{0,127 \text{ m}^3/\text{s}}{1,84 * 3,22 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{tv} = 0,077 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad del fluido del vertedero

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

Ecuación 27

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño (m^3/h) = 0,127 m^3/s

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

$$v_v = \frac{0,127 \text{ m}^3/\text{s}}{3,22 \text{ m} * 0,077 \text{ m}}$$

$$v_v = 0,51 \text{ m/s}$$

- Cálculo del ancho de la cresta

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

Ecuación 28

Dónde:

v_v = Velocidad del vertedero (m/s)

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

$$X_c = 0,36 * (0,51 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + 0,6(0,077 \text{ m})^{\frac{4}{7}}$$

$$X_c = 0,37 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de la cresta

$$L_c = X_c + 0,1$$

Ecuación 29

Dónde:

X_c = Ancho de la cresta (m)

$$L_c = 0,37 \text{ m} + 0,1$$

$$L_c = 0,47 \text{ m}$$

- Pantalla de salida
- Cálculo de la profundidad de la pantalla

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

Ecuación 30

Dónde:

H_D = Altura del desarenador (m)

$$P_{ps} = \frac{2 \text{ m}}{2}$$

$$P_{ps} = 1 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia del vertedero de salida

$$D_{vs} = 15 * H_{tv}$$

Ecuación 31

Dónde:

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

$$D_{vs} = 15 * 0,077 \text{ m}$$

$$D_{vs} = 1,16 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 32

Dónde:

H_D = Altura del desarenador (m)

$$P_{pe} = \frac{2 \text{ m}}{2}$$

$$P_{pe} = 1 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 33

Dónde:

L_D = Longitud del desarenador (m)

$$D_{cc} = \frac{12,88 \text{ m}}{4}$$

$$D_{cc} = 3,22 \text{ m}$$

➤ Zona de lodos

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

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

Ecuación 34

Dónde:

L_D = Longitud del desarenador (m)

$$D_{ha} = \frac{12,88 \text{ m}}{3}$$

$$D_{ha} = 4,29 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia hacia el vertedero

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

Ecuación 35

Dónde:

L_D = Longitud del desarenador (m)

$$D_{hv} = \frac{2 * 12,88 \text{ m}}{3}$$

$$D_{hv} = 8,58 \text{ m}$$

- Pendiente para el desarenador

- Cálculo de la pendiente transversal

Para el cálculo de la pendiente transversal se asume un valor de 0,5 y 1 m de profundidad.

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

Ecuación 36

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

P_{max} = Profundidad máxima: 1(m)

P_{min} = Profundidad máxima: 0,5 (m)

$$P_{TD} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{3,22 \text{ m}} * 100$$

$$P_{TD} = 15,53 \%$$

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

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

Ecuación 37

Dónde:

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

P_{max} = Profundidad máxima: 1(m)

P_{min} = Profundidad máxima: 0,5 (m)

$$P_{TL} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{4,29 \text{ m}} * 100$$

$$P_{TL} = 11,65 \%$$

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

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

Ecuación 38

Dónde:

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

P_{\max} = Profundidad máxima: 1(m)

P_{\min} = Profundidad máxima: 0,5 (m)

$$P_{TLD} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{8,58 \text{ m}} * 100$$

$$P_{TLD} = 5,83 \%$$

➤ 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 del desarenador: 2,00 (m)

$$P_{ca} = \frac{2 \text{ m}}{3}$$

$$P_{ca} = 0,67 \text{ m}$$

- Cálculo del ancho de la cámara

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

Ecuación 40

Dónde:

b_D = Ancho del desarenador (m)

$$b_{ca} = \frac{3,22}{3}$$

$$b_{ca} = 1,07 \text{ m}$$

- Cálculo de la pérdida de caudal en el desarenador

$$Q = 0,127 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{97}{100}$$

$$Q = 0,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

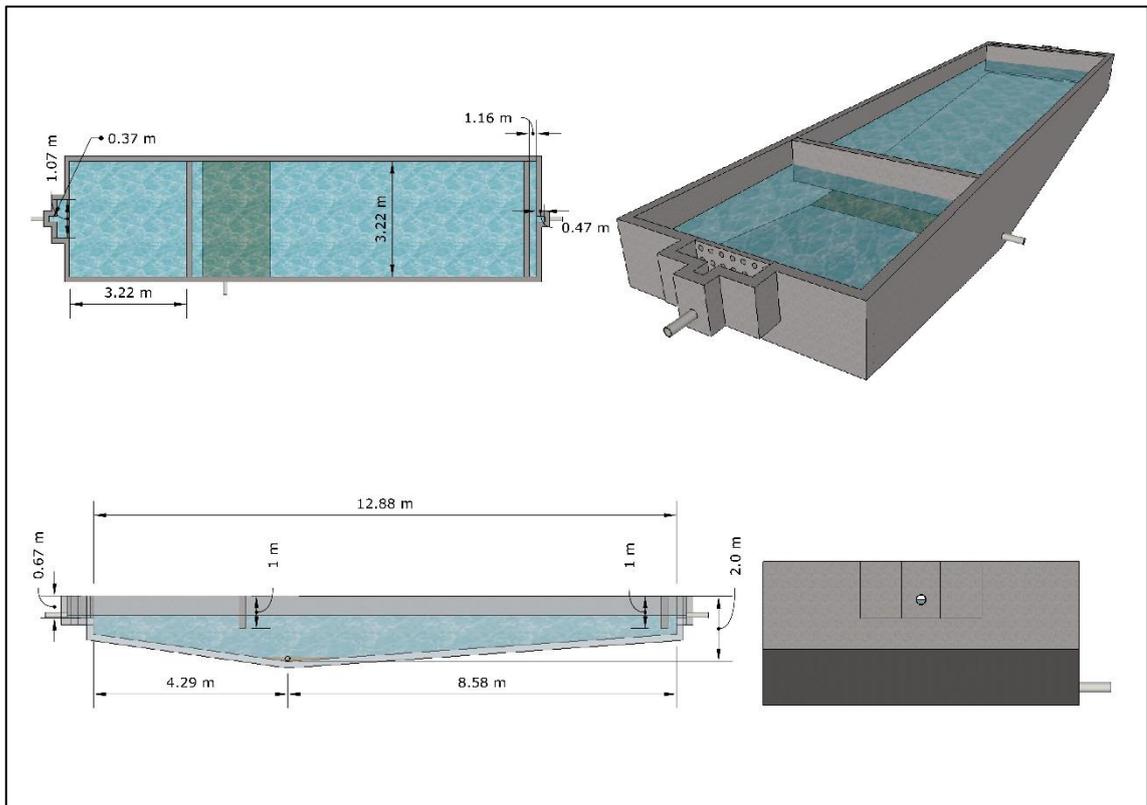


Figura 8-3 Desarenador convencional

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.6 Cálculo de un Tanque de mezcla

- Volumen del tanque; V_{tanque} :

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

Ecuación 41

Dónde:

V_{tanque} = Volumen del tanque (m^3)

Q = Caudal medio de diseño = $0,123 \text{ m}^3/\text{s}$

Trh = Tiempo de retención (s): (Tabla 24-3)

Tabla 10-3 Parámetros de diseño para un tanque mezclador.

Parámetros	Unidades	Medida
Gradiente de velocidad	s ⁻¹	500 – 1000
Tiempo de retención	H	1 – 7

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

Realizado por: Darwin Castillo 2017

$$V_{\text{tanque}} = 0,123\text{m}^3/\text{s} * 3600\text{s}$$

$$V_{\text{tanque}} = 442,8 \text{ m}^3$$

- Diámetro de la cámara de mezcla, DT :

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

Ecuación 42

Dónde:

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

V_{tanque} = Volumen del tanque (m³)

a = Relación geométrica (adimensional):2 (Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

b = Relación geométrica (adimensional):1 (Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 468 \text{ m}^3 * 2}{\pi * 1}}$$

$$DT = 10,41 \text{ m}$$

- Profundidad de la cámara de mezcla, H:

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

Ecuación 43

Dónde:

H = Profundidad de la cámara de mezcla (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a = Relación geométrica (adimensional):2 (Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quindé)

b = Relación geométrica (adimensional):1 (Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quindé)

$$H = 1 * \frac{10.41 \text{ m}}{2}$$

$$H = 5,21 \text{ m}$$

- Diámetro de la turbina:

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

Ecuación 44

Dónde:

D = Diámetro de la turbina (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a = Relación geométrica (adimensional):2 (Junta de agua potable y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$D = \frac{10.41 \text{ m}}{2}$$

$$D = 5,21 \text{ m}$$

- Anchura de los deflectores, W_d :

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

Ecuación 45

Dónde:

W_d = Anchura de los deflectores (m)

D = Diámetro de la turbina (m)

$$W_d = \frac{5,21 \text{ m}}{10}$$

$$W_d = 0,52 \text{ m}$$

- Dimensiones de las paletas
 - Longitud de la paleta, B:
 -

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

Ecuación 46

Dónde:

B = Longitud de la paleta (m)

D = Diámetro de la turbina (m)

$$B = \frac{5,21 \text{ m}}{4}$$

$$B = 1,30 \text{ m}$$

- Alto de la paleta,

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

Ecuación 47

Dónde:

W = Alto de la paleta (m)

D = Diámetro de la turbina (m)

$$W = \frac{5,21 \text{ m}}{4}$$

$$W = 1,30 \text{ m}$$

- Potencia aplicada al agua residual, P:

El cálculo de la potencia es necesario ya que influye mucho el número de revoluciones determinando la eficiencia del proceso de tratamiento.

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

Ecuación 48

Dónde:

P = Potencia aplicada al agua residual

v = Viscosidad dinámica (Ns/m²); 1,102x10⁻³ Ns/m² (Tabla 23-3)

V_{tanque} = Volumen del tanque (m³)

G = Gradiente de velocidad (s⁻¹); 1000 s⁻¹(Tabla24-3)

$$P = 1,102 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2 * 442,8 \text{ m}^3 * (1000 \text{ s}^{-1})^2$$

$$P = 487965,6 \text{ Watt}$$

$$P = 487,97 \times 10^3 \text{ Watt}$$

- Velocidad de rotación; :

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

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

Ecuación 49

Dónde:

N = Velocidad de rotación (rpm)

P = Potencia aplicada al agua residual (Watt)

D = Diámetro de la turbina (m)

K = Número de potencia; 6,3 adimensional (Tabla 25-3)

ρ = Densidad del agua (Kg/m^3); 998,2 Kg/m^3 (Tabla 23-3)

Tabla 11-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina.

Impulsor	Nº de potencia K
Hélice pinch cuadrada, 3 paletas	0,32
Hélice pinch 2, 3 paletas	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: Darwin Castillo 2017

$$N = \sqrt[3]{\frac{487,97 \times 10^3 \text{ Watt}}{6,3 * 998,2 \text{ Kg/m}^3 * (5,21 \text{ m})^5}}$$

$$N = 0,27 \text{ rev/s}$$

$$N = 16,2 \text{ rpm}$$

- Anchura de las paletas del impulsor, q:

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

Ecuación 50

Dónde:

q = Anchura de las paletas del impulsor (m)

D = Diámetro de la turbina (m)

$$q = \frac{5,21 \text{ m}}{5}$$

$$q = 1,04 \text{ m}$$

- Diámetro del disco central, S:

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

Ecuación 51

Dónde:

S = Diámetro del disco central (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$S = \frac{10,41 \text{ m}}{4}$$

$$S = 2,60 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 52

Dónde:

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

D = Diámetro de la turbina (m)

$$h = \frac{5,21 \text{ m}}{1}$$

$$h = 5,21 \text{ m}$$

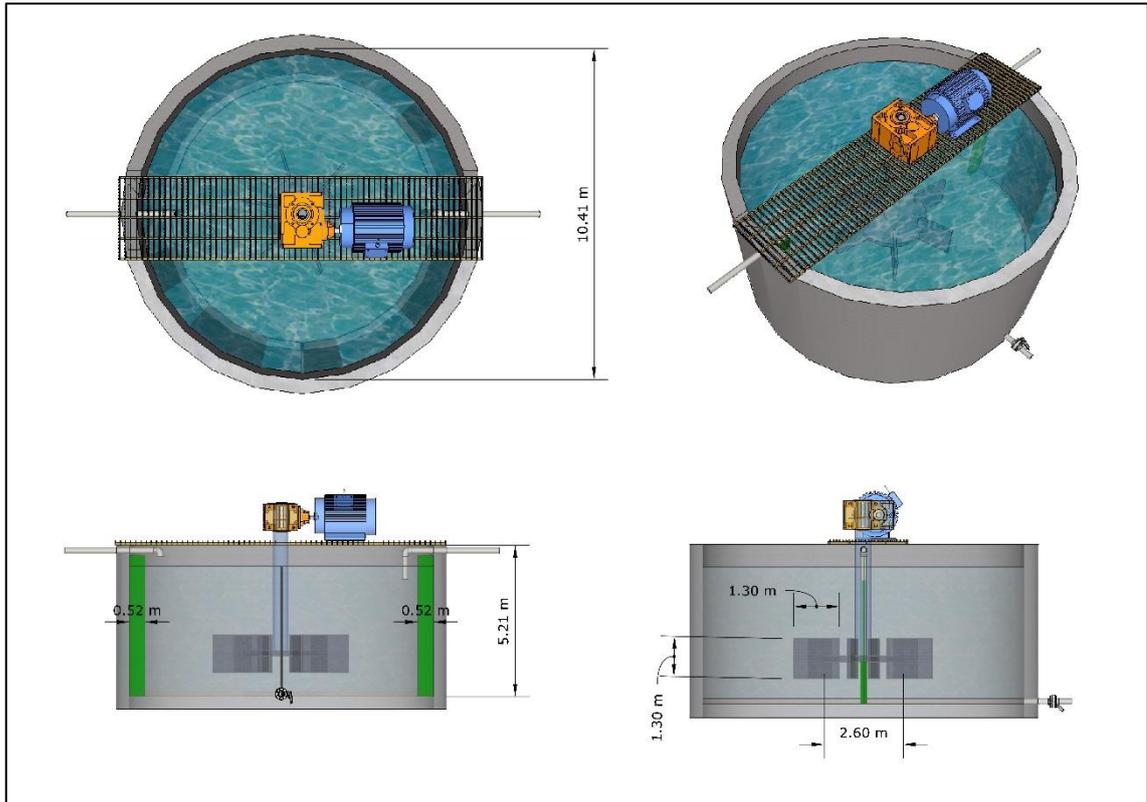


Figura 9-3 Tanque mezclador

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.7 Cálculo de la dosificación de productos químicos

- Dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC), D_{PAC} :

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

Ecuación 53

Dónde:

$C1$ = Concentración del PAC: 0,005 g/ml

$C2$ = Concentración de PAC: valor calcular

$V1$ = Volumen ocupado de la solución de PAC: 4ml

$V2$ = Volumen del agua residual en la prueba de jarras: 1000m l

$$0,005\text{g/ml} * 4 \text{ ml} = C2 * 1000\text{ml}$$

$$C2 = \frac{0,005\text{g/ml} * 4 \text{ ml}}{1000\text{ml}}$$

$$C2 = 0,0002 \text{ g/ml}$$

$$C2 = 0,2 \text{ g/L}$$

$$\text{Conc}_{\text{PAC}} = 0,2 \text{ g/L}$$

- Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC)

$$C_{\text{PAC}} = \text{Conc}_{\text{PAC}} * D_{\text{PAC}}$$

Ecuación 54

Dónde:

Conc_{PAC} = Concentración de PAC óptimo: 0,2 g/L

D_{PAC} = Dosificación de Policloruro de Aluminio (L/día)

$$C_{\text{PAC}} = 0,2 \text{ g/l} * 10972800 \text{ L/día}$$

$$C_{\text{PAC}} = 2194560 \text{ g/día}$$

$$C_{\text{PAC}} = 2194,56 \text{ Kg/día}$$

- Cálculo de la pérdida de caudal en el desarenador

$$Q = 0,123 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{95}{100}$$

$$Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.3.8 Cálculo de un sedimentador

- Cálculo del área del sedimentador, A_s :

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

Ecuación 55

Dónde:

A_s = Área del sedimentador (m^2)

Q = Caudal medio de diseño: $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$

C_s = Carga superficial: $70 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$: $8,10 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{s}$ (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$A_s = \frac{0,116 \text{ m}^3/\text{s}}{8,10 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{s}}$$

$$A_s = 143,21 \text{ m}^2$$

- Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas, v_s :

$$v_s = \frac{Q}{A_s * \text{sen } \theta}$$

Ecuación 56

Dónde:

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

A_s = Área del sedimentador (m^2)

Q = Caudal medio de diseño = $0,116 m^3/s$

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

$$v_s = \frac{0,116 m^3/s}{143,21 m^2 * \text{sen } 60}$$

$$v_s = 9,353 \times 10^{-4} m/s$$

$$v_s = 0,0935 cm/s$$

- Longitud relativa del sedimentador, L_r :

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

Ecuación 57

Dónde

L_r = Longitud relativa del sedimentador (m)

l = Longitud recorrida a través de la placa: 1,2 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

d_p = Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0,06 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$L_r = \frac{1,2 m}{0,06 m}$$

$$L_r = 20$$

- Número de Reynolds,

$$Re = \frac{v_s * d_p}{\theta}$$

Ecuación 58

Dónde:

Re = Número de Reynolds: adimensional

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

d_p = Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0,06 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

θ = Viscosidad dinámica del agua (m^2/s); $1,003 \times 10^{-6}$ (m^2/s) (Tabla 23-3)

$$Re = \frac{9,353 \times 10^{-4} \text{ m/s} * 0,06 \text{ m}}{1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 55,95$$

- Longitud de transmisión, L' :

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

Ecuación 59

Dónde:

L' = Longitud de transmisión: adimensional

Re = Número de Reynolds: adimensional

$$L' = 0,013 * 55,95$$

$$L' = 0,73$$

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

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

Ecuación 60

Dónde:

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

L' = Longitud de transmisión: adimensional

L_r = Longitud relativa del sedimentador (m)

$$L_{cr} = 20 - 0,73$$

$$L_{cr} = 19,27$$

- Velocidad de sedimentación crítica, v_{SC} :

$$v_{SC} = \frac{S_C * v_s}{\text{sen}(\theta) + (L_{cr} + \cos \theta)}$$

Ecuación 61

Dónde:

v_{SC} = Velocidad de sedimentación crítica: cm/s

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

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

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

θ = Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60^0

$$v_{SC} = \frac{1 * 0,0935 \text{ cm/s}}{\text{sen}(60) + (19,27 + \cos 60)}$$

$$v_{SC} = 0,0045 \text{ cm/s}$$

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

$$t_{rp} = \frac{l}{v_s}$$

Ecuación 62

Dónde:

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

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

l = Longitud recorrida a través de la placa: 1,2 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$t_{rp} = \frac{1,2 \text{ m}}{9,353 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$$

$$t_{rp} = 1283,01 \text{ s}$$

$$t_{rp} = 21,38 \text{ min}$$

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

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

Ecuación 63

Dónde:

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

A_s = Área del sedimentador (m²)

H_s = Altura total: 3,0 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

Q = Caudal medio de diseño = 0,123 m³/s

$$t_{rh} = \frac{143,21 \text{ m}^2 * 3 \text{ m}}{0,116 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$t_{rh} = 3703,71 \text{ s}$$

$$t_{rh} = 61,73 \text{ min}$$

- Ancho del sedimentador, a :

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

Ecuación 64

Dónde:

a = Ancho del sedimentador (m)

A_s = Área del sedimentador (m^2)

$$a = \sqrt{\frac{143,21 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 8,46 \text{ m}$$

- Longitud del sedimentador, l_s :

$$l_s = a * 2$$

Ecuación 65

Dónde:

l_s = Longitud del sedimentador (m)

a = Ancho del sedimentador (m)

$$l_s = 8,46 \text{ m} * 2$$

$$l_s = 16,92 \text{ m}$$

- Número de placas por modulo, N_p :

$$N_p = \frac{(l_s * \text{sen } \theta) + d_p}{d_p + e_p}$$

Ecuación 66

Dónde:

N_p = Número de placas por modulo: unidad

l_s = Longitud del sedimentador (m)

d_p = Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0,06 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

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

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

$$N_p = \frac{(16,92 \text{ m} * \text{sen } 60) + 0,06 \text{ m}}{0,06 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}$$

$$N_p = 210,19$$

$$N_p = 210 \text{ unidades}$$

- Volumen del sedimentador, V:

$$V = l_s * a * h$$

Ecuación 67

Dónde:

V = Volumen del sedimentador (m^3)

l_s = Longitud del sedimentador (m)

a = Ancho del sedimentador (m)

h = Altura del sedimentador: 3,0 m (Valor sugerido por la Junta de agua y alcantarillado del cantón Quinindé)

$$V = 16,92 \text{ m} * 8,41 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$V = 426,89 \text{ m}^3$$

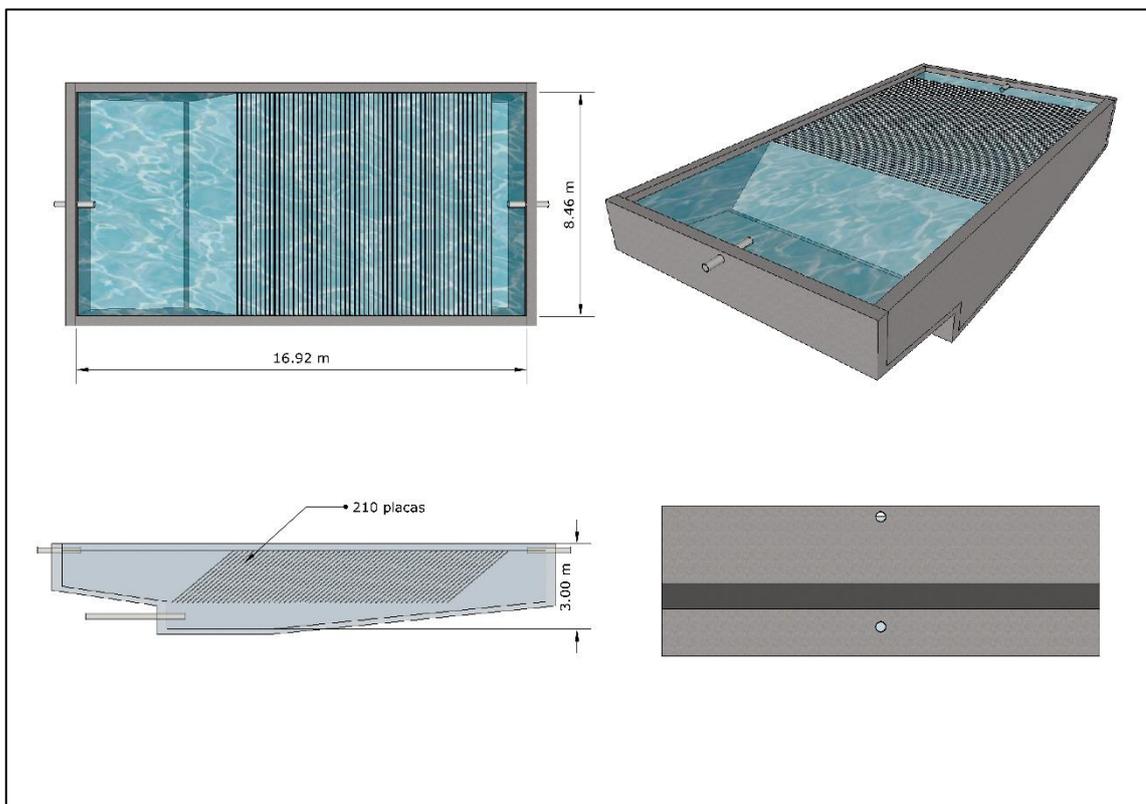


Figura 10-3 Sedimentador

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.9 Cálculo del Filtro con medios granulares

Para dimensionar el filtro se utiliza una perdida en el caudal del 5% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado

$$Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{95}{100}$$

$$Q = 0,110 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 9504 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Numero de filtros, n:

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

Ecuación 68

Dónde:

n = Numero de filtros

Q = Caudal medio de diseño = 5054,4 m³/s

$$n = 0,044 * \sqrt{9504 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

$$n = 4,29 \approx 4$$

- Caudal de diseño de filtración, Q_f:

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

Ecuación 69

Dónde:

Q_f = Caudal de diseño de filtración (m³/ día)

n = Número de filtros: 3 unidades

Q = Caudal medio de diseño = 5054,4 m³/s

$$Q_f = \frac{9504 \text{ m}^3/\text{dia}}{3}$$

$$Q_f = 3168 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Área del filtro, A_f :

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

Ecuación 70

Dónde:

A_f = Área del filtro (m²)

Q_f = Caudal de diseño de filtración (m³/ día)

T_f = Tasa de filtración: m/día (tabla 25-3)

$$A_f = \frac{3168 \text{ m}^3/\text{dia}}{9 \text{ m}/\text{dia}}$$

$$A_f = 352 \text{ m}^2$$

Tabla 12-3 Parámetros de diseño de filtro.

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

Fuente: (ROMERO, 1999)

Realizado por: Darwin Castillo 2017

- Coeficiente de costo mínimo, k_c :

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

Ecuación 71

Dónde:

k_c = Coeficiente de costo mínimo

n = Número de filtros: 3 unidades

$$k_c = \frac{2 * 4}{1 + 4}$$

$$k_c = 1,6$$

- Ancho del filtro, af :

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

Ecuación 72

Dónde:

af = Ancho del filtro (m)

A_f = Área del filtro (m^2)

k_c = Coeficiente de costo mínimo

$$af = \sqrt{\frac{352 \text{ m}^2}{1,6}}$$

$$af = 14,83 \text{ m}$$

- Largo del filtro, :

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

Ecuación 73

Dónde:

L_F = Largo del filtro (m)

A_f = Área del filtro (m²)

k_c = Coeficiente de costo mínimo

$$L_F = \sqrt{1,6 * 352 \text{ m}^2}$$

$$L_F = 23,73 \text{ m}$$

- Composición del lecho filtrante.
- Altura del lecho filtrante, HLF:

EL lecho filtrante del filtro se compone de zeolita, arena y grava mejorando la calidad del filtrado.

$$HLF = e_z + e_a + e_g$$

Ecuación 74

Dónde:

HLF = Altura del lecho filtrante (m)

e_z = Espesor de la capa de zeolita (m): (tabla 26-3)

e_a = Espesor de la capa de zeolita (m): (tabla 26-3)

e_g = Espesor de la capa de zeolita (m): (tabla 26-3)

$$HLF = 0,40 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,15 \text{ m}$$

$$HLF = 0,80 \text{ m}$$

Tabla 13-3 Disposición de medios filtrantes.

Capa	Medio	Diámetro del grano (ϕ , mm)	Espesor (e, m)
4	Medio absorbente (Zeolita)	$\geq 2,25$	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 agua – ESPOCH)

Realizado por: Darwin Castillo 2017

- Altura del filtro, Z_f :

Para el cálculo de la altura del filtro se toma en cuenta un factor de seguridad de 10% para a futuro evitar derrames. (Asfalp)

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

Ecuación 75

Dónde:

Z_f = Altura del filtro

f_s = Factor de seguridad: 10%

C_a = Altura de la capa de agua (m): (Tabla 25-3)

HLF = Altura del lecho filtrante (m)

C_s = Altura de la capa de soporte de grava (m): (Tabla 26-3)

F_C = Altura de drenaje (m): (Tabla 25-3)

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

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

- Volumen del filtro, V_f :

$$V_f = Z_f * L_f * a_f$$

Ecuación 76

Dónde:

V_f = Volumen del filtro (m^3)

Z_f = Altura del filtro (m)

L_f = Largo del filtro (m)

a_f = Ancho del filtro (m)

$$V_f = 3,03 \text{ m} * 23,73 \text{ m} * 14,83 \text{ m}$$

$$V_f = 45,59 \text{ m}^3$$

- 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 77

Dónde:

A_o = Área de cada orificio (m)

D = Diámetro del orificio: (m) (Tabla 27-3)

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

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

Tabla 14-3 Parámetros de diseño de laterales.

Parámetro	Valor	Valor típico
Espaciamiento de los laterales (m)	1,5 – 20	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 el orificio (m/s)	0,3	0,3

Fuente: (VINGNESWARAN, 1995)

Realizado por: Darwin Castillo 2017

- Caudal que ingresa a cada orificio, Q_o :

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 78

Dónde:

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

v_o = Velocidad en el orificio (m/s): (Tabla 27-3)

A_o = Área de cada orificio (m)

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

$$Q_o = 3,78 \times 10^{-6} m^3/s$$

- Número de laterales, N_t :

$$N_t = n * \frac{L_F}{el}$$

Ecuación 79

Dónde:

N_t = Número de laterales

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

el = Separación de laterales (m): 1,5 (Tabla 27-3)

L_F = Largo del filtro (m)

$$N_t = 2 * \frac{23,73 m}{1,5 m}$$

$$N_t = 31,64 \approx 32$$

- Diámetro de entrada al filtro, D_t :

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

Ecuación 80

Dónde:

D_t = Diámetro de entrada al filtro (m)

v_t = Velocidad tubería afluente (m/s): (Tabla 28-3)

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

$$D_t = \sqrt{\frac{4 * 0,037 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 2 \text{ m/s}}}$$

$$D_t = 0,15 \text{ m}$$

Tabla 15-3 Velocidades de diseño para tuberías del filtro.

Parámetro	Valor	Valor típico
Afluente	0,15 – 3	2
Efluente	0,4 – 0,9	0,65

Fuente: (ROMERO, 1999)

Realizado por: Darwin Castillo 2017

- Diámetro de salida del filtro

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 * Q_f}{\pi * v_s}}$$

Ecuación 81

Dónde:

D_t = Diámetro de entrada al filtro (m)

v_s = Velocidad tubería efluente (m/s): (Tabla 28-3)

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

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 * 0,037 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0,65 \text{ m/s}}}$$

$$D_{ts} = 0,27 \text{ m}$$

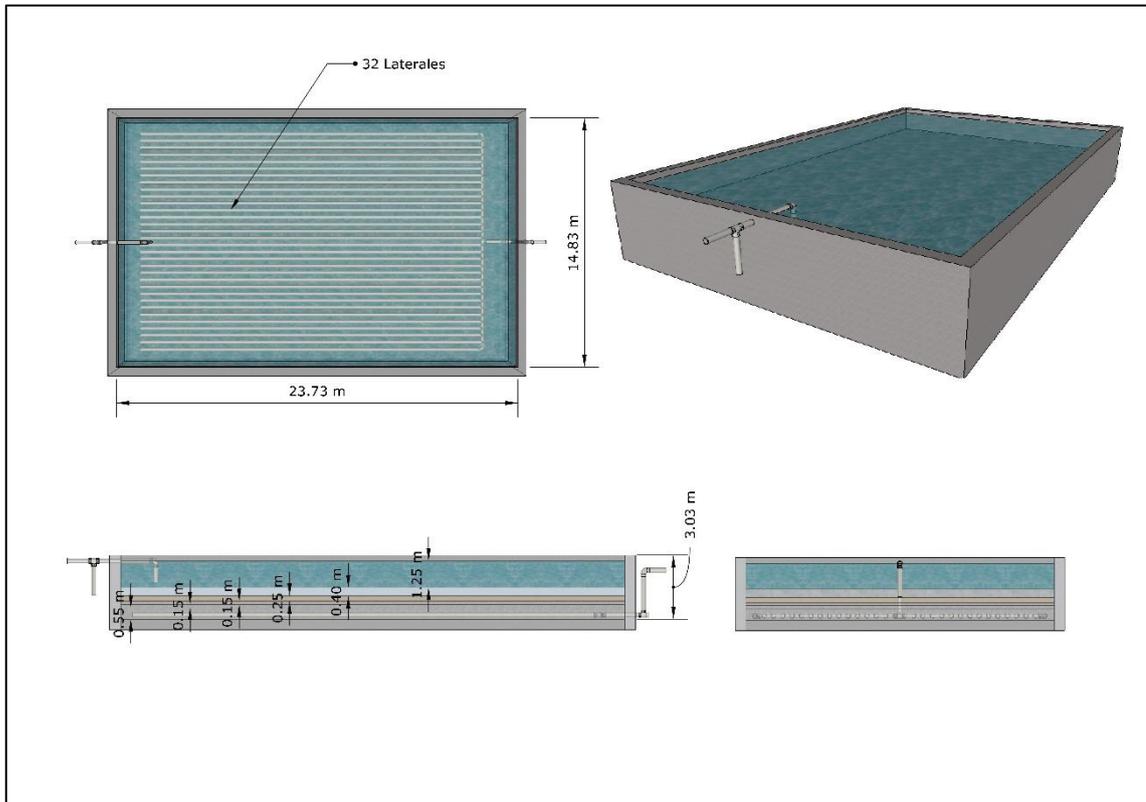


Figura 11-3 Filtro con medios granulares

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.10 Cálculo del Lecho de secado

- Contribución per cápita de los sólidos suspendidos

Se estima la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión que genera cada Habitante por día:

Dónde:

SS = Sólidos en suspensión: 95 mg/L

$Q_{\text{diseño}} = \text{Caudal de diseño (m}^3/\text{h)} = 0,128 \text{ m}^3/\text{s}$

$$95 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1}{172393 \text{ hab}} * \frac{10972,8 \text{ m}^3}{1 \text{ dia}} * \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 6.05 \text{ g}_{\text{SS}}/\text{hab. dia}$$

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

La carga de sólidos que ingresa al desarenador, tanque de mezcla y sedimentador en estado de lodos y por consecuente pasa al lecho de secado para ser posteriormente retirados como materia solida luego de un proceso de deshidratación.

$$C = \frac{\text{Pf} * \text{contribucion per capita}}{1000}$$

Ecuación 82

Dónde:

Pf = Población futura: 180414 Habitantes

$$C = \frac{172393 \text{ hab} * 6.05 \text{ g}_{\text{SS}}/\text{hab. dia}}{1000}$$

$$C = 1042,98 \text{ Kg}_{\text{SS}}/\text{dia}$$

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

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

Ecuación 83

Dónde:

M_{sd} = Masa de sólidos que conforman los lodos

C = Carga de sólidos en suspensión ($\text{Kg}_{\text{SS}}/\text{día}$): 1099,803 $\text{Kg}_{\text{SS}}/\text{día}$

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 1042,98 \text{Kg}_{SS}/\text{dia}) + (0,5 * 0,3 * 1042,98 \text{ Kg}_{SS}/\text{dia})$$

$$M_{sd} = 338,97 \text{ Kg}_{SS}/\text{dia}$$

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

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

Ecuación 84

Dónde:

V_{DL} = Volumen diario de lodos digeridos: L/día

M_{sd} = Masa de sólidos que conforman los lodos: $\text{Kg}_{ss}/\text{día}$

ρ = Densidad de lodos: 1,04 Kg/L (tabla 25-3)

% sólidos = Porcentaje de sólidos: 12 % (tabla 25-3)

Tabla 16-3 Parámetros para determinar el volumen diario de lodos digeridos.

Parámetro	Densidad Kg/L	Porcentaje de solidos %
Lodos	1,04	8 – 12

Fuente: (OPS/CEPIS/05, 1992)

Realizado por: Darwin Castillo 2017

$$V_{DL} = \frac{338,97 \text{ Kg}_{SS}/\text{dia}}{1,04 \text{ Kg/L} \left(\frac{12}{100} \right)}$$

$$V_{DL} = 2716,11 \text{ L}/\text{dia}$$

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

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

Ecuación 85

Dónde:

V_{LE} = Volumen de lodos a extraerse del tanque: m^3

V_{DL} = Volumen diario de lodos digeridos: L/día

t_{DE} = Tiempo de digestión (20 °C): 40 días (tabla 26-3)

Tabla 17-3 Parámetros para determinar el volumen de lodos a extraerse.

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

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 1992)

Realizado por: Darwin Castillo 2017

$$V_{LE} = \frac{2716,11 \text{ L/día} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 108,64 \text{ m}^3$$

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

La profundidad del lecho que va a depositarse en el lecho de secado es de 0,20 a 0,80 m según la OPS/CEPIS/05.163. La profundidad es de 0,80 m en base a los valores mencionados.

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

Ecuación 86

Dónde:

A_{LS} = Área del lecho de secado: m^2

V_{LE} = Volumen de lodos a extraerse del tanque: m^3

H_d = Profundidad de la aplicación: 0,80 m

$$A_{LS} = \frac{108,64 \text{ m}^3}{0,80 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 135,8 \text{ m}^2$$

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

La longitud del lecho de secado puede estar entre 3 a 6 m según la OPS/CEPIS/05.163. Por lo que para nuestros cálculos tomaremos el valor de 6 m de ancho.

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

Ecuación 87

Dónde:

L_{LS} = Longitud del lecho de secado: m

A_{LS} = Área del lecho de secado: m^2

b_{LS} = Ancho del lecho de secado: 6 m

$$L_{LS} = \frac{1,36m^2}{6 \text{ m}}$$

$$L_{LS} = 22,63 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 88

Dónde:

V_{TL} = Volumen del tanque para lodos: m^3

L_{LS} = Longitud del lecho de secado: m

b_{LS} = Ancho del lecho de secado: 6 m

H_s = Profundidad de la aplicación: 0,80 m

$$V_{TL} = 22,63 \text{ m} * 6 \text{ m} * 0,80 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 108,62 \text{ m}^3$$

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

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

Ecuación 89

Dónde:

T_{DL} = Tiempo para desalojar el lodo: horas

V_{TL} = Volumen del tanque para lodos: m^3

Q_P = Caudal de diseño: $0,134 \text{ m}^3/\text{s}$

$$T_{DL} = \frac{108,62 \text{ m}^3}{0,127 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_{DL} = 855,27 \text{ s}$$

$$T_{DL} = 0,24 \text{ h}$$

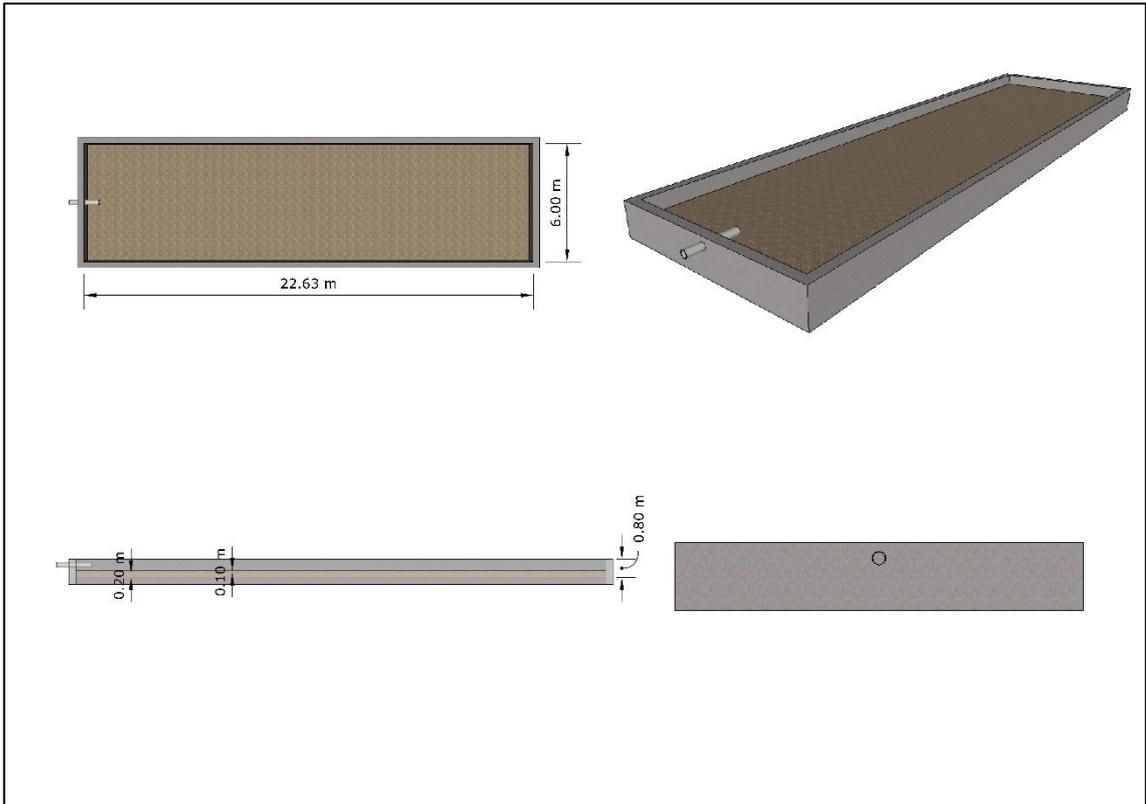


Figura 12-3 Lecho de secado

Realizado por: Darwin Castillo, 2017

3.3.11 Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas.

Tabla 18-3 Dimensiones del canal de captación

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Altura del canal	h	m	1,5
Ancho del canal	b	m	1,0
Longitud	L	m	1,00
Pendiente	S	%	0,05
Área del canal	A	m ²	1,5
Altura máxima del agua	h_{max}	m	0,86

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 19-3 Dimensiones de la zona de desbaste

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Número de barras	N_B	Unidades	32
Ancho del canal	b	m	1
Espesor de barra	e	mm	10
Separación entre barras	S_p	mm	20
Longitud de las barras	L_B	m	1,22
Ángulo de inclinación	θ	grados	45
Longitud sumergida	L_{SR}	m	0,37

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 20-3 Dimensiones del desarenador convencional

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Altura	H_D	m	2,0
Volumen del tanque	V_D	m ³	82,75
Área superficial	A_D	m ²	41,38
Ancho del desarenador	b_D	m	3,22
Longitud	L_D	m	12,88
Tirante de agua sobre el vertedero	H_{tv}	m	0,077
Ancho de la cresta	X_c	m	0,37
Longitud de la cresta	L_c	m	0,47
Pantalla de salida			
Profundidad	P_{ps}	m	1
Distancia al vertedero de salida	D_{vs}	m	1,16
Pantalla de entrada			
Profundidad	P_{pe}	m	1
Distancia de la cámara de aquietamiento o de control	D_{cc}	m	3,22
Zona de lodos			
Distancia hacia la de aquietamiento o de control	D_{ha}	m	4,29
Distancia hacia el vertedero	D_{hv}	m	8,58
Pendientes			
Profundidad máxima	P_{max}	m	1
Profundidad mínima	P_{min}	m	0,50
Pendiente transversal	P_{TD}	%	15,53
Pendiente longitudinal ($L_D/3$)	P_{TL}	%	11,65
Pendiente longitudinal $2L_D/3$	P_{TLD}	%	5,83
Cámara de aquietamiento o de control			
Profundidad de la cámara	P_{ca}	m	0,67
Ancho de la cámara	b_{ca}	m	1,07

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 21-3 Dimensiones de un tanque de mezcla

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Volumen	V_{tanque}	m ³	442,8
Diámetro de la cámara de mezcla	DT	m	10,41
Relación geométrica	a	unidades	2
Relación geométrica	b	unidades	1
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	5,21
Diámetro de la turbina	D	m	5,21
Ancho deflectores	W_d	m	0,52
Dimensiones de las paletas			
Longitud	B	m	1,30
Alto	W	m	1,30
Potencia aplicada al agua residual	P	Watt	487965,6
Velocidad de rotación	N	rpm	16,2
Anchura de las paletas impulsor	q	m	1,04
Diámetro del disco central	S	m	2,60
Altura del impulsor	h	m	5,21

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 22-3 Dosificación de productos químicos

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Dosificación del PAC	D_{PAC}	L/día	10972800
Cantidad de PAC	C_{PAC}	Kg/día	2194,56

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 23-3 Dimensionamiento de un sedimentador

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Área	A_s	m ²	143,21
Velocidad de flujo placas inclinadas	v_s	cm/s	0,0935
Longitud relativa	L_r	unidades	20
Numero de Reynolds	R_e	unidades	55,95
Longitud de transmisión	L'	unidades	0,73
Longitud relativa	L_{cr}	unidades	19,27
Velocidad de sedimentación crítica	v_{sc}	cm/s	0,0045
Tiempo de retención en las placas	t_{rp}	min	21,38
Tiempo de retención en el sedimentador	t_{rh}	min	61,73
Ancho sedimentador	a	m	8,46
Altura del sedimentador	H_s	m	3
Longitud sedimentador	l_s	m	16,92
Número de placas por modulo	N_p	unidades	210
Volumen del sedimentador	V	m ³	426,89

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 24-3 Dimensiones del filtro

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Número de filtros	n	Unidades	4
Caudal de diseño de filtración	Q_f	m ³ /día	3168
Área superficial	A_f	m ²	352
Coefficiente de costo mínimo	K_c	Unidades	1,6
Ancho	a_f	m	14,83
Largo	L_f	m	23,73
Altura	Z_f	m	3,03
Volumen	V_f	m ³	1066,30
Lecho filtrante			
Altura	HLF	m	0,80
Sistema de drenaje			
Área de cada orificio	A_o	m ²	0,0000126
Caudal que ingresa a cada orificio	Q_o	m ³ /s	0,00000377
Número de laterales	N_t	Unidades	32
Diámetro de entrada al filtro	D_t	m	0,15
Diámetro de salida del filtro	D_{ts}	m	0,27

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 3-2 Lecho de secado

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Contribución per cápita	$C. per capita$	g _{ss} /hab.día	6,05
Carga de sólidos suspendidos	C	Kg _{ss} /día	1042,98
Masa de sólidos de los lodos	M_{sd}	Kg _{ss} /día	338,97
Volumen diario de lodos	V_{DL}	L/día	2716,11
Volumen lodos a extraerse del tanque	V_{LE}	m ³	108,64
Área del lecho de secado	A_{LS}	m ²	135,8
Longitud del lecho de secado	L_{LS}	m	22,63
Ancho del lecho de secado	b_{LS}	m	6
Profundidad	H_S	m	0,80
Volumen del tanque para lodos	V_{TL}	m ³	108,62
Tiempo para desalojar el lodo	T_{DL}	h	0,24
Lecho			
Capa de grava		m	0,10
Capa de arena		m	0,20

Realizado por: Darwin Castillo 2017

3.4 Proceso de producción

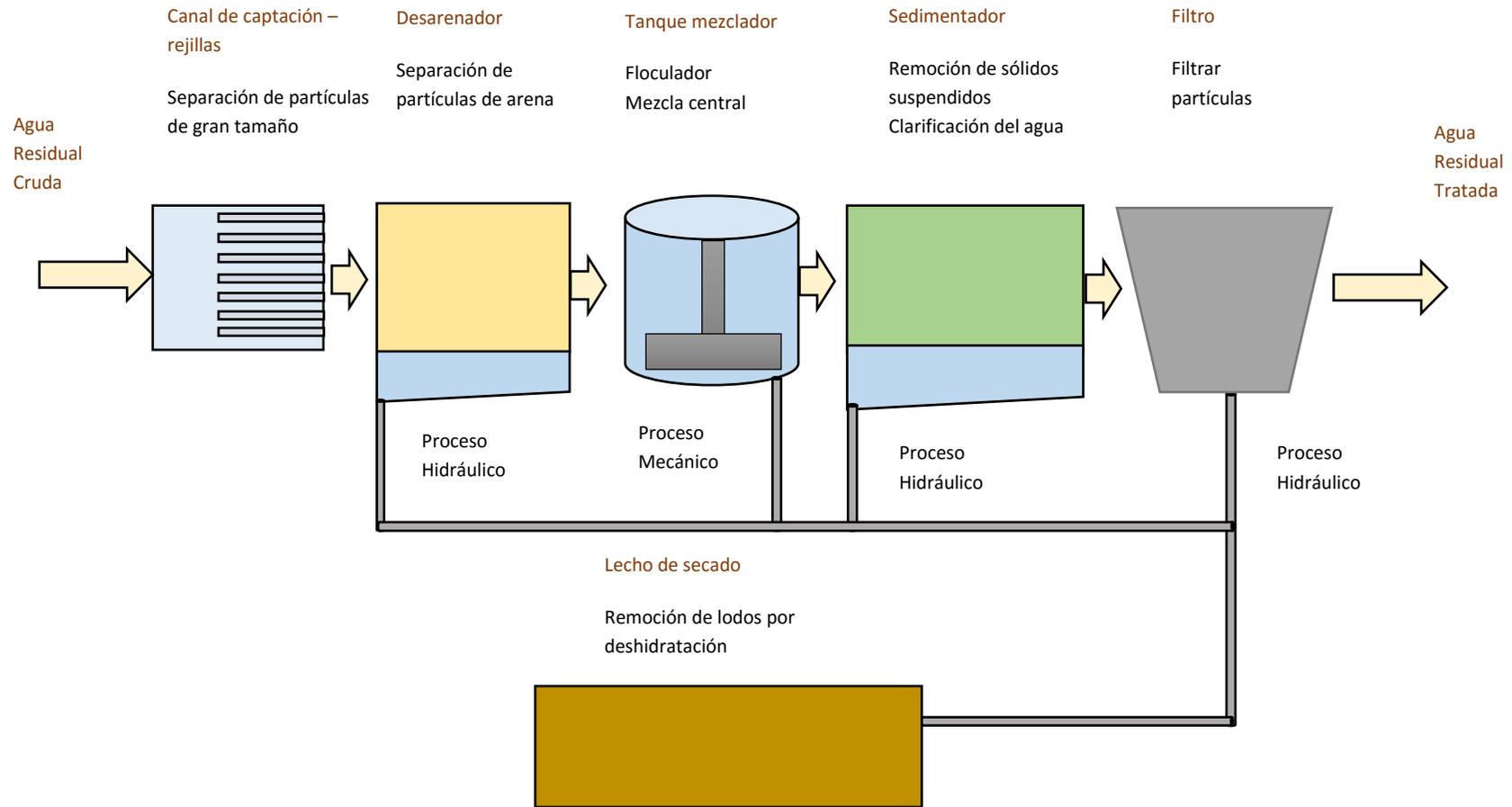


Figura 13-3 Sistema de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Darwin Castillo 2017

3.5 Requerimiento de tecnología

3.5.1 *Requerimientos tecnológicos para la caracterización de Aguas Residuales domésticas*

El requerimiento de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales se efectúa con el nivel de contaminación del agua para lo cual se hace un análisis del agua residual inicial a nivel de laboratorio utilizando reactivos y equipos.

Tabla 26-3 Requerimiento tecnológico para la caracterización de Aguas residuales.

Parámetro	Materiales	Reactivo y equipos	Procedimiento
DBO5	<ul style="list-style-type: none"> - Botella de incubación - Tampones de copa - Capsula magnética - Termómetro y Embudo 	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones de tampón de sulfato - Solución de sulfato de magnesio - Solución de cloruro férrico 	<p>Preparar la disolución y la muestra blanca</p> <p>Determinar mediante electrodo selectivo el oxígeno disuelto</p> <p>Incubar durante 5 días en oscuridad a 20°C±1</p>
DOQ	<ul style="list-style-type: none"> - Tubo de digestión - Pipeta volumétrica - Viales con reactivos Gradilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema Ftalato Ácido de Potasio (KHP). 	<p>Homogeneizar 100 ml de muestra durante 30 segundos en una mezcladora. Conectar el reactor de DQO y precalentar a 150°C.</p> <p>Preparar el reactivo para la curva patrón y luego se realizar diluciones del patrón (KHP).</p> <p>Sostener el tubo en un ángulo de 45 grados y adicionar 2 ml de cada dilución a los tubos.</p> <p>Para el punto cero de la curva se utiliza 2 ml de agua destilada. Se tapan los tubos y se los invierte cuidadosamente para mezclarlos completamente.</p>

Sólidos sedimentables	<ul style="list-style-type: none"> - Cono Imhoff - Vaso 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema - Hexano 	<p>Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra.</p> <p>Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/1).</p>
Sólidos totales	<ul style="list-style-type: none"> - Vasos de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema 	<p>Pesar una caja Petri previamente tarada (vacía).</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Caja Petri - Estufa y Desecador - Balanza Analítica 		<p>Agitar la muestra y colocar 25 mL en la caja. Someter a baño maría hasta sequedad. Introducir a la estufa luego decantar. Dejar por 15 min y pesar.</p>
pH	<ul style="list-style-type: none"> - Vaso de precipitación 250 ml - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema - Potenciómetro 	<p>Calibrar el potenciómetro.</p> <p>Introducir el electrodo de cristal, esperar que se estabilice el lector.</p> <p>Limpiar el electrodo con agua destilada para un posterior uso.</p>
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> - Vasos de precipitación - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema - Conductímetro 	<p>Colocamos un 100 mL de muestra en un vaso de precipitación de 250 mL. Limpiar varias veces el área de la celda conductométrica con agua destilada.</p> <p>Sumergir en la muestra, tomara nota del valor y limpiar el electro con agua destilada.</p>

Color	<ul style="list-style-type: none"> - Cubeta de análisis 10 mL - Pipeta - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) - Agua destilada - Agua problema 	<p>Seleccionar el test 125 color 465 nm</p> <p>Muestra preparada</p> <p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Solución blanca</p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra. Limpiar bien en el exterior de la cubeta (el blanco), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en pantalla: 0 - La pantalla indicara: 0 units PtCo <p>Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en pantalla: medición - La pantalla indicara: 0 units PtCo
Sulfatos	<ul style="list-style-type: none"> - Cubeta de análisis 10 mL - Pipeta - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Sulfato AV - HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) 	<p>Seleccionar el test 285 Sulfato AV</p> <p>Muestra preparada</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema 	<p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Añadir el contenido de un sobre de reactivo FerroVer en polvo y agitar.</p> <p>Seleccionar en la pantalla del temporizador, pulsar OK y comienza un periodo de reacción.</p> <p>Solución blanca</p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra. Colocar la solución blanca en espectrofotómetro y su lectura sera de 0</p> <p>Colocar la muestra preparada con las mismas indicaciones y proceder a leer.</p> <p>Cada lectura tiene un tiempo de espera de 5 min.</p>
Coliformes facales	- Caja Petri	- Agua problema	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.

Fuente: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed
Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 27-3 Requerimiento tecnológico para el test de jarras.

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Se utilizan para determinar las dosis más efectivas de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, especialmente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente.	<ul style="list-style-type: none"> - Recipientes de vidrio. - Varilla de agitación. - Cronometro - Pipeta de 10 mL - Policloruro de Aluminio (PAC) 	Colocar 1 litro de agua residual, añadir 4 mL de solución de PAC agitar durante 4 – 5 min y dejar reposar por 30 min.

Realizado por: Darwin Castillo 2017

Tabla 28-3 Requerimiento tecnológico para el filtro.

Fundamento	Materiales	Procedimiento
La filtración es un proceso que da en aguas subterráneas y Vertientes de forma natural. El agua pasa por medio poroso como rocas, arena, grava y otros materiales granulados.	<ul style="list-style-type: none"> - Recipientes de polietileno. - Grava - Arena - Zeolita 	Colocar el agua residual con el PAC dentro del filtro y esperar a que se filtre toda el agua.

Realizado por: Darwin Castillo 2017

3.6 Análisis de costo/beneficio del proyecto

3.6.1 Costos operacionales con respecto a las pruebas de tratabilidad

El tratamiento del agua residual requiere la utilización del Policloruro de Aluminio (PAC) que es el reactivo químico utilizado en el test de jarras.

Tabla 29-3 Costos del medio granular

Reactivo Químico	Cantidad (Kg)	Costo \$	Total
Policloruro de Aluminio PAC	2194,56	0,52	1141,17

Fuente: Quiminet

Realizado por: Darwin Castillo 2017

3.6.2 Beneficios del proceso de tratamiento físico

Porcentaje de remoción

El porcentaje de remoción se obtiene por la diferencia de las cargas contaminantes de entrada (agua cruda) y cargas contaminantes de salida (agua tratada).

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

Ecuación 90

Dónde:

C_o = Cargas contaminantes de entrada

C = Cargas contaminantes de salida

Pruebas de tratabilidad con Policloruro de Aluminio.

- Turbiedad

$$x = \frac{161 - 0,42}{161} * 100$$
$$x = 99,74 \%$$

- Conductividad

$$x = \frac{650 - 520}{650} * 100$$
$$x = 20 \%$$

- Detergentes

$$x = \frac{35,5 - 0,47}{35,5} * 100$$
$$x = 98,67 \%$$

- Nitrógeno total

$$x = \frac{4,69 - 2,78}{4,69} * 100$$

$$x = \mathbf{40,72 \%}$$

- Sólidos suspendidos

$$x = \frac{340 - 150}{340} * 100$$

$$x = \mathbf{55,88 \%}$$

- Coliformes fecales

$$x = \frac{8000 - 1}{8000} * 100$$

$$x = \mathbf{99,98\%}$$

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

$$x = \frac{236 - 43}{236} * 100$$

$$x = \mathbf{81,78\%}$$

- Demanda química de oxígeno (DQO)

$$x = \frac{584 - 82}{584} * 100$$

$$x = \mathbf{85,96\%}$$

Tabla 30-3 Porcentaje de remoción

Parámetro	Unidad	Inicial	Final	%re	TULSMA Tabla 9
Turbiedad	UNT	161	0,42	97,74	-
Conductividad	μSiems/cm	650	520	20	-
Nitrógeno total	mg/L	4,69	2,78	40,72	50
Detergente	mg/L	35,5	0,47	98,67	0,5
Sólidos suspendidos	mg/L	340	150	55,88	130
Coliformes fecales	NMP/100ml	8000	1	99,98	2000
DBO5	mg/L	236	4.3	81,78	100
DQO	mg/L	584	82	85,96	200

Realizado por: Darwin Castillo 2017

3.6.3 Costos/ beneficio de implementación del sistema

Este proyecto tiene como único beneficio ser de índole social para la ciudad de Quindé, no hay ningún tipo de retribución económica por parte de los habitantes, la prioridad de proyecto es reducir la contaminación

El costo relacionado con el presente proyecto es de CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS setenta Y uno, 16/100 DÓLARES. La descripción de rubros, APUS, listado de materiales, mano de obra para la construcción e implementación de la planta de tratamiento de encuentran a continuación.

Tabla 31-3 Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
UBICACION:	CANTON QUININDE
ELABORADO:	EGDO DARWIN CASTILLO

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
1.0	CANAL DE CAPTACION				
1.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	1,00	0,67	0,67
1.2	Excavación estructuras manual	m3	2,37	5,64	13,37
1.3	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	0,07	122,16	8,55
1.4	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	8,64	12,56	108,52
1.5	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof e=10cm	m3	1,58	197,18	311,54
				Subtotal	442,65
2.0	REJILLA DE DESBASTE				
2.1	Construcción e Instalación de rejilla de finos acero inoxidable varilla d=10mm 1.00*1.22cm e=2cm separación	u	1,00	127,05	127,05
				Subtotal	127,05
3.0	DESARENADOR CONVENCIONAL				
3.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	111	0,67	74,37
3.2	Excavación a máquina	m3	221.51	2,92	649,73
3.3	Excavación estructuras manual	m3	9,26	5,64	52,23
3.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	91.62	4,48	440,45
3.5	Hormigon simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	4.62	122,16	564,40
3.6	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	445.08	12,56	5590,20
3.7	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof e=15cm	m3	52.67	197,18	10385,47

3.8	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.70x0.70m incl. candado	u	6,00	116,62	699,72
3.9	Desalojo de material a maquina	m3	222,51	2,89	643,05
3.10	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	12,00	20,76	249,12
3.11	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	4,00	379,37	1.517,48
				Subtotal	20.836,22
4.0	TANQUE MEZCLADOR				
4.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	91,77	0,67	61,49
4.2	Excavación a máquina	m3	519,41	2,92	1.516,68
4.3	Excavación estructuras manual	m3	18,35	5,64	103,49
4.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	18,35	4,48	82,21
4.5	Hormigon simple replantillo fc=180 kg/cm2 e=5cm	m3	4,59	122,16	560,71
4.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	33,96	16,00	543,36
4.7	Hormigon simple fc=210 kg/cm2 incl.encof	m3	53,73	197,18	10.594,48
4.8	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	60,00	20,76	1.245,60
4.9	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	3,00	379,37	1.138,11
4.10	Componentes de tanque mezclador	glob	1,00	21.229,45	21.229,45
4.11	Desalojo de material a maquina	m3	519,41	2,89	1.501,09
				Subtotal	38.576,67
5.0	SEDIMENTADOR				
5.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	162,11	0,67	108,61
5.2	Excavación a máquina	m3	559,29	2,92	1.633,13
5.3	Excavación estructuras manual	m3	8,10	5,64	45,68
5.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	162,11	4,48	726,25
5.5	Hormigon simple replantillo fc=180 kg/cm2 e=5cm	m3	8,10	122,16	989,50
5.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	52,56	16,00	840,96

5.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO PISO	m2	345,89	12,56	4.344,38
5.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO PAREDES	m2	351,72	12,56	4.417,60
5.9	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO LOSA	m2	345,89	12,56	4.344,38
5.10	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PISO)	m3	34,58	197,18	6.818,48
5.11	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES)	m3	32,01	197,18	6.311,73
5.12	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (LOSA)	m3	24,31	197,18	4.793,45
5.13	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.70x0.70m incl. candado	u	6,00	116,62	699,72
5.14	Desalojo de material a maquina	m3	559,29	2,89	1.616,35
5.15	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	48,00	20,76	996,48
5.16	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	4,00	379,37	1.517,48
5.17	Tee PVC E/C 160 mm presion	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	40.360,45
6.0	FILTRO UNO (contiene lecho filtrante)				
6.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	367,49	0,67	246,22
6.2	Excavación a máquina	m3	1.278,89	2,92	3.734,36
6.3	Excavación estructuras manual	m3	18,37	5,64	103,61
6.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	367,49	4,48	1.646,36
6.5	Hormigon simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	18,37	122,16	2.244,08
6.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	78,72	16,00	1.259,52
6.8	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PISO)	m3	73,49	197,18	14.490,76
6.7	Acero de refuerzo f _y =4200 kg/cm ²	kg	2.250,00	2,12	4.770,00

6.9	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES)	m ³	47,70	197,18	9.405,49
6.10	Desalojo de material a maquina	m ³	1.278,89	2,89	3.695,99
6.11	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	120,00	20,76	2.491,20
6.12	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2,00	379,37	758,74
6.13	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2,00	44,85	89,70
6.14	Capa de zeolita	m ³	146,99	25,70	3.777,64
6.15	Capa de arena	m ³	91,87	13,60	1.249,43
6.16	Capa de grava	m ³	55,12	15,42	849,95
				Subtotal	50.813,05
7.0	FILTRO DOS (contiene lecho filtrante)				
7.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m ²	367,49	0,67	246,22
7.2	Excavación a máquina de (250*2.00*0.70)m	m ³	1.278,89	2,92	3.734,36
7.3	Excavación estructuras manual	m ³	18,37	5,64	103,61
7.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m ²	367,49	4,48	1.646,36
7.5	Hormigon simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m ³	18,37	122,16	2.244,08
7.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	78,72	16,00	1.259,52
7.7	Acero de refuerzo f _y =4200 kg/cm ²	kg	2.250,00	2,12	4.770,00
7.8	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PISO)	m ³	73,49	197,18	14.490,76
7.9	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES)	m ³	47,70	197,18	9.405,49
7.10	Desalojo de material a maquina	m ³	1.278,89	2,89	3.695,99
7.11	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	120,00	20,76	2.491,20
7.12	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2,00	379,37	758,74
7.13	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2,00	44,85	89,70
7.14	Capa de zeolita	m ³	146,99	25,70	3.777,64
7.15	Capa de arena	m ³	91,87	13,60	1.249,43
7.16	Capa de grava	m ³	55,12	15,42	849,95

				Subtotal	50.813,05
8.0	FILTRO TRES (contiene lecho filtrante)				
8.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	367,49	0,67	246,22
8.2	Excavación a máquina de (250*2.00*0.70)m	m3	1.278,89	2,92	3.734,36
8.3	Excavación estructuras manual	m3	18,37	5,64	103,61
8.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	367,49	4,48	1.646,36
8.5	Hormigon simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	18,37	122,16	2.244,08
8.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	78,72	16,00	1.259,52
8.7	Acero de refuerzo f _y =4200 kg/cm ²	kg	2.250,00	2,12	4.770,00
8.8	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (piso)	m3	73,49	197,18	14.490,76
8.9	Hormigon simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (paredes)	m3	47,70	197,18	9.405,49
8.10	Desalojo de material a maquina	m3	1.278,89	2,89	3.695,99
8.11	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	120,00	20,76	2.491,20
8.12	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2,00	379,37	758,74
8.13	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2,00	44,85	89,70
8.14	Capa de zeolita	m3	146,99	25,70	3.777,64
8.15	Capa de arena	m3	91,87	13,60	1.249,43
8.16	Capa de grava	m3	55,12	15,42	849,95
				Subtotal	50.813,05
9.0	FILTRO CUATRO (Contiene lecho filtrante)				
9.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	367,49	0,67	246,22
9.2	Excavación a máquina de (250*2.00*0.70)m	m3	1.278,89	2,92	3.734,36
9.3	Excavación estructuras manual	m3	18,37	5,64	103,61
9.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	367,49	4,48	1.646,36
9.5	Hormigon simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	18,37	122,16	2.244,08

9.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	78,72	16,00	1.259,52
9.7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	2.250,00	2,12	4.770,00
9.8	Hormigon simple fc=210 kg/cm2 incl.encof	m3	73,49	197,18	14.490,76
9.9	Hormigon simple fc=210 kg/cm2 incl.encof	m3	47,70	197,18	9.405,49
9.10	Desalojo de material a maquina	m3	1.278,89	2,89	3.695,99
9.11	Tuberia PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	120,00	20,76	2.491,20
9.12	Valvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2,00	379,37	758,74
9.13	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2,00	44,85	89,70
9.14	Capa de zeolita	m3	146,99	25,70	3.777,64
9.15	Capa de arena	m3	91,87	13,60	1.249,43
9.16	Capa de grava	m3	55,12	15,42	849,95
				Subtotal	50.813,05
10.0	LECHO DE SECADO DE LODOS				
10.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	144,83	0,67	97,04
10.2	Excavación a máquina	m3	181,04	2,92	528,64
10.3	Excavación estructuras manual	m3	14,48	5,64	81,67
10.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	144,83	4,48	648,84
10.5	Hormigon simple replantillo fc=180 kg/cm2 e=5cm	m3	7,24	122,16	884,44
10.6	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PISO)	m2	318,64	12,56	4.002,12
10.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PAREDES)	m2	120,92	12,56	1.518,76
10.8	Hormigon simple fc=210 kg/cm2 incl.encof (PISO)	m3	28,96	197,18	5.710,33
10.9	Hormigon simple fc=210 kg/cm2 incl.encof (PAREDES)	m3	48,36	197,18	9.535,62
10.10	Desalojo de material a maquina	m3	181,04	2,89	523,21
10.11	Capa de arena	m3	27,16	13,60	369,38
10.12	Capa de grava	m3	13,57	15,42	209,25
				Subtotal	24.109,30

SUBTOTAL	288.379,99
:	
IVA 12%:	39.324,55
TOTAL:	327.704,54

SON : TRECIENTOS VEINTE Y SIETE MIL SETECIENTOS CUATRO , 54/100 DÓLARES

PLAZO TOTAL: 6 MESES

EGDO DARWIN CASTILLO

ELABORADO

**NOTA: LOS PRECIOS MATERIALES DE ACUERDO A LA CAMARA DE
CONTRUCCION DE QUITO, MANO DE OBRA**

CONTRALORIA 2017

3.6.4 *Análisis del proyecto*

En el presente proyecto se analiza el diseño de un sistema de aguas residuales domésticas para la ciudad de Quinindé, para la recolección de las muestras se realizó un muestreo en un punto y horarios estratégicos lo cual conlleva un análisis físico- químico y microbiológicos, los análisis nos indica que los parámetros fuera de límite de descarga permisible son: DBO5 236 mg/L, DQO 584 mg/L, Detergente 35.5 mg/L, Sólidos suspendidos 340 mg/L y Coliformes fecales 8000 NMP/100ml, en el laboratorio se realizó diferentes ensayos para dejar estos parámetros dentro de los límites permisibles de descarga.

Se realizó el test de jarras, con la adición de Policloruro de Aluminio (PAC) se logró que los contaminantes del agua residual bajen de manera significativa, teniendo así la mayoría de los parámetros de descarga se encuentren dentro de los límites permisibles de descarga a excepción de los tensoactivos, por lo cual, se procedió a la elaboración de un filtro de zeolita, grava y arena para realizar un filtrado del agua tratada en el test de jarras obteniendo como resultado que todos los parámetros están dentro de los límites permisibles de descarga: DBO5 43 mg/L, DQO 82 mg/L, Detergente 0,47 mg/L, Sólidos suspendidos 150 mg/L y Coliformes fecales 1 NMP/100ml según lo establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI Anexo I, Tabla 10.

La eficiencia del proceso se determina en porcentajes de remoción de los contaminantes del agua residual cruda con el agua residual tratada mediante una caracterización inicial y una final, así tenemos: turbiedad (99,74 %), conductividad (20%), detergente (98,67%), nitrógeno total (40,72%), sólidos suspendidos (55,88%), coliformes fecales (99,98), DBO5 (81,78%), DQO (85,96%).

El sistema de tratamiento de aguas residuales consta de un canal de captación, sistema de rejillas, desarenador, tanque mezclador, sedimentador, filtro de zeolita y un lecho de secado.

La caracterización del agua tratada con el tratamiento propuesto, analizados en un laboratorio certificado nos da los siguientes resultados: DBO5 43 mg/L, DQO 82 mg/L, Detergente 0,47 mg/L, Sólidos suspendidos 150 mg/L y Coliformes fecales 1 NMP/100ml

CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas que cumple con todos los requerimientos estructurales y con los respectivos estándares de calidad para la obtención de agua tratada que cumpla con los límites permisibles de descarga, su diseño disminuye la contaminación en los recursos hídricos y a su ecosistema
- Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual proveniente de la ciudad de Quinindé, los parámetros analizados fuera de norma son: DBO5 236 mg/L, DQO 584 mg/L, Detergente 35.5 mg/L, Sólidos suspendidos 340 mg/L y Coliformes fecales 8000 NMP/100ml según lo establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI Anexo I, Tabla 10.
- Se determinó el caudal de las aguas residuales generadas en la ciudad de Quinindé en función a la población futura de la ciudad de Quinindé.
- Se identificó las variables de diseño con las pruebas de tratabilidad, en las pruebas laboratorio se utilizó el test de jarras, donde se obtuvo una agua residual tratada de muy buena calidad la cual se encargó de disminuir los parámetros que se encuentran fuera de norma con la dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC), y las variables que se consideran son: población futura, caudal de diseño, temperatura 20 °C, vida útil de la plana y los parámetros fuera de norma (DBO5, DQO, Detergentes, Sólidos suspendidos, y Coliformes fecales).
- Se desarrolló los cálculos de Ingeniería para el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales en función a las necesidades y pruebas realizadas experimentalmente a nivel de laboratorio, el diseño sigue una línea de proceso: Canal de captación, Zona de desbaste, Desarenador, un Tanque Mezclador y un Sedimentador.
- La validación del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante una caracterización final del agua tratada que nos dieron los siguientes resultados: DBO5 43 mg/L, DQO 82 mg/L, Detergente 0,47 mg/L, Sólidos suspendidos 150 mg/L y Coliformes fecales 1 NMP/100ml que cumplen con lo estipulado en las normas del TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 10

RECOMENDACIONES

- Es recomendable la implementación del Diseño de la Planta de Tratamiento de aguas residuales domesticas para mitigar el impacto ambiental en la ciudad de Quindé.
- Realizar continuos análisis físico-químicos y microbiológicos durante el funcionamiento de la planta de Tratamiento de aguas residuales por cambios que puedan ocurrir en la concentración de los contaminantes.
- Luego de la implementación del sistema recolectar una cantidad suficiente de lodos para su análisis de lodos (CREBIT) basados en la Norma, Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento (RPAMAR

BIBLIOGRAFÍA

EX – IEOS. *Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales., Décima Parte., Quito – Ecuador., 1993.

CAWST. *Centre for Affordable Water and Sanitation Technology: “Manual para el Filtro de Bioarena, Diseño, Construcción, Instalación, Operación y mantenimiento” [En línea].* Cochabamba-Bolivia, 2008. [Consulta: 15 septiembre 2016]. Disponible en: https://www.calvin.edu/academic/engineering/senior-design/SeniorDesign09-10/team02/web/Biosand_Manual_Spanish.pdf

C.A.S.A. *Calidad del agua en Sistemas de Abastecimientos en poblaciones rurales.* [En línea]. Cochabamba-Bolivia, 2008. [Consulta: 12 septiembre 2016]. Disponible en: <http://casa.fcyt.umss.edu.bo/docs/MENU%20DE%20ALTERNATIVAS%20DE%20TRATAMIENTO%20Texto%20Final.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinindé. *Plan de Ordenamiento territorial Quinindé 2012 – 2021.*

GONZÁLEZ V. “*Estudios de Biodegradabilidad de Efluentes Industriales*”, Ingeniería Química, Año 25, pp97-101, 1993.

MARTINEZ, LEONCIO. *Manual de Mantenimiento y Operaciones de equipos de riego Presurizado.* Vallenar-Chile, 2001, pp 5-75.

MARRÓN, S. *Planta de Tratamiento por Filtración Lenta: Diseño y Operación y Mantenimiento*”. Lima-Perú: ISBN, 1999, pp. 14-16.

Metcalf & Eddy, Inc. *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, vertido y reutilización.* Volumen II. Madrid-España: McGraw-Hill, 1995, pp. 507-577, 521-525.

NTE INEN 2 169:98. *Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*

NTE INEN 2 176:98. *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*

Rojas, R. *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.158 -OMS. Curso internacional: "Guía para el Diseño De Desarenadores y Sedimentadores,"*. Lima-Perú, 2005. pp. 3-27

RAS. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sección 2, Título E, Tratamiento de aguas residuales*

Romero, J. *Tratamiento de aguas residuales Teoría y principios de diseño.* 2ª ed. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.

TULSMA. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I. Tabla 9*

ENOHSA. *Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento: "Tratamiento preliminar".* Capítulo III. [En línea]. [Consulta: 12 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf>

Sparrow, E. *El Desarenador* (tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ciencias, Escuela Académica Profesional, Ingeniería Civil. Nuevo Chimbote Perú. 2008

Jiménez, J. *Cálculos realizados (Tesis de Grado).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba Ecuador. 2017

ANEXOS

Anexo A. Lugar de la toma de muestras



Anexo B. Pruebas de Tratabilidad en el laboratorio de aguas – ESPOCH

- **DBO5**



- **DQO**



- **Test de jarras**



- **Filtración**



- **Coliformes fecales**



Anexo C. Caracterización inicial del agua residual (Cruda)

- Laboratorio de servicios ambientales – UNACH

INFORME DE ANALISIS					
NOMBRE:	Sr. Darwin Castillo			INFORME N° 024- 17	
EMPRESA:	Proyecto de Tesis ESPOCH			N° SE: 024-17	
DIRECCIÓN:	Av. Canónigo Ramos y 11 de Noviembre			FECHA DE RECEPCIÓN: 17 - 02 - 17	
TELÉFONO:	0982038536			FECHA DE INFORME: 24 - 02 - 17	
NÚMERO DE MUESTRAS:	1. Agua residual doméstica, Quinindé			TIPO DE MUESTRA:	
IDENTIFICACIÓN:	MA - 053-17	Quinindé		Agua	
El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.					
RESULTADO DE ANÁLISIS					
MA - 053-17					
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.76	+/- 0.08	17 - 02 - 17
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	621	+/- 8 %	17 - 02 - 17
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	74	N/A	17 - 02 - 17
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	35.5	N/A	17 - 02 - 17
* Color	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	1082	N/A	17 - 02 - 17
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	88	N/A	17 - 02 - 17
* Sólidos Suspendedos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	95	N/A	17 - 02 - 17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	380	+/- 10 %	17 - 02 - 17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	176	N/A	17 - 02 - 17
* Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	5.80	N/A	17 - 02 - 17
* Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	67	N/A	17 - 02 - 17
* Nitrogeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	3.88	N/A	17 - 02 - 17
* Temperatura	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19.8	N/A	17 - 02 - 17
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	8000	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.

Página 1 de 1 FMC2101

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

- Laboratorio de aguas – ESPOCH

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. Darwin Manual Castillo Herrera

Tipo de muestras: Aguas residuales domésticas cruda

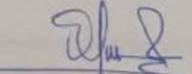
Localidad: Ciudad Quinindé Provincia de Esmeraldas

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Valores referenciales (TULSMA TABLA10)	Resultados Febrero-2017		
			D1 (05)	D2 (07)	D3 (09)
pH	Und.	6-9	6,73	6,96	6,91
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	19,9	19,9	19,9
Turbiedad	UNT	—	161	144	143
Conductividad	μ Siems/cm	—	650	630	580
Fosfatos	mg/L	10	5,6	4,92	4,76
Sulfatos	mg/L	1000	72	67	65
Nitrógeno Total Kendal	mg/L	50.0	4,69	4,47	4,20
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	584	444	476
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	100	236	292	192
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	340	330	301
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	10000	26300	19200	17400

*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.



Anexo D. Caracterización de agua residual final (Tratada)

- Laboratorio de servicios ambientales – UNACH

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Darwin Castillo INFORME N° 069- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH N° SE: 069-17
DIRECCIÓN: Av. Canónigo Ramos y 11 de Noviembre FECHA DE RECEPCIÓN: 12 - 05 -17
FECHA DE INFORME: 17 - 05- 17
TELÉFONO: 0982038536 TIPO DE MUESTRA:
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica tratada, Quinindé TIPO DE MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN: MA - 185-17 Policlорuro de Aluminio, filtro de zeolita Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA -185-17

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.

FMC2101

Página 1 de 1

-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.

- Laboratorio de aguas – ESPOCH

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. Darwin Manual Castillo Herrera

Tipo de muestras: Aguas residuales domésticas tratadas.

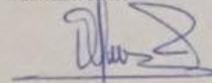
Localidad: Ciudad Quinindé Provincia de Esmeraldas

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Valores referenciales (TULSMA TABLA10)	Muestra tratada (PAC)	Muestra tratada (PAC + FILTRACIÓN)
pH	Und.	6-9	7,53	7,36
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	19,9	19,9
Turbiedad	UNT	—	6,1	0,42
Conductividad	μ Siems/cm	—	520	502
Fosfatos	mg/L	10	5,60	5,60
Sulfatos	mg/L	1000	32	32
Nitrógeno Total Kendal	mg/L	50,0	2,78	2,64
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	82	72
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	100	43	34
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	150	7
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	10000	—	—

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

Observaciones:
Atentamente.



ESPOCH



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

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

Anexo E. Norma de Legislación Ambiental

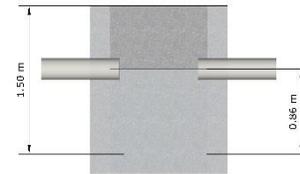
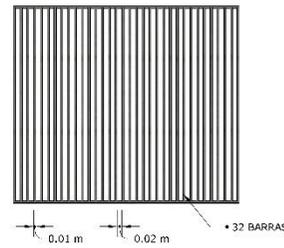
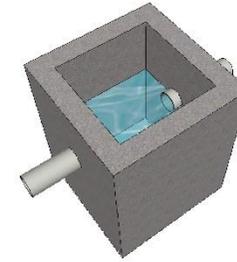
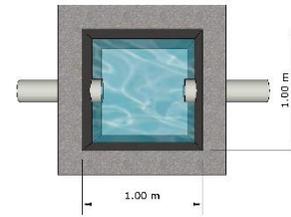
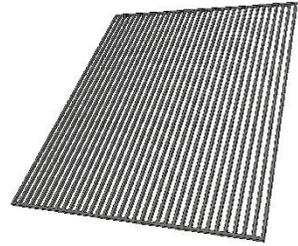
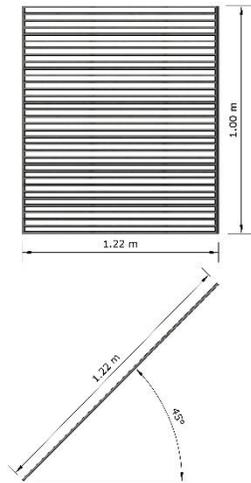
**NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO
AGUA. LIBRO VI. ANEXO 1**

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

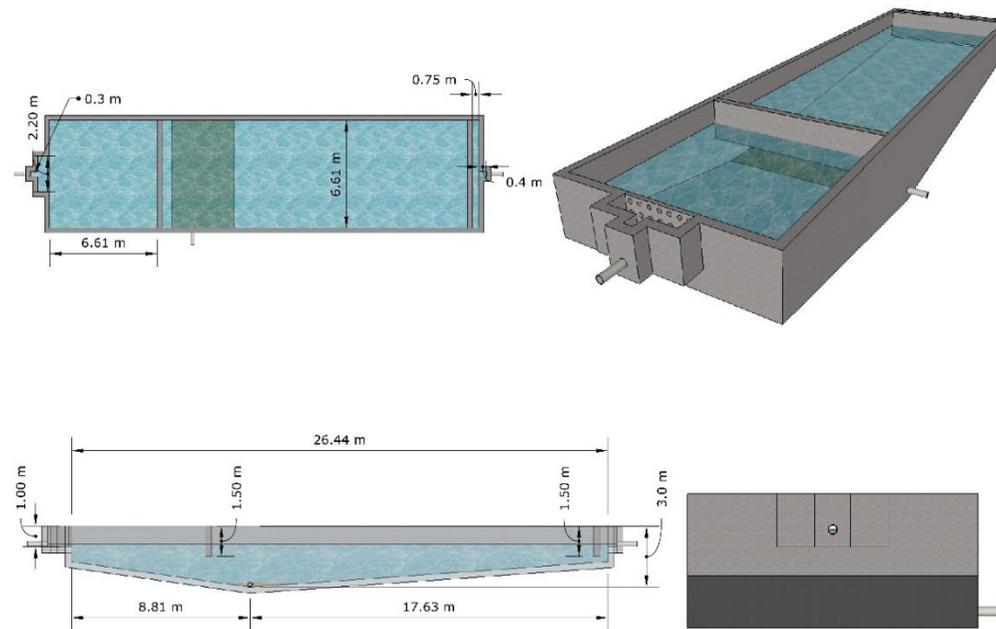
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	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	SO ₄ =	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	oC		< 35

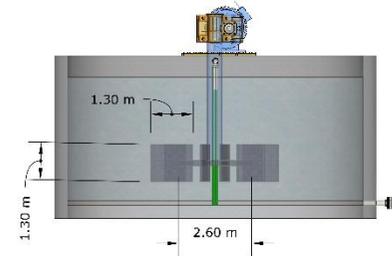
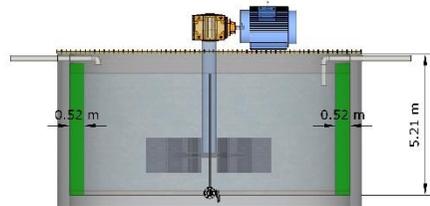
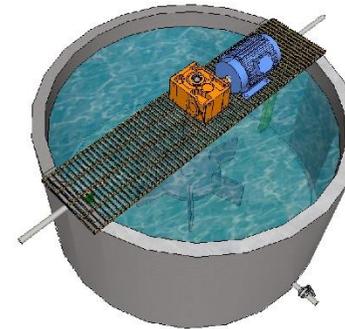
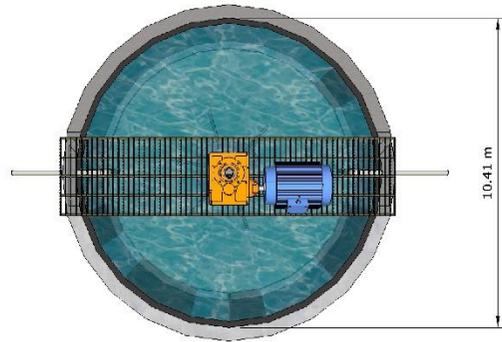
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0



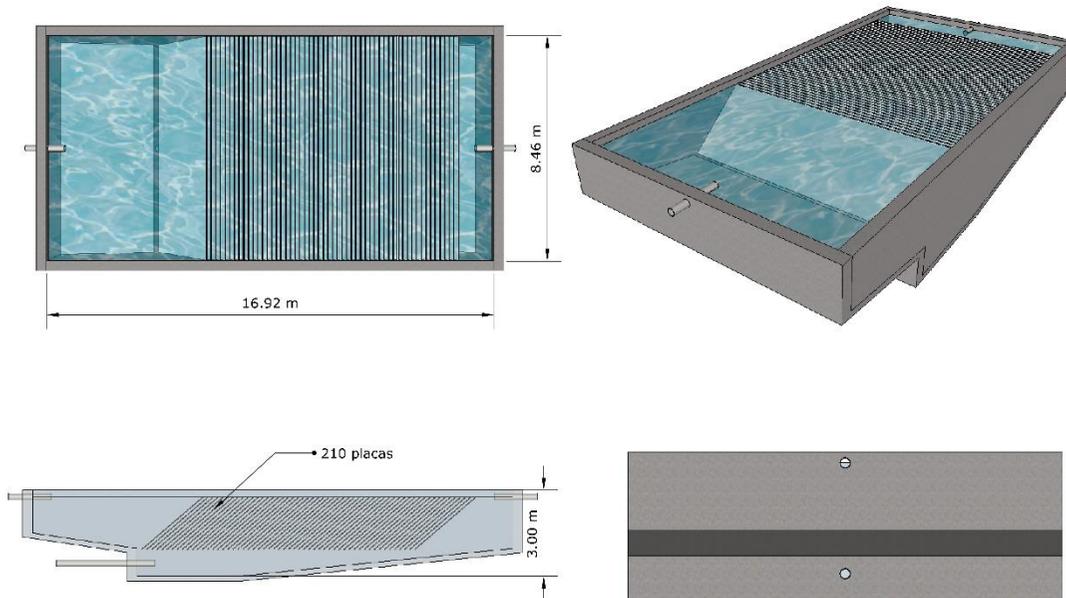
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REJILLAS Y CANAL DE CAPTACIÓN								
Dimensión de rejillas y canal de captación	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS									
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1630 1248 1774 1289">Lámina</th> <th data-bbox="1774 1248 1930 1289">Escala</th> <th data-bbox="1930 1248 2063 1289">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1630 1289 1774 1331">4A</td> <td data-bbox="1774 1289 1930 1331">1:1</td> <td data-bbox="1930 1289 2063 1331">20/10/2017</td> </tr> </tbody> </table>			Lámina	Escala	Fecha	4A	1:1	20/10/2017
	Lámina	Escala	Fecha								
4A	1:1	20/10/2017									
<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	Realizado por: Darwin Castillo										



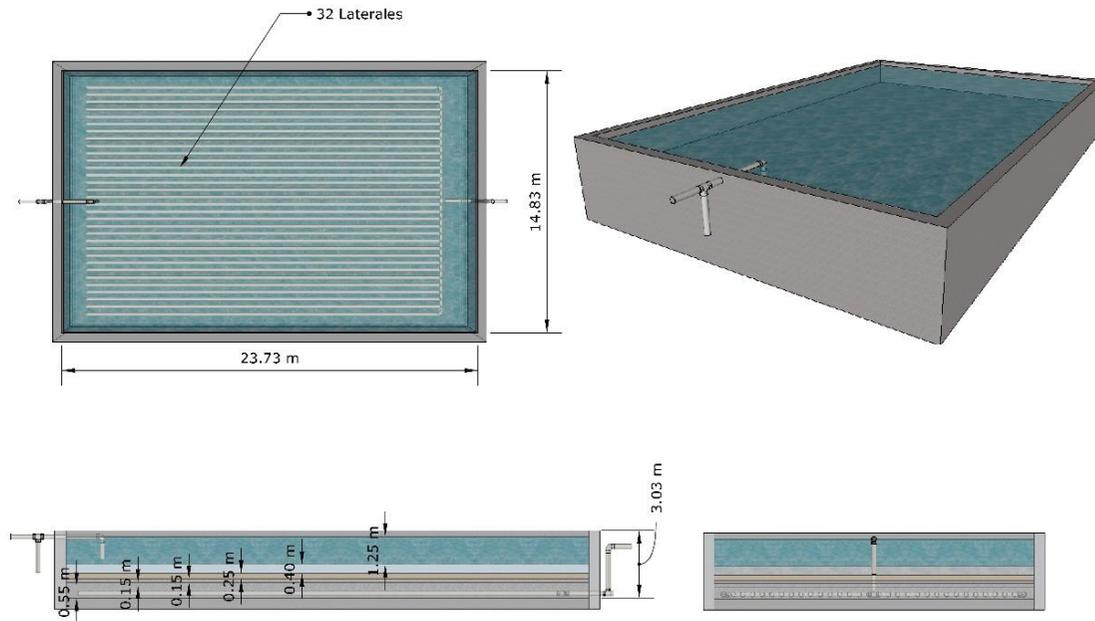
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DESARENADOR CONVENCIONAL		
Dimensiones del desarenador convencional	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Darwin Castillo	Lámina	Escala	Fecha
			5A	1:1	20/10/2017



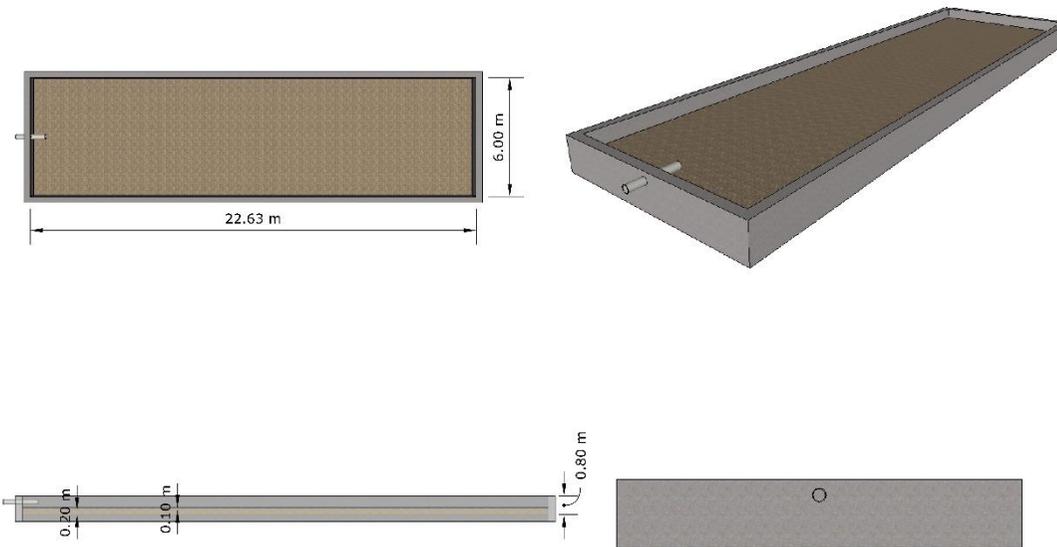
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	TANQUE MEZCLADOR		
Dimensiones de un tanque mezclador rápido de turbina.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Darwin Castillo			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		6A	1:1	20/10/2017



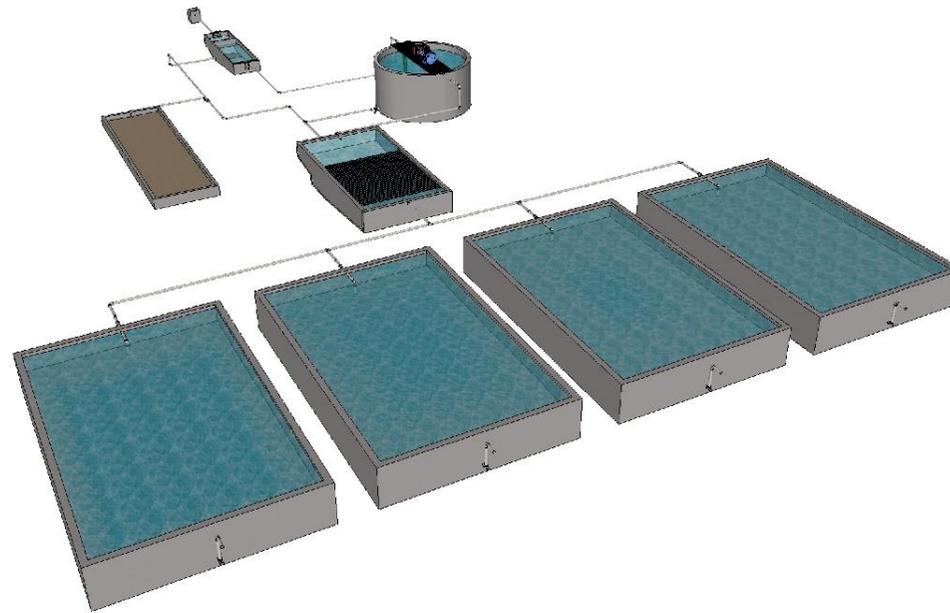
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR		
			Lámina	Escala	Fecha
Dimensiones de un sedimentador	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Darwin Castillo	7A	1:1	20/10/2017



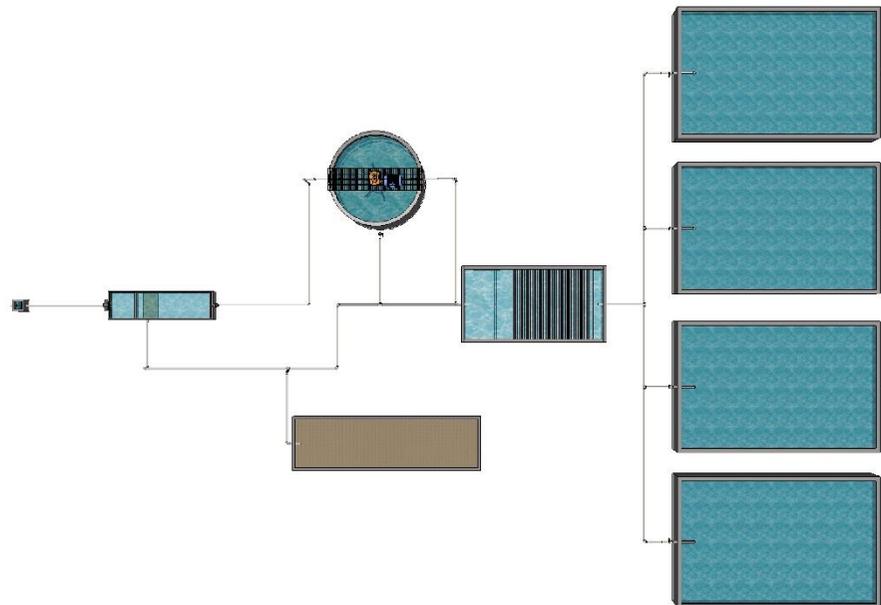
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FILTRO CON MEDIOS GRANULARES		
Dimensiones del sistema de filtración	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	8A	1:1	20/10/2017
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	Realizado por: Darwin Castillo			



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			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	Realizado por: Darwin Castillo	9A	1:1	20/10/2017

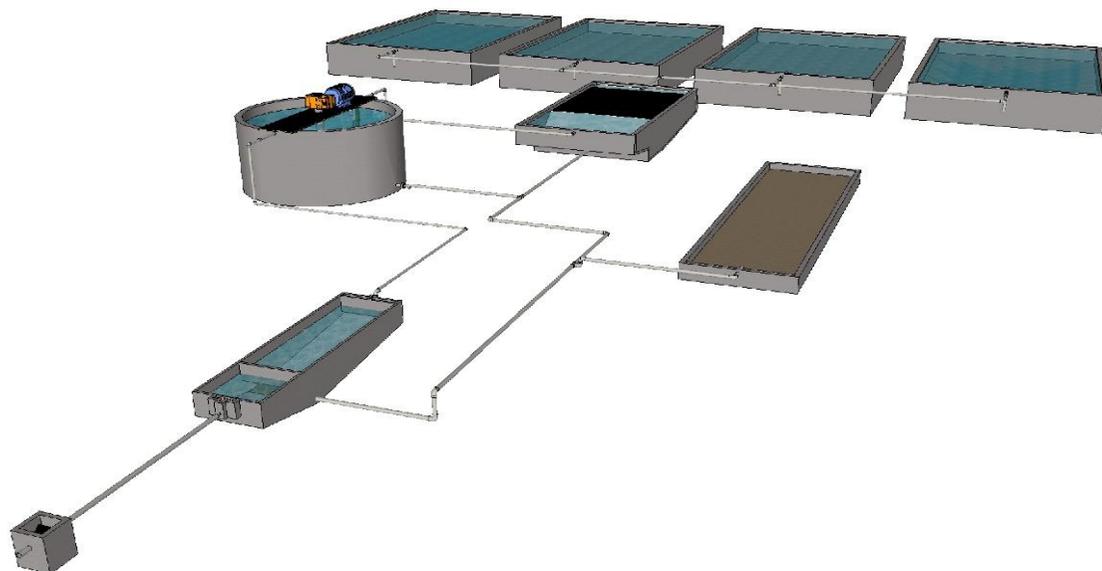


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS								
Etapas del sistema de tratamiento de aguas, vista lateral.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS									
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1624 1241 1776 1295">Lámina</th> <th data-bbox="1776 1241 1930 1295">Escala</th> <th data-bbox="1930 1241 2072 1295">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1624 1295 1776 1342">2A</td> <td data-bbox="1776 1295 1930 1342">1:1</td> <td data-bbox="1930 1295 2072 1342">20/10/2017</td> </tr> </tbody> </table>			Lámina	Escala	Fecha	2A	1:1	20/10/2017
	Lámina	Escala	Fecha								
2A	1:1	20/10/2017									
<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	Realizado por: Darwin Castillo										



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS			
			<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		
Etapas del sistema de tratamiento de aguas, vista frontal.		Realizado por: Darwin Castillo	Lámina	Escala	Fecha	
			3A	1:1	20/10/2017	

Anexo F. Planos del sistema de tratamiento de aguas residuales.



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 <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: Darwin Castillo	Lámina	Escala	Fecha
			1A	1:1	20/10/2017

