



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN
GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**

**Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO QUÍMICO**

AUTOR: JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI
TUTORA: ING. MARÍA FERNANDA RIVERA

Riobamba – Ecuador
2016

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

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo técnico de **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”** de responsabilidad del señor Jhon Mauricio Salazar Luisataxi ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada así su presentación.

Ing. María Fernanda Rivera
DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Ing. Mónica Andrade
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jhon Mauricio Salazar Luisataxi, 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, 09 de Diciembre del 2016

Jhon Mauricio Salazar Luisataxi

0604592501

“Yo, Jhon Mauricio Salazar Luisataxi, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico a Dios, por guiarme y darme la fortaleza en mis pasos a dar en este camino de la vida, enseñándome a escoger el mejor recorrido sin desbocarme del mismo, encarando las adversidades sin desfallecer en el intento.

De igual forma dedico este trabajo de manera muy especial a mi madre, por ser la guía, mi apoyo y ejemplo a seguir de ser humano, brindándome siempre su amor, sus palabras de aliento para no desfallecer en la culminación de mi carrera universitaria, por ser la madre que nunca deja a sus hijos desviarnos del camino del bien, formando una familia aguerrida y unida. Me ha dado mis principios, mi empeño de seguir luchando por mis metas, sueños e ilusiones.

A mi padre, aun estando alejado de mi vida ha estado presente en los momentos importantes en los que necesitado su presencia, brindándome su apoyo, contribuyendo para la obtención de mi título profesional.

A mi hermano y su esposa, los cuales a pesar de no tener la obligación de velar por mi están presentes con sus palabras de apoyo, compañía, comprensión y valores inculcados, muchas veces hermano mio tomando el papel como mi padre.

A mis hermana y su esposo, que me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

.A mis sobrinas y sobrino, que sin su presencia no estaría completa la felicidad y sonrisas existente en mí.

Jhon

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la salud y vida que me ha permitido llegar hasta este punto logrando mi objetivo, además de su infinita bondad y amor.

A mi mami Rosita, que con su demostración de lucha ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ante las adversidades, festejando mis triunfos, llorando mis penas pero siempre brindándome su amor.

A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Portando siempre con orgullo ver a su hijo la clase de persona en la cual me he convertido.

A mi hermano y hermana, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

.

A mi sobrinas y sobrino, por darme cada día alegrías, gracias a sus locuras, por demostrarme con su inocencia que cada día debemos ser niños luchando a la vida con una sonrisa, sin olvidar nuestras responsabilidades y metas.

Un agradecimiento especial a mi amigo el Ing. Raúl Allan, por brindarme la apertura para la realización de este trabajo técnico en la EP-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, así como su colaboración en el transcurso del mismo.

A la Ing. María Fernanda Rivera y a la Ing. Mónica Andrade por toda la colaboración, paciencia y amistad brindada, para la culminación de este trabajo.

Jhon

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	1
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto.....	1
1.3 Línea de base del Proyecto.....	2
<i>1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación.....</i>	<i>2</i>
<i>1.3.3 Tipo de estudio.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.4 Métodos y Técnicas.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.4.2 Técnicas.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.5 Determinación del caudal.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.6 Método de Muestreo.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.6.1 Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.6.2 Parámetros analizados.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.7 Pruebas de tratabilidad.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.8 Análisis del agua residual tratada.....</i>	<i>14</i>
1.4 Beneficiarios directos e indirectos.....	16
<i>1.4.1 Directos.....</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2 Indirectos.....</i>	<i>16</i>
CAPITULO II.....	17
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	17
2.1. Objetivo General.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO III.....	18
3. ESTUDIO TÉCNICO.....	18
3.1 Localización del proyecto.....	18
<i>3.1.1 Localización Geográfica.....</i>	<i>18</i>
<i>3.1.3. Clima de la Zona.....</i>	<i>19</i>
<i>3.1.4. Características geomorfológicas de la zona.....</i>	<i>19</i>
<i>3.1.5. Hidrología.....</i>	<i>19</i>
3.2 Ingeniería del proyecto.....	20

3.2.1	<i>Aguas residuales</i>	20
3.2.1.2	<i>Composición</i>	21
3.2.1.4	<i>Caracterización de aguas residuales</i>	21
3.2.1.5	<i>Indicadores de contaminación orgánica</i>	22
3.2.2	<i>Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales</i>	23
3.2.2.1	<i>Cálculo de la población futura</i>	23
3.2.2.2	<i>Cálculo de la dotación del agua consumida a partir de la medición del caudal</i>	24
3.2.2.3	<i>Cálculos del caudal</i>	24
3.2.2.4	<i>Sistema de rejillas</i>	27
3.2.2.5	<i>Canal de entrada</i>	32
3.2.2.6	<i>Vertedero rectangular</i>	35
3.2.2.4	<i>Desarenador</i>	38
3.2.2.8	<i>Canal Parshall</i>	56
3.2.2.7	<i>Tanque mezclador</i>	65
3.2.2.7	<i>Sedimentador</i>	72
3.2.2.8	<i>Filtro lento de arena FLA</i>	78
3.2.2.9	<i>Tanque de desinfección</i>	86
3.2.2.10	<i>Lecho de secado</i>	90
3.2.2.11	<i>Resultados</i>	94
3.3	Proceso de producción	102
3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	103
3.4.1	<i>Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales</i>	103
3.4.2	<i>Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico y microbiológico del agua residual</i>	103
3.5	Análisis de Costo/beneficio del proyecto	108
3.6	Porcentaje de remoción	112
3.7	Análisis	115
3.8	Conclusiones	118
3.9	Recomendaciones	119
3.10	Cronograma del proyecto	121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
H	Altura
B	Ancho
COT	Carbono orgánico total
Q_p	Caudal punta
Q_{md}	Caudal medio diario
$Q_{servida}$	Caudal servido
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
$Conc_{PAC}$	Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras
C	Carga en función de la contribución per cápita
K_1	Constante para el caudal medio diario
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
ρ	Densidad
D	Diámetro
D_{N-100}	Dosificación de chemfloc N-100
D_{PAC}	Dosificación de policloruro de aluminio (PAC-P25A)
D_{PAC Jarras}	Dosis óptima de PAC en la prueba de jarras
Dc	Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal
e	Espesor
fcr	Factor capacidad relativa
FLA	Filtro lento de arena
G	Gradiente de velocidad
g	Gravedad
HTH	Hipoclorito de calcio
N_b	Número de barras
N_f	Número de filtros
Re	Número de Reynolds
Pa	Población actual
Pf	Población futura
RH	Radio hidráulico
SS	Sólidos en suspensión
TULSMA	Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente

<i>Trh</i>	Tiempo de retención
<i>v</i>	Velocidad
μ	Viscosidad cinemática
Vd	Volumen del digestor
V_{TM}	Volumen del tanque mezclador en litros
$V_{P.Jarras}$	Volumen vaso de precipitación prueba de jarras

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3.	Ubicación geográfica de la Parroquia de Simiatug	18
Figura 2-3.	Red hidrográfica de la Parroquia de Simiatug.....	20
Figura 3-3.	Sistema de desbaste-rejillas	27
Figura 4-3.	Rejillas de limpieza manual	28
Figura 5-3.	Diferentes formas de rejillas	31
Figura 6-3.	Canal rectangular abierto	32
Figura 7-3.	Dimensionamiento de un vertedero rectangular	35
Figura 8-3.	Desarenador de flujo horizontal	39
Figura 9-3.	Desarenador de dos unidades en paralelo	40
Figura 10-3.	Dimensionamiento de un canal de aforo Parshall	57
Figura 11-3.	Tanque homogenizador de paletas	66
Figura 12-3.	Filtro lento de arena	79
Figura. 13-3.	Esquema de un Tanque de Desinfección.....	86
Figura 14-3.	Lecho de secado de lodos	90
Figura 15-3.	Sistema de Tratamiento	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Aforo de caudal de agua residual mes de Mayo	5
Tabla 2-1	Aforo de caudal del agua residual mes de Junio	5
Tabla 3-1	Caudal promedio del agua residual	5
Tabla 4-1	Toma y recolección de muestras	6
Tabla 5-1	Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug, Mayo...	7
Tabla 6-1	Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug-Muestras Compuestas-Mayo	7
Tabla 7-1	Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug, Junio ...	8
Tabla 8-1	Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug- Muestras compuestas-Junio	9
Tabla 9-1	Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad-mes de Mayo y Junio	10
Tabla 10-1	Índice de biodegradabilidad	11
Tabla 11-1	Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta, 12 de Mayo.....	12
Tabla 12-1	Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta, 26 de Mayo.....	12
Tabla 13-1	Tratabilidad con pruebas de Jarra-muestra compuesta, 16 de Junio	13
Tabla 14-1	Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta, 23 de Junio	13
Tabla 15-1	Resultados análisis físico-químico y bacteriológico agua residual Simiatug-Mayo	14
Tabla 16-1	Resultados análisis físico-químico y bacteriológico agua residual Simiatug-Junio	15
Tabla 17-3	Características Geográficas de Simiatug	18
Tabla 18-3	Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual	21
Tabla 19-3	Relación entre parámetros DBO ₅ y DQO	23
Tabla 20-3	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	28
Tabla 21-3	Coefficiente de pérdida para rejillas	31
Tabla 22-3	Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos.....	32
Tabla 23-3	Coefficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento	33
Tabla 24-3	Condiciones para determinar el borde libre de un canal	35
Tabla 25-3	Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas	42
Tabla 26-3	Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación.....	43
Tabla 27-3	Geometría recomendada para desarenadores de diferente tipo	46
Tabla 28-3	Grado de eficiencia de sedimentación del desarenador, número de Hazen	47
Tabla 29-3	Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal	57
Tabla 30-3	Valores de K y n, según el tamaño de W.....	58
Tabla 31-3	Dimensiones estandarizadas de la canaleta Parshal	59
Tabla 32-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina	67
Tabla 33-3	Número de potencia para diferente tipo de impulsores.....	70
Tabla 34-3	Tiempo requerido para digestión del lodo	92
Tabla 35-3	Determinación caudal punta.....	94
Tabla 36-3	Dimensionamiento del sistema de rejillas	94
Tabla 37-3	Dimensionamiento de un canal de entrada	95
Tabla 38-3	Dimensionamiento de un vertedero rectangular sin contracciones	95
Tabla 39-3	Dimensionamiento de un tanque desarenador de flujo horizontal	95

Tabla 40-3	Dimensionamiento de un canal Parshall.....	97
Tabla 41-3	Dimensionamiento del mezclador lento mecánico de turbina.....	98
Tabla 42-3	Dimensionamiento de un tanque sedimentador de Alta Tasa	99
Tabla 43-3	Dimensionamiento de filtro lento de arena.....	100
Tabla 44-4	Dimensionamiento del tanque de desinfección.....	101
Tabla 45-3	Dimensionamiento del lecho de secado.....	101
Tabla 46-3	Materiales de muestreo y recolección de información.....	103
Tabla 47-3	Materiales y equipos para medición del caudal	103
Tabla 48-3	Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual	104
Tabla 49-3	Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual	104
Tabla 50-3	Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual.....	106
Tabla 51-3	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua	106
Tabla 52-3	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua	106
Tabla 53-3	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua.....	108
Tabla 54-3	Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales	108
Tabla 55-3	Determinación de los costos de dosificación	111
Tabla 56-3	Determinación del % remoción de las muestras compuestas-Mayo	112
Tabla 57-3	Determinación del % remoción de las muestras compuestas-Junio	112
Tabla 58-3	Determinación del % remoción promedio de las muestras compuestas de Mayo y Junio.....	113

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Simiatug del cantón Guaranda para cumplir con la normativa ambiental y obtener agua tratada con los parámetros dentro de los límites permisibles del TULSMA, Registro Oficial, Acuerdo Ministerial N. 028 tabla 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. La composición de los efluentes se vuelve variable debido a las actividades agrícolas de los habitantes y alta presencia de aguas pluviales, se realizó muestras compuestas comprendidas de muestras simples por dos meses; la caracterización físico, químico y microbiológica permitió identificar a los siguientes parámetros que se encuentran fuera del rango según la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes: Color, Turbiedad, Fluoruros, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Coliformes Totales y Fecales. Se procedió a realizar pruebas de tratabilidad por el método de test de jarra con Policloruro de aluminio (PAC) y Chemfloc, para la eliminación de microorganismos patógenos se optó por el Hipoclorito de calcio. Al identificar las variables de diseño, se dimensionaron los equipos acorde a los tratamientos físico-químicos del agua residual, las cuales son: Canal de entrada, Sistema de rejillas, Vertedero rectangular, Desarenador de flujo horizontal, Canal Parshall, Tanque mezclador, Sedimentador de alta tasa, Filtro lento de arena y grava, Tanque de desinfección y un Lecho de secado. El diseño seleccionado fue validado con los resultados de la caracterización final del agua residual y los porcentajes promedio de remoción de los parámetros: 12 de Mayo, 26 de Mayo, 18 de Junio y 25 de Mayo de 2016: Color 99.47%, Turbiedad 99.44%, Fluoruros 84,36%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 99,62%, Demanda Química de Oxígeno 99,75% y más del 99% de Coliformes Fecales y Totales. Se recomienda implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación del Río Simiatug.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO AMBIENTE (TULSMA)> <AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA> <MÉTODO TEST DE JARRA <SIMIATUG (PARROQUIA)> <GUARANDA (CANTÓN)>

ABSTRACT

A wastewater treatment system was designed for Simiatug, in Guaranda Canton to comply with environmental regulations and obtain treated water with the parameters within the permissible limits of TULSMA, Official Register, Ministerial Agreement No. 028, Table 10, Discharge limits to a body of fresh water. The composition of the effluents becomes variable due to the agricultural activities of the inhabitants and high presence of rainwater, composite samples were realized comprised of simple samples by two months; The physical, chemical and microbiological characterization allowed to identify the following parameters that are outside the range according to the Environmental Quality Standard for discharge of Effluents: Color, Turbidity, Fluorides, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Total and Fecal Coliforms. The table tests were carried out by the test method of jar with aluminum chloride poly (PAC) and Chemfloc, for the elimination of pathogenic microorganisms was chosen by calcium hypochlorite. When identifying the design variables, the equipment was dimensioned according to the physical-chemical treatments of the waste water, which are: Entrance channel, Grind system, Rectangular landfill, Horizontal flow degasser, Parshall Channel, Mixer tank, Sedimentator of High cup, slow sand and gravel filter, disinfection tank and a drying bed. The selected design was validated with the results of the final characterization of residual water and the average percentages of removal of the parameters: May 12, May 26, June 18 and June 25, 2016: Color 99.47%, Turbidity 99.44%, Fluorides 84.36%, Biochemical Oxygen Demand 99.62%, Chemical Oxygen Demand 99.75% and more than 99% of Fecal and Total Coliforms. It is recommended to implement the wastewater treatment system to avoid contamination of the Simiatug River.

Key words: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING> <CHEMICAL ENGINEERING> <RESIDUAL WATER TREATMENT SYSTEM> <UNIFIED TEXT OF SECONDARY LEGISLATION OF THE MINISTRY OF ENVIRONMENT (TULSMA)> <RESIDUAL WATER DOMESTIC> <TEST METHOD OF JARRA> <SIMIATUG (PARISH)> <GUARANDA (CANTON)>

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

En la actualidad la parroquia Simiatug no cuenta con un adecuado sistema de alcantarillado, ocasionando peligros a sus habitantes tanto en bienestar como en su salud, además de ocasionar contaminación en sus suelos y por ende en sus sembríos, daños en la vida acuática por la aglomeración de sólidos. En la mayoría de los hogares las aguas sin depuración se desechan sin ningún previo tratamiento, a través de una tubería la cual fue diseñada para la conducir solo aguas pluviales.

La problemática que presenta la Parroquia Simiatug, es que, al no poseer un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales el Rio Simiatug se ve afectado ya que en el desemboca directamente las aguas sin depuración, por ende los cultivos del sector utiliza el agua del río para regar sus tierras por lo cual se están viendo afectadas ya que la producción agrícola no es la misma.

1.2 Justificación del proyecto

El agua contaminada procedente de actividades domésticas, urbanas e industriales es la principal fuente de enfermedades y muertes ya que contienen sustancias nocivas y toxicas, estos efluentes requieren un tratamiento físico, químico y microbiológico para ser devuelta a los pobladores como agua limpia y apta para uso ya que el agua como elemento vital para consumo humano debe ser cuidada.

La organización encargada de exigir el tratamiento estricto de aguas utilizadas en viviendas, así como en la industria, es el Ministerio del Ambiente que exige contar con sistemas de tratamientos de aguas residuales para su depuración.

La parroquia Simiatug en la actualidad no posee con una planta de tratamiento, disminuyendo el buen vivir de los habitantes y aumentando los riesgos en la vitalidad de los mismos.

Dentro de las competencias de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda se encuentra dotar de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado a todas sus comunidades de la parroquia. 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 generadas en la parroquia Simiatug, mediante el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Por los motivos manifestados con anterioridad se propone realizar un **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**, cumpliendo con los requerimientos planteados por la parroquia, cumpliendo las exigencias que hacen los organismos de regulación, adaptando los parámetros exigidos por la norma TULSMA (texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente), REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028 TABLA 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1.3 Línea de base del Proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación

Para la el realización de este trabajo técnico se hizo un recorrido previo por la parroquia donde se identificó el lugar a tomar muestras y a su vez se realizará el monitoreo del caudal a trabajar, los habitantes de esta parroquia dieron a conocer que no existe en su totalidad un sistema de alcantarillado por lo cual las aguas residuales domésticas son descargadas a pozos sépticos que al contacto con aguas pluviales estos tienden a desbordarse, además se verifico al momento de la evaluación que existen problemas en la recolección de residuos sólidos y líquidos que son desechados directamente sin ningún tipo de tratamiento, la descarga de las aguas residuales, tanto pluviales como domésticas se desfogan en el rio Simiatug.

1.3.3 Tipo de estudio

El proyecto cuenta con un estudio analítico-descriptivo ya que se da la recolección de datos, asignando el control de los factores de estudio ya sean estos experimentales y observacionales.

1.3.4 Métodos y Técnicas

1.3.4.1 Métodos

a) Método inductivo

Este método estudia básicamente las ideas particulares llevándolas a ideas generales. Mediante la aplicación de este método se dio a conocer el porcentaje de contaminante presentes en las aguas residuales generadas en la Parroquia Simiatug, el cual nos va a permitir dar conclusiones claras y concisas para el desarrollo del diseño del sistema. Esto se conseguirá con los respectivos análisis meticulosos ejecutados en el laboratorio conocido como caracterización (físico-químico, y microbiológico), adquiriendo datos precisos para la elaboración del proyecto técnico.

b) Método deductivo

Este método parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular. Lo que conlleva a decir que la zona de descarga de agua residual de la parroquia Simiatug, produce una contaminación ambiental y como posible solución es el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los análisis físicos- químicos y microbiológicos fueron comparados con las normas establecidas del TULSMA, Acuerdo ministerial No.028, sustituyese el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundario, Viernes 13 de Febrero del 2015, datos que fueron tabulados y analizados para posteriormente diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales.

c) Método experimental

Se basa en la utilización de equipos e instrumentos adecuados para demostrar la veracidad de los datos obtenidos de la toma de muestras y del tratamiento análisis físico-químicos y

microbiológicos de agua residual. Demostrando mediante una simulación del diseño en laboratorio poder diseñar el tratamiento óptimo para la depuración del agua residual de Simiatug,

1.3.4.2 Técnicas

Basadas en las normas y técnicas para caracterización físico –química y microbiológica, que se encuentran establecidas en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de control de calidad de la E.P – EMAPA-G, ubicados en el Anexo A y Anexo B, fundamentados en el (Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater) especificados en la última edición y el manual de Análisis de Agua, Métodos HACH.

1.3.5 Determinación del caudal

Para la determinación del caudal se utilizó el método volumétrico, debido a que la parroquia de Simiatug no tiene un flujo contante el caudal del agua residual por esta razón se utilizó dicho método siguiendo los siguientes pasos:

- Se realizó aforaciones directas del agua residual con la ayuda de un balde graduado de 120 litros y un cronómetro se determina el tiempo de llenado. El agua residual llega a través de una tubería que luego se descargan al cuerpo receptor directamente.
- Las aforaciones se llevaron a cabo los días lunes, miércoles, viernes, sábados y domingos en horas planificadas considerando el mayor volumen de agua residual generada, estas fueron a las 06H00 – 07H00, 12H00 – 13H00 y 17H00 – 18H00, consideradas horas pico.
- Se calculó el caudal punta a partir de las tabulaciones y consolidaciones, fundamentando el promedio del caudal más alto y se incrementó el 4% por presencia de imprevistos que suelen presentarse en la época invernal.

A continuación se muestran los datos obtenidos durante los dos meses de muestreo, realizados en los días con mayor actividad y en sus horas picos:

Tabla 1-1 Aforo de caudal de agua residual mes de Mayo

MAYO						
HORARIO	LUNES	MIÉRCOLES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO
06:00 a 7:00	104	110	100.5	99.2	107.5	104.24
12:00 a 13:00	106.4	114.5	100.8	114.5	99.8	107.2
17:00 a 18:00	115.4	112.2	112.6	104.7	97.4	108.46
CAUDAL PROMEDIO (L/s)						106.63

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 2-1 Aforo de caudal del agua residual mes de Junio

JUNIO						
HORARIO	LUNES	MIÉRCOLES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO
06:00 a 7:00	90.2	98.4	91.3	96.4	88.5	92.96
12:00 a 13:00	99.4	92.5	88.8	92.4	96.5	93.92
17:00 a 18:00	98.4	99.2	90.6	90.3	89.3	93.56
CAUDAL PROMEDIO (L/S)						93.48

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 3-1 Caudal promedio del agua residual

MES	CAUDAL
MAYO	106.63
JUNIO	93.48
CAUDAL PROMEDIO	100.06

Realizado por: Jhon Salazar 2016

1.3.6 Método de Muestreo

El muestreo se realizó en forma manual, consistiendo en muestras simples para posteriormente homogenizarlas y al final obtener muestras compuestas, estas ayudaran para una mejor apreciación de resultados al momento de realizar los análisis de laboratorio. El cronograma de muestreo se puede apreciar a continuación:

Tabla 4-1 Toma y recolección de muestras

DÍAS	MUESTRA	HORA	LUGAR
Lunes	3	6:00 am	Descarga al río
		12:00 pm	
		17:00 pm	
Miércoles	3	6:00 am	Descarga al río
		12:00 pm	
		17:00 pm	
Viernes	3	6:00 am	Descarga al río
		12:00 pm	
		17:00 pm	
Domingo	3	6:00 am	Descarga al río
		12:00 pm	
		17:00 pm	
Total de Muestra	12		

Realizado por: Jhon Salazar 2016

1.3.6.1 Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual

Para realizar la caracterización se tomaron 3 muestras por día, los días que se muestreaban fueron los días lunes, miércoles, viernes y domingos en las horas pico durante dos meses de tal manera que en ocasiones las muestras recolectadas no tenían el mismo caudal ya que no había la misma actividad que en los otros días muestreados.

El agua residual de muestra compuesta de la parroquia Simiatug se caracterizó en el Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G y en forma paralela en el CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.3.6.2 Parámetros analizados

Mediante experimentos de laboratorio y campo, se realizó la caracterización físico- químico y microbiológico obteniendo resultados que luego de su respectiva tabulación estadística, permitieron establecer las distintas variables para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, al tiempo se estableció análisis comparativos para identificar los parámetros bajo la normativa vigente TULSMA, REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028 TABLA 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 5-1 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug, Mayo

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO			
		Lim.Max.Per	04-May	11-May	18-May	25-May
COLOR	UTC	Ina. en dis	90.00	100.00	120.00	115.00
TURBIEDAD	NTU	.....	43.12	48.61	60.68	52.39
pH	.....	6. – 9	7.65	7.32	7.85	7.51
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	237.74	209.52	324.96	320.69
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	156.03	140.06	170.94	168.07
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	45.00	60.00	50.00	48.00
TEMPERATURA	° C	Cond. ± 3	18.31	17.94	18.12	19.02
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.00	20.35	25.75	30.72	27.62
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	3.07	2.97	3.62	2.45
NITRÓGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30	21.64	24.81	26.49	23.50
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	5.00	8.00	10.00	10.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	6.00	6.57	6.04	6.45
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	6.65	7.40	6.48	8.74
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.563	0.839	0.541	0.657
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.5	0.23	0.19	0.20	0.21
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.51	0.84	0.75	0.62
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	400.00	360.00	520.00	460.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.045	0.032	0.049	0.036
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	346.58	398.35	468.79	410.52
NÍQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.28	0.37	0.26	0.31
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.24	0.32	0.25	0.30
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0	0.008	0.008	0.006	0.008
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	0.2	0.47	0.52	0.67	0.48
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.006	0.007	0.007	0.007
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.008	0.006	0.008	0.008
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	1.63	1.79	1.41	1.25
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.006	0.007	0.007	0.008
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.008	0.007	0.008	0.007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.15	0.19	0.18	0.19
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	2.00	2.00	3.00	2.00
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	9045	8624	9561	8426
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	4076	4362	4598	4628
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	400	500	700	740
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	120	270	270	280

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P .EMAPA-G

Tabla 6-1 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug-Muestras Compuestas-Mayo

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	Muestras compuestas	
		Lim.Max.Per	12-May	26-May
COLOR	UTC	Ina. en dis	250.00	220.00
TURBIEDAD	NTU	.....	102.63	97.62
pH	.....	6. – 9	7.70	7.50
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	260.64	210.67
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	120.05	105.78
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	65.00	62.00
TEMPERATURA	° C	Cond. ± 3	18.94	18.84

NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.00	25.07	22.00
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	5.93	6.48
NITRÓGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30	3.12	3.67
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	6.00	9.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	5.86	6.71
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	7.15	6.83
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.754	0.869
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.5	0.25	0.21
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.48	0.46
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	300.00	312.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.005	0.007
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	430.670	410.380
NÍQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.40	0.35
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.36	0.48
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0	0.008	0.008
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	0.2	0.35	0.50
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.007	0.007
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.008	0.008
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	1.42	1.64
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.009	0.008
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.008	0.008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.37	0.25
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	2.00	2.00
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	9626	8943
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	4639	3781
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	580	620
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	246	294

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 7-1 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug, Junio

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO			
		Lím.Max.Per	01-Jun	08-Jun	15-Jun	22-Jun
COLOR	UTC	Ina. en dis	60.00	40.00	100.00	95.00
TURBIEDAD	NTU	.....	54.00	39.64	63.60	60.27
pH	.....	6. – 9	7.45	7.30	7.33	7.25
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	198.75	167.42	176.39	172.50
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	86.43	63.45	75.38	82.40
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	42.00	54.00	48.00	57.00
TEMPERATURA	° C	Cond. ± 3	18.42	18.95	19.98	19.64
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.00	25.10	20.83	32.65	19.46
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	4.20	3.64	3.08	3.67
NITRÓGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30	2.40	2.64	2.45	2.68
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	11.00	10.00	8.00	12.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	5.35	6.00	6.24	5.94
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	6.36	5.90	7.30	5.34
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.648	0.785	0.813	0.728
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.5	0.23	0.19	0.18	0.16
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.45	0.36	0.40	0.39
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	360.00	320.00	400.00	420.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.04	0.04	0.05	0.04
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	420.170	341.040	370.260	442.060
NÍQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.38	0.23	0.36	0.22
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.32	0.46	0.30	0.38
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0	0.007	0.008	0.008	0.007

ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	0.2	0.50	0.48	0.54	0.49
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.007	0.007	0.008	0.008
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.007	0.007	0.008	0.008
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	1.50	1.43	1.39	1.23
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.007	0.008	0.008	0.007
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.007	0.007	0.005	0.007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.31	0.24	0.27	0.31
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	3.00	2.00	2.00	1.95
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	8963	8470	8204	10251
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	3782	4082	4028	5117
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	520	600	680	900
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	258	324	420	540

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 8-1 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual Simiatug- Muestras compuestas-Junio

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	Muestras compuestas	
		Lim.Max.Per	16-Jun	23-Jun
COLOR	UTC	Ina. en dis	110.00	170.00
TURBIEDAD	NTU	.....	60.57	90.06
pH	.....	6. – 9	7.65	7.32
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	605.37	850.6
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	180.64	264.69
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	70.00	76.00
TEMPERATURA	° C	Cond. ± 3	19.48	19.82
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.00	19.37	18.91
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	1.15	1.68
NITRÓGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	30	12.80	15.07
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	10.00	11.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	1.42	2.06
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	7.64	12.62
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.204	0.117
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.5	0.10	0.14
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.21	0.20
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	400.00	380.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.029	0.034
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	123.100	126.450
NÍQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.30	0.24
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.29	0.30
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0	0.008	0.007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	0.2	0.49	0.42
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.007	0.008
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.007	0.008
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	1.46	1.98
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.008	0.007
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.008	0.008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.18	0.14
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	0.93	0.84
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	10609	9225
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	5053	4656
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	920	1200
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	440	620

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

1.3.7 Pruebas de tratabilidad

1.3.7.1 Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad representa la naturaleza del efluente e indica el tratamiento adecuado para este, ya sea un tratamiento físico-químico o biológico.

La caracterización del agua residual descrita en la Tabla 6-1 y Tabla 8-1 para muestras compuestas, nos indica que los parámetros iniciales analizadas tanto el DBO₅ y el DQO se encuentra fuera de la normativa vigente (TULSMA, REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028 TABLA 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce).

Tabla 9-1 Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad-mes de Mayo y Junio

MUESTRAS COMPUESTAS – MAYO				
	Parámetro	Unidad	Resultado	TULSMA/Tabla 10
12 de Mayo	DBO ₅	mg O ₂ /L	4639	100.0
	DQO	mg/L	9626	200.0
26 de Mayo	DBO ₅	mg O ₂ /L	3781	100.0
	DQO	mg/L	8943	200.0
MUESTRAS COMPUESTAS – JUNIO				
	Parámetro	Unidad	Resultado	TULSMA/Tabla 10
16 de Junio	DBO ₅	mg O ₂ /L	5053	100.0
	DQO	mg/L	10609	200.0
23 de Junio	DBO ₅	mg O ₂ /L	4656	100.0
	DQO	mg/L	9225	200.0

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016.

Tabla 10-1 Índice de biodegradabilidad

	$\frac{DQO}{DBO_5}$
12 de Mayo	2.08
26 de Mayo	2.37
16 de Junio	2.09
23 de Junio	1.98
Promedio	2.13

Realizado por: Jhon Salazar 2016.

Al efectuar el índice de biodegradabilidad de cada muestra compuesta a una temperatura aproximada de 20°C y obteniendo su promedio, nos da un valor de 2,13 en la relación $\frac{DQO}{DBO_5}$, lo que nos indica que los compuestos del efluente son de naturaleza moderadamente biodegradable (ver Tabla 19-3), valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico, optándose por un tratamiento físico-químico.

1.3.7.2 Test de Jarras

La realización de test de jarras se aplicó el polímero Policloruro de Aluminio PAC-P25A y el auxiliar anionico chemfloc N-100, considerando cuatro muestras compuestas en donde la turbiedad oscilaba entre el rango de 60,57-102,63 NTU, la dosificación de estos productos químicos se efectuó a diferentes concentraciones, mismos que se muestran en la Tabla 11-1 y Tabla 12-1.

En vasos de precipitación se colocó los efluentes a tratar donde se realizó una mezcla rápida para simular el resalto hidráulico presente en el canal Parshall con ayuda del equipo Floc-Tester ET 730, donde se inyectaron los reactivos mediante el uso de una jeringuilla hipodérmica, posteriormente se aplicó una mezcla lenta durante 10 minutos para que pueda formarse y decantar los flóculos, finalmente se tomó las muestras para realizar los análisis respectivos de cada muestra.

Tabla 11-1 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta, 12 de Mayo

TURBIEDAD 102.63 NTU, (pHo=7.70, pHf=7.10), rpm=200, tiempo de agitación= 10 min							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	60.00	35.00	2.63	3.42	1.01	99.16
0.80	0.02	120.00	60.00	3.34	5.35	1.19	99.01
0.80	0.02	180.00	90.00	4.13	7.84	1.38	98.86
0.80	0.02	240.00	120.00	4.98	4.48	1.56	98.71
0.80	0.03	60.00	35.00	5.91	7.09	1.74	98.56
0.80	0.03	120.00	60.00	6.90	4.83	1.92	98.41
0.80	0.03	180.00	90.00	7.98	6.38	2.10	98.26
0.80	0.03	240.00	120.00	7.52	6.77	2.28	98.11
0.80	0.04	60.00	35.00	6.89	5.51	2.46	97.96
0.80	0.04	120.00	60.00	6.08	5.47	2.64	97.81
0.80	0.04	180.00	90.00	3.39	3.05	2.82	97.66
0.80	0.04	240.00	120.00	1.48	3.69	0.59	99.51
0.80	0.05	60.00	35.00	3.69	5.54	1.09	99.10
0.80	0.05	120.00	60.00	6.80	5.44	1.58	98.69
0.80	0.05	180.00	90.00	4.56	5.48	2.07	98.28
0.80	0.05	240.00	120.00	7.97	5.58	2.57	97.87

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 12-1 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta, 26 de Mayo

TURBIEDAD 97.62 NTU, (pHo=7.50, pHf=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 10 min							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	60.00	35.00	3.81	8.00	1.46	98.50
0.80	0.02	120.00	60.00	4.08	9.39	1.85	98.10
0.80	0.02	180.00	90.00	5.61	5.05	2.25	97.70
0.80	0.02	240.00	120.00	7.38	5.17	2.64	97.30
0.80	0.03	60.00	35.00	9.38	4.69	3.03	96.90
0.80	0.03	120.00	60.00	5.47	4.37	3.42	96.50
0.80	0.03	180.00	90.00	4.95	4.45	3.81	96.10
0.80	0.03	240.00	120.00	7.14	6.42	4.20	95.70
0.80	0.04	60.00	35.00	6.88	5.51	4.59	95.30
0.80	0.04	120.00	60.00	5.97	4.18	4.98	94.90
0.80	0.04	180.00	90.00	2.34	5.86	0.78	99.20
0.80	0.04	240.00	120.00	2.93	6.44	1.17	98.80
0.80	0.05	60.00	35.00	4.22	5.06	1.56	98.40
0.80	0.05	120.00	60.00	5.66	7.36	1.95	98.00
0.80	0.05	180.00	90.00	4.22	5.90	2.34	97.60
0.80	0.05	240.00	120.00	3.83	5.74	2.73	97.20

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 13-1 Tratabilidad con pruebas de Jarra-muestra compuesta, 16 de Junio

TURBIEDAD 60.57 NTU, (pHo=7.65, pHf=7.13), rpm=200, tiempo de agitación= 10 min							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	60.00	35.00	4.80	6.24	1.33	97.80
0.80	0.02	120.00	60.00	6.44	9.67	1.70	97.20
0.80	0.02	180.00	90.00	8.24	14.00	2.06	96.60
0.80	0.02	240.00	120.00	5.33	10.13	2.42	96.00
0.80	0.03	60.00	35.00	6.69	14.04	2.79	95.40
0.80	0.03	120.00	60.00	4.72	10.87	3.15	94.80
0.80	0.03	180.00	90.00	4.57	11.42	3.51	94.20
0.80	0.03	240.00	120.00	5.81	15.70	3.88	93.60
0.80	0.04	60.00	35.00	3.63	5.45	0.30	99.50
0.80	0.04	120.00	60.00	4.24	5.09	1.21	98.00
0.80	0.04	180.00	90.00	4.66	6.06	2.12	96.50
0.80	0.04	240.00	120.00	4.24	5.94	3.03	95.00
0.80	0.05	60.00	35.00	4.72	7.09	3.94	93.50
0.80	0.05	120.00	60.00	7.75	6.98	4.85	92.00
0.80	0.05	180.00	90.00	6.90	6.21	5.75	90.50
0.80	0.05	240.00	120.00	8.66	6.93	6.66	89.00

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 14-1 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta, 23 de Junio

TURBIEDAD 90.06 NTU, (pHo=7.32, pHf=7.10), rpm=200, tiempo de agitación= 10 min							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	60.00	35.00	3.51	2.81	1.35	98.50
0.80	0.02	120.00	60.00	4.03	4.44	1.44	98.40
0.80	0.02	180.00	90.00	5.13	7.19	1.71	98.10
0.80	0.02	240.00	120.00	6.34	5.07	1.98	97.80
0.80	0.03	60.00	35.00	7.66	8.42	2.25	97.50
0.80	0.03	120.00	60.00	6.30	8.83	2.52	97.20
0.80	0.03	180.00	90.00	7.54	6.03	2.79	96.90
0.80	0.03	240.00	120.00	7.66	6.89	3.06	96.60
0.80	0.04	60.00	35.00	7.33	6.60	3.33	96.30
0.80	0.04	120.00	60.00	2.16	4.76	0.54	99.40
0.80	0.04	180.00	90.00	6.21	5.59	1.35	98.50
0.80	0.04	240.00	120.00	5.19	6.74	1.62	98.20
0.80	0.05	60.00	35.00	6.48	5.19	2.16	97.60
0.80	0.05	120.00	60.00	8.65	7.78	2.70	97.00
0.80	0.05	180.00	90.00	8.11	6.48	3.24	96.40
0.80	0.05	240.00	120.00	10.21	9.19	3.78	95.80

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

1.3.8 Análisis del agua residual tratada

Tabla 15-1 Resultados análisis físico-químico y bacteriológico agua residual Simiatug-Mayo

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA Lim.Max.Per	Muestras compuestas			
			12-May		26-May	
			A. RESIDUAL	TRATADA	A. RESIDUAL	TRATADA
COLOR	UTC	Ina. en dis	250.00	1.00	220.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	.....	102.63	0.59	97.62	0.78
pH	.....	6. – 9	7.70	7.10	7.50	7.08
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	260.64	120.08	210.67	102.39
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	120.05	42.65	105.78	40.69
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	65.00	42	62.00	38
TEMPERATURA	° C	Cond. ± 3	18.94	18.76	18.84	18.5
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.00	25.07	14.11	22.00	10.25
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	5.93	2.53	6.48	2.43
NITRÓGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30	3.12	1.08	3.67	1.02
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	6.00	2.00	9.00	2.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	5.86	0.78	6.71	0.73
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	7.15	3.64	6.83	3.27
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.754	0.468	0.869	0.547
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.5	0.25	0.008	0.21	0.008
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.48	0.22	0.46	0.20
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	300.00	298.00	312.00	300.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.005	0.005	0.007	0.006
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	430.670	120.34	410.380	118.33
NÍQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.40	0.09	0.35	0.10
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.36	0.30	0.48	0.45
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.2	0.008	0.008	0.008	0.007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5.0	0.35	0.22	0.50	0.36
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.007	0.007	0.007	0.006
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.008	0.006	0.008	0.008
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	1.42	0.74	1.64	0.95
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.009	0.009	0.008	0.007
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.008	0.005	0.008	0.006
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.37	0.30	0.25	0.22
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	2.00	6.00	2.00	5.50
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	4639	16	3781	14
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	9626	25	8943	22

COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	580	< 1	620	< 1
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	246	< 1	294	< 1

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 16-1 Resultados análisis físico-químico y bacteriológico agua residual Simiatug-Junio

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA Lim.Max.Per	Muestras compuestas			
			16-Jun		23-Jun	
			A. RESIDUAL	TRATADA	A. RESIDUAL	TRATADA
COLOR	UTC	Ina. en dis	110.00	1.00	170.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	.....	60.57	0.30	90.06	0.54
pH	.....	6. – 9	7.65	7.13	7.32	7.10
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	605.37	225.67	850.6	328.09
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	180.64	56.08	264.69	62.37
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	70.00	46.00	76.00	50.00
TEMPERATURA	° C	Cond. ± 3	19.48	19.42	19.82	19.42
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.00	19.37	13.67	18.91	13.98
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	1.15	1.00	1.68	1.12
NITRÓGENO AMONICAL (NH ₃ - N)	mg/L	30	12.80	4.62	15.07	4.93
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	10.00	2.00	11.00	2.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	1.42	0.50	2.06	0.65
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	7.64	3.96	12.62	5.67
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.204	0.105	0.117	0.009
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.5	0.10	0.005	0.14	0.006
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.21	0.15	0.20	0.12
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	400.00	340.00	380.00	360.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.029	0.007	0.034	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	123.100	86.34	126.450	90.27
NÍQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.30	0.08	0.24	0.06
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.29	0.23	0.30	0.20
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.2	0.008	0.008	0.007	0.006
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5.0	0.49	0.42	0.42	0.36
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.007	0.007	0.008	0.007
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.007	0.005	0.008	0.008
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	1.46	0.84	1.98	1.05
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.008	0.008	0.007	0.007
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.008	0.007	0.008	0.008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.18	0.16	0.14	0.12
OXIGENO	mg/L	.....	0.93	5.98	0.84	6.12

DISUELTO (O ₂)						
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	5053	19	4656	21
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	10609	25	9225	28
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	920	< 1	1200	< 1
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	440	< 1	620	< 1

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación planteado es el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Simiatug, por ser la institución a la cual va dirigido la investigación técnica del Sistema de Tratamiento de aguas residuales.

1.4.2 Indirectos

Los beneficiario indirectos del trabajo de titulación son los habitantes de la parroquia Simiatug, ya que según el último censo tenemos una población de 11.246 habitantes en más de 40 comunidades, así como, la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Guaranda (EMAPA-G).

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

- Diseñar un Sistema de Tratamiento para Aguas Residuales en la parroquia Simiatug del cantón Guaranda.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-química y microbiológica de las aguas residuales, justificadas en los límites de descarga, norma del Recurso Agua para la calidad ambiental del TULSMA REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028, TABLA 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Estimar los costos que demanda el estudio técnico del diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales.
- Identificar las variables de proceso apropiadas para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos pertinentes de ingeniería para el planteamiento y dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales según los resultados obtenidos en la caracterización del efluente.
- Validar el diseño planteado considerando la caracterización físico – química y microbiológica del agua depurada, en procedencia a los límites de descarga del TULSMA ,REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028, TABLA 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización Geográfica

El presente trabajo de investigación técnico se efectuó en la Parroquia de Simiatug, que se encuentra ubicada al Noroccidente de la Provincia de Bolívar, a 56 Km de la Ciudad de Guaranda, y 75 Km de la Ciudad de Ambato.

Tabla 17-3 Tabla Características Geográficas de Simiatug

Limites	Al Norte, limita con la Provincia de Cotopaxi. Al sur, limita con la parroquia Salinas. Al este, limita con la Provincia de Tungurahua y la parroquia de Salinas. Al oeste, limita con la parroquia Facundo Vela.
Rango altitudinal	Oscila desde 4.500 m.s.n.m a 2.400 m.s.n.m
Clima	Varia 8 a 20°C

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia Simiatug.

Elaborado por. Jhon Salazar 2016

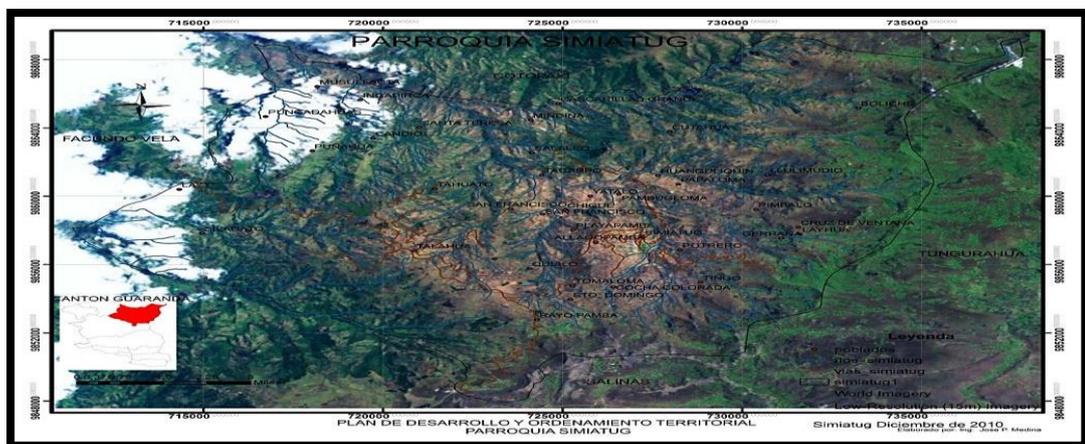


Figura 1-3.Ubicación geográfica de la Parroquia de Simiatug

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia Simiatug.

3.1.3. Clima de la Zona

Simiatug cuenta con diversos pisos climáticos, formada por un 50% en las partes altas y el otro 50% está en la parte subtropical.

Desde el frío del páramo que sobrepasa los 4200m.s.n.m siendo una de las zonas más frías de la provincia de Bolívar, con una temporada de vientos y sequía, variando las temperaturas dentro de un mismo día entre 3 a 14°C en los meses Julio y Agosto. A su vez hasta tierras más cálidas húmedas del subtrópico sobre los 200m.s.n.m variando las temperaturas de 18 a 24°C.

3.1.4. Características geomorfológicas de la zona

La geomorfología de su territorio es bastante irregular, existen formaciones en la parroquia de: terrazas indiferenciadas, bancos y diques aluviales, colinas medianas, vertientes convexas, vertientes irregulares, relieves escarpados, relieves montañosos, valles escalonados, cuerpos de agua. Presenta pronunciadas pendientes que van de 25% al 70% y aún mayores. Del 25% al 50% son onduladas y del 50% al 70% son estribaciones montañosas. (Junta Parroquial de Simiatug 2012)

3.1.5. Hidrología

Los sistemas de drenaje forman cinco conjuntos tributarios de las micro cuencas hidrográficas de los ríos, Tiungo, Suquibi, Simiátug.

La situación de la parroquia es privilegiada al respecto de las sub cuencas dispone de una importante red fluvial que alimenta fundamentalmente a la cuenca Babahoyo y Yaguachi.

En la parroquia Simiátug, existen 417 vertientes, de las cuales 179 están adjudicadas para el consumo humano, 91 vertientes están adjudicadas para riego. En cuanto a protección de vertientes el 100% de estas vertientes necesitan protección. Los pobladores de estas comunidades han destinado 471 Ha de la protección de vertientes mediante la siembra de

plantas nativas de la zona. Las familias beneficiarias directas de estas vertientes son 3.016 de las cuales el 74,13% de las familias se utilizan estas vertientes para agua de consumo. En cuanto a la organización para el uso y aprovechamiento del agua existe 41 Juntas de Agua de las cuales el 68,29% son Juntas Agua para consumo humano, y el 31,71% son Juntas de Riego. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Simiátug)

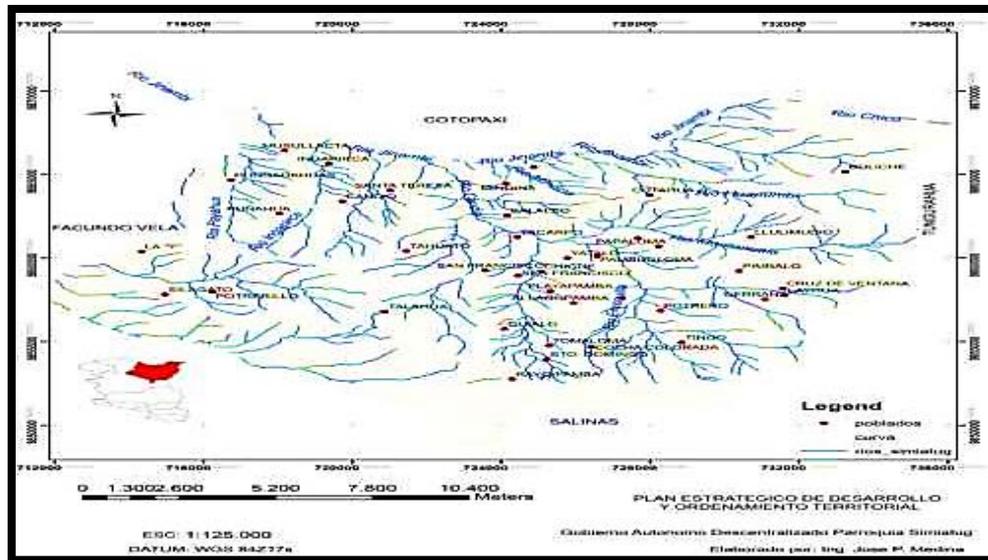


Figura 2-3. Red hidrográfica de la Parroquia de Simiátug

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia Simiátug.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Aguas residuales

De acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, se describe a las aguas residuales como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.. (TULSMA, 2015).

Estas aguas residuales deben ser depuradas antes de volver a la naturaleza. Para ello son transportadas a un sistema de tratamiento realizando la tarea de disminución de los contaminantes por medio de un tratamiento biológico o fisicoquímico para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles.

3.2.1.2 Composición

Las aguas residuales se componen mayoritariamente de agua potable básicamente del 99,9% y el resto, el 0,1% de sólidos ya sean disueltos o suspendidos.

El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos ya sean orgánicos e inorgánicos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido.

3.2.1.4 Caracterización de aguas residuales

Las aguas residuales son únicas en sus características, los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada tipo de agua residual.

Tabla 18-3 Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual

Características organolépticas	
Color	Depende de la descomposición del agua y de ciertos minerales
Olor-sabor	Presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos
Características físicas	
Sólidos totales	Se dividen en sólidos disueltos y sólidos suspendidos
Sólidos disueltos	Se encuentran en el agua en forma de gases o sales
Sólidos suspendidos	Se determinan por la diferencia entre sólidos totales y sólidos disueltos, se obtiene para el dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual.
Sólidos sedimentables	Es el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente
Turbiedad	Es la presencia de impurezas que se encuentran suspendidas en el agua que dificultan el paso de la luz.
Temperatura	Influye en la viscosidad y en la cinética de las reacciones químicas
Conductividad	Es la capacidad del agua para conducir electricidad, por la presencia de sales disueltas como iones de Ca, Mg, Na, P, etc.
Características químicas	
Potencial de hidrogeno	Determina las condiciones ácidas y básicas en el agua
Acidez	Se considera acida al agua cuando tiene un valor $<8,5$ y por la presencia de ácidos fuertes.
Componentes orgánicos	
Carbohidratos	Son sustancias biodegradables que se encuentran en forma de

	azúcares, almidones, celulosas, fibras, entre otras
Aceites y grasas	La presencia de grasas en el agua puede impedir procesos biológicos importantes.
Detergentes	Son sustancias encargadas de la disminución de la tensión superficial del agua y se caracterizan por producir espuma es perjudicial para la absorción y disolución del oxígeno en el agua.
Componentes inorgánicos	
Nitrógeno	Produce el incremento de la eutrofización y se encuentra en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrito
Fosfatos	Es partícipe de la proliferación de algas, al igual que el nitrógeno
Características biológicas	
Coliformes fecales	Estas bacterias son Gram negativas aeróbicas y anaeróbicas facultativas, de forma redonda y que no forman esporas
Fecales	En su gran mayoría son <i>Escherichia coli</i> y algunas especies de <i>Klesbiella</i> . Además son capaces de tolerar altas temperaturas y se reproducen en gran cantidad por condiciones favorables de pH, temperatura, etc.

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Jhon Salazar 2016

3.2.1.5 Indicadores de contaminación orgánica

a) *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*: Conceptualmente es la cantidad de oxígeno disponible que se necesita para la descomposición biológica aerobia de desechos orgánicos presente en el agua residual, provocando el consumo de este cuando el desecho se haya consumido completamente.

b) *Demanda química de oxígeno (DQO)*: Usada para evaluar la cantidad de material orgánico existente en las aguas sin depuración, al contacto de este material orgánico con una solución el dicromato en medio ácido se vuelve susceptible de ser oxidado químicamente.

La diferencia que existe entre la demanda biológica de oxígeno (DBO) básicamente es que hay muchos compuestos que se oxidan con mas facilidad por vía química que a través de vía biológica. Por esta razón los valores de DQO son generalmente más altos que los de la DBO, permitiendo establecer una relación directa entre estos parámetros.

Tabla 19-3 Relación entre parámetros DBO₅ y DQO

$\frac{DQO}{DBO_5}$	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
<1.5	Muy biodegradable	Materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.
1.5<x<10	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.
10<	Poco biodegradable	Materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Jhon Salazar 2016

3.2.2 Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales

3.2.2.1 Cálculo de la población futura

El diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales, requiere de un tiempo estimado de vida útil de 15 a 30 años, establecida por la norma INEN 005-9-1 (1992), es por ello, que la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G sugiere el periodo de vida útil de 15 años, es decir, hasta el año 2031.

$$P_f = P_a(1 + rn)$$

Ecuación 1

Datos:

P_a : Población actual (hab); 11246 habitantes

r : Índice de crecimiento anual (%); 1.77% (*Índice de crecimiento intercensal determinado en el Censo de Población y Vivienda en la Parroquia Simiatug INEC 2010*).

t : Periodo de diseño (años); 15 años

$$P_f = 11246[1 + 0,0177(2016 - 2010)]$$

$$P_f = 11246[1 + 0,0177(6)]$$

$$P_f = 12440.33 \text{ habitantes.}$$

$$P_f = 12440.33[1 + 0.0177(2031 - 2016)]$$

$$P_f = 11440.33[1 + 0.0177(15)]$$

$$P_f = 14477.74 \text{ habitantes} \cong 14478 \text{ habitantes}$$

3.2.2.2 Cálculo de la dotación del agua consumida a partir de la medición del caudal

Mediante la medición promedio del caudal realizado, se tiene que 100.06 L/s (ver Tabla 3-1) equivalente a 8645.18m³/día. Por lo tanto, para el cálculo del abastecimiento necesario de agua que consumida por la Parroquia de Simiatug en (L/ hab.día) se realiza con la siguiente ecuación:

$$Dc = \frac{Q_{promedio} * 1000 \frac{L}{m^3}}{Pf}$$

Ecuación 2

Datos:

Dc : Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal (L/hab. dia)

Q_{promedio} : Caudal promedio (m³/día); 8645.18 m³/dia

Pa : Población actual (hab); 14478 hab

$$Dc = \frac{8645.18 \text{ m}^3/\text{dia} * 1000 \text{ L/m}^3}{14478 \text{ hab}}$$

$$Dc = 597.13 \text{ L/hab.dia}$$

3.2.2.3 Cálculos del caudal

• **Cálculo del caudal servido, Q_{servida}:**

El caudal servido se determina mediante la población futura para el año 2031 dando 14478 habitantes y se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q_{servida} = \frac{Pf * Dc}{1000 \frac{L}{m^3}}$$

Ecuación 3

Datos:

Q_{servida} : Caudal servido (m³/día)

Dc : Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal (L/hab.dia);
597.13 L/hab.dia

Pf : Población futura (hab); 14478 hab

$$Q_{servido} = \frac{14478 \text{ hab} * 597.13 \text{ L/hab.dia}}{1000 \text{ L/m}^3}$$

$$Q_m = 8645.25 \text{ m}^3/\text{dia}$$

• **Cálculo del caudal medio diario, Q_{md} :**

El caudal medio diario (Q_{md}) se calcula con valor de K_1 de 0.8. Se calcula mediante la ecuación:

$$Q_{md} = K_1 * Q_{servida}$$

Ecuación 4

Datos:

Q_{md} : Caudal medio diario (m^3/dia)

K_1 : Constante para el caudal medio diario

$Q_{servida}$: Caudal servido (m^3/dia); $8645.25 \text{ m}^3/\text{dia}$

$$Q_{md} = 0,8 * 8645.25 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{md} = 6916.2 \text{ m}^3/\text{dia}$$

• **Cálculo del caudal de diseño, $Q_{diseño}$:**

$$Q_{diseño} = \frac{Q_{md}}{24}$$

Ecuación 5

Datos:

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

Q_{md} : Caudal medio diario (m^3/dia); $6916.2 \text{ m}^3/\text{dia}$

$$Q_{diseño} = \frac{6916.2 \text{ m}^3/\text{dia}}{24}$$

$$Q_{diseño} = 288.18 \text{ m}^3/\text{h}$$

• **Cálculo del caudal diario máximo, $Q_{m\acute{a}x}$:**

Caudal diario máximo ($Q_{m\acute{a}x}$), el cual se encuentra maneja con un valor para K_p de 1.5 y se obtiene mediante la ecuación:

$$Q_{m\acute{a}x} = K_p * Q_{md}$$

Ecuación 6

Datos:

$Q_{m\acute{a}x}$: Caudal máximo diario (m^3/dia)

K_p : Constante para el caudal máximo diario

Q_{md} : Caudal medio diario (m^3/dia); $6916.2 m^3/dia$

$$Q_{m\acute{a}x} = 1.5 * 6916.2 m^3/dia$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 10374.3 m^3/dia$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 432.26 m^3/h$$

• **Cálculo del caudal mínimo diario, Q_{min} :**

Para el caudal mínimo diario (Q_{min}) el valor K es 0.3, se calcula mediante la ecuación:

$$Q_{min} = k * Q_{md}$$

Ecuación 7

Datos:

Q_{min} : Caudal mínimo diario (m^3/dia)

K : Constante para el caudal mínimo diario

Q_{md} : Caudal medio diario (m^3/dia); $6916.2 m^3/dia$

$$Q_{min} = 0,3 * 6916.2 m^3/dia$$

$$Q_{min} = 2074.86 m^3/dia$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 86.45 m^3/h$$

• **Cálculo del caudal punta, Q_p :**

El caudal punta (Q_p) se ha empleado para el diseño de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales y se calcula mediante la ecuación:

$$Q_p = k_1 * Q_{md}$$

Ecuación 8

Datos:

Q_p : Caudal punta (m^3/dia)

Q_{md} : Caudal medio diario (m^3/dia); $6916.2 m^3/dia$

$$Q_p = 2 * 6916.2 m^3/dia$$

$$Q_p = 13832.4 m^3/dia$$

$$Q_p = 576.35 m^3/h$$

$$Q_p = 0.16 m^3/s$$

3.2.2.4 Sistema de rejillas

El cribado, es utilizado para retirar los sólidos suspendidos, ya sean estos de gran tamaño que comúnmente están presentes, ya que vienen acarreados por el agua residual, eliminando materias flotantes mayores a 5mm. Ayudando con una mejor apariencia a la planta. Aumentando la eficiencia posterior al cribado de cada unidad que conforma la planta.

Se puede reducir o eliminar un aproximado de 5% a 20 % de sólidos en suspensión. (Guzmán, 2013)



Figura 3-3. Sistema de desbaste-rejillas

Realizado por. Jhon Salazar 2016

Tabla 20-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:			
Anchura	<i>mm</i>	5-15	5-15
Profundidad	<i>mm</i>	25-37.5	25-37.5
Separación entre barras	<i>mm</i>	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical	<i>Grados</i>	60-45	0-60
Velocidad de aproximación	<i>m/s</i>	0.30-0.60	0.6-1.1
Perdida de carga admisible	<i>mm</i>	150	150

Fuente:(Metcalf & Eddy, 1995)

De acuerdo a la limpieza existen dos tipos:

- Rejillas de limpieza manual
- Rejillas de limpieza mecánica

Las rejas que suelen ser de limpieza manual cuentan con una inclinación horizontal que va con ángulos oscilan entre 60-80°. Están formadas por barrotes rectos, que a su vez se encuentran soldados a otras barras que actúan como separación, lo que permite ser limpiadas a mano.

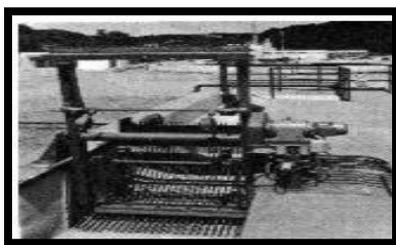


Figura 4-3. Rejillas de limpieza manual

Realizado por. Jhon Salazar 2016

3.2.2.4.1 Dimensionamiento del sistema de rejillas

- Área libre del paso de agua, A_L :

$$A_L = \frac{Q_p}{v}$$

Ecuación 9

Datos:

A_L : Área libre del paso de agua (m^2)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.16 m^3/s$

v : Velocidad de flujo (m/s); $0.60 m/s$ (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$A_L = \frac{0.16 m^3/s}{0.60 m/s}$$

$$A_L = 0.27 m^2$$

- **Altura del tirante en el canal, h_{ar} :**

El ancho del canal es de $0.8 m$, valor asumido por la dirección técnica de la EP.EMAPA-G considerando el diámetro de la tubería de $110 mm$ de la salida del desfogue del agua residual.

$$h_{ar} = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 10

Datos:

h_{ar} : Altura del tirante en el canal (m)

A_L : Área libre del paso de agua (m^2); $0.27 m^2$

B : Ancho del canal (m); $0.8 m$

$$h_{ar} = \frac{0.27 m^2}{0.80 m}$$

$$h_{ar} = 0.34 m$$

- **Altura del tirante de construcción, h_a :**

$$h_a = h_{ar} + h_{T1} + h_s$$

Ecuación 11

Datos:

h_{ar} : = Altura del tirante en el canal (m)

h_{T1} : Altura de la caja de revisión (m); $1 m$ (Valor considerado referente a la altura de la cada revisión)

h_s : Altura de seguridad (m); $0.5 m$ (Valor considerado referente a la altura de la cada revisión)

$$h_a = 0.34 \text{ m} + 1 \text{ m} + 0.5 \text{ m}$$

$$h_a = 1.84 \text{ m}$$

- **Longitud de las barras, L_b :**

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

Ecuación 12

Datos:

L_b : Longitud de las barra (m)

h_a : Altura del tirante de construcción (m); 1.84 m

α : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (*Valor considerado de la Tabla 20-3*)

$$L_b = \frac{1.84 \text{ m}}{\text{Sen } 60}$$

$$L_b = 2.12 \text{ m} \cong 2 \text{ m}$$

- **Número de barras, N_b :**

El valor de 0.8 m del ancho del canal está asumido por la dirección técnica de la EP.EMAPA-G considerando el diámetro de la tubería de 110mm de la salida del desfogue del agua residual)

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

Ecuación 13

Datos:

B : Ancho del canal (m); 0.8 m

S : Separación entre las barras (m); 0.025 m (*Valor considerado de la Tabla 19-3*)

e : Espesor de las barras(m); 1.27×10^{-2} m (*Valor considerado de la Tabla 19-3*)

$$N_b = \frac{0.8 \text{ m}}{1.27 \times 10^{-2} \text{ m} + 0.025 \text{ m}}$$

$$N_b = 21.22 \cong 21 \text{ barras}$$

- **Perdida de carga, H :**

Para el cálculo de pérdida de carga se usan con los datos expuesto en el siguiente cuadro:

Tabla 21-3 Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.48	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: (RAS, 2000)

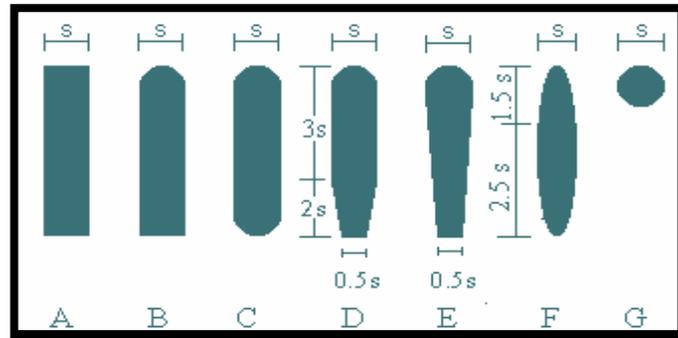


Figura 5-3. Diferentes formas de rejillas

Fuentes: RAS, 2000

Realizado por: Jhon Salazar 2016

$$H = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{Sen } \alpha$$

Ecuación 14

Datos:

β : Factor dependiente de la forma de barras(adimencional); 1.79 (Valor considerado de la Tabla 21-3)

S : Separación entre las barras (m); 0.025 m (Valor considerado de la Tabla 20-3)

e : Espesor de las barras (m); 1.27×10^{-2} m (Valor considerado de la Tabla 20-3)

v : Velocidad de flujo (m/s); $0.60 m/s$ (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio.)

g : Gravedad (m/s^2) = $9.8 m/s^2$

α : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 20-3)

$$H = 1.79 \left(\frac{0,025 m}{1.27 \times 10^{-2} m}\right)^{4/3} \left(\frac{0,60^2}{2 * 9.8 m/s^2}\right) \text{Sen } 60$$

$$H = 0.11m < 0,15 m \text{ admisibles } *$$

3.2.2.5 Canal de entrada

El canal de entrada para el transporte del agua residual desde su descarga hacia un sistema de tratamiento. El flujo de canales abiertos tiene lugar cuando los líquidos fluyen por la acción de la gravedad y solo están parcialmente envueltos por un contorno sólido (Cabanilla, Frank, 2015)



Figura 6-3. Canal rectangular abierto
Realizado por. Jhon Salazar 2016

3.2.2.5.1 Dimensionamiento de un canal

- **Radio hidráulico, RH :**

Tabla 22-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos

Anchura del fondo (m)	Altura del agua (m)	Pendiente longitudinal (porcentaje)			
		0.02	0.05	0.10	0.15
0.30	0.30	20-30*	30-40	40-60	40-70
0.50	0.40	40-70	70-120	100-160	120-200
0.80	0.60	140-240	230-370	320-530	400-650

Fuente: (Estructuras De Conducción De Agua)

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

Ecuación 15

Datos:

RH : Radio hidráulico (m)

h : Altura máxima del agua en el canal (m); 0.60 m (Valor considerado de la Tabla 22-3)

B : Ancho del canal (m); 0.8 m (Valor considerado de la Tabla 22-3)

$$RH = \frac{(0.80 * 0,60) \text{ m}^2}{0.80 \text{ m} + 2(0.60 \text{ m})}$$

$$RH = 0.24\text{m}$$

- **Velocidad media del canal, v :**

La rugosidad de Manning permite realizar el cálculo de la velocidad media para el canal de entrada con respecto al material con el cual va ser implementado.

Tabla 23-3 Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento

Canales revestidos	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/ftp.fao.org/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm)

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

Ecuación 16

Datos:

v : Velocidad media del canal (m/s)

RH : = Radio hidráulico (m); 0.24 m

S : Pendiente canal rectangular revestido de hormigón (%); 0.04 % (*Valor considerado de la Tabla 22-3*)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional); 0.015 (*Valor considerado de la Tabla 23-3*)

$$v = \frac{1}{0.013} (0.24m)^{2/3} (0.0004)^{1/2}$$

$$v = 0.59 \text{ m/s}$$

- **Área de la sección transversal del canal, A :**

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

Ecuación 17

Datos:

A: Área de la sección transversal del canal (m^2)

v: Velocidad media del canal (m/s); $0.59 m/s$

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.16 m^3/s$

$$A = \frac{0.16 m^3/s}{0.59 m/s}$$

$$A = 0.27 m^2$$

• **Altura máxima del agua en el canal, A:**

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

$$A = b * h$$

$$A = 2H * H$$

$$A = 2H^2$$

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

Ecuación 18

Datos:

H: Altura máxima del agua en el canal (m)

A: Área del canal (m^2); $0.27 m^2$

$$h = \sqrt{\frac{0.27 m^2}{2}}$$

$$h = 0.37 m$$

• **Altura total del canal, H:**

Para el cálculo de la altura total se toma en cuenta el borde libre, como nuestro caudal es menor a $0.50 m^3/s$ por lo tanto el factor de seguridad es $0.30 m$.

Tabla 24-3 Condiciones para determinar el borde libre de un canal

Caudal (m^3/s)	Borde libre (m)
Menor a 0.50	0.30
Mayor a 0.50	0.40

Fuente: (Pedro Rodríguez Rubio, 2008)

$$H = h + h_s$$

Ecuación 19

Datos:

h: Altura máxima del agua en el canal (m)

h_s: Factor de seguridad(m); 0.30m (Valor considerado de la Tabla 24-3)

$$H = (0.37 + 0.30)m$$

$$H = 0.67m$$

3.2.2.6 Vertedero rectangular

Los vertederos son diques o paredes que se oponen al flujo y que poseen una escotadura con una forma geométrica regular por la cual pasa el flujo. En general hay dos tipos de vertederos, los de pared delgada y gruesa. Los vertederos de pared delgada se usan para determinar el caudal en cualquier momento en una corriente pequeña. Los vertederos de pared gruesa se usan principalmente para control de excedencias. Los vertederos según su forma más utilizados son: rectangulares, triangular y trapecoidal.

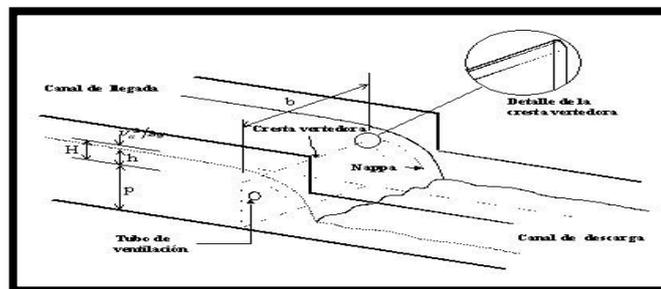


Figura 7-3. Dimensionamiento de un vertedero rectangular

Realizado por: Jhon Salazar 2016

3.2.2.6.1 Dimensionamiento del vertedero rectangular

se realizara un vertedero rectangular sin contracciones para que este permita el paso rápido del agua residual, por lo que el ancho del vertedero será igual al ancho de la caja vertedera.

- **Profundidad del canal vertedero, C_v :**

De acuerdo a los parámetros para la altura de la lámina de agua este debe ser un valor mínimo 0.05 m.

$$C_v = fs * H$$

Ecuación 20

Datos:

C_v : Profundidad del canal vertedero (m)

fs : Factor de seguridad (*Porcentaje*); 10%

H : Altura de la lámina del agua (m); 0.2 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$C_v = 1.1(0.2 \text{ m})$$

$$C_v = 0.22 \text{ m}$$

Aproximamos la profundidad del canal del vertedero a 0.8 metros.

- **Largo del canal vertedero corregido, L_v :**

$$L_v = fs * L$$

Ecuación 21

Datos:

L_v : Largo del canal vertedero corregido (m)

fs : Factor de seguridad (*Porcentaje*); 10%

L : Largo del canal vertedero (m); 4m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$L_v = 1.1(4 \text{ m})$$

$$L_v = 4.4 \text{ m}$$

- **Ancho del canal vertedero, B :**

Se realizará un vertedero rectangular sin contracciones para que este permita el paso rápido del agua residual, por lo que el ancho del vertedero será igual al ancho del canal vertedero.

$$Q_p = 1.84BH^{3/2}$$

$$B = \frac{Q_p}{1.84H^{3/2}}$$

Ecuación 22

Datos:

B: Ancho del canal vertedero (m)

Q_p: Caudal punta (m³/s); 0.16 m³/s

H: Altura de la lámina del agua (m); 0,2 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$B = \frac{0.16 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84(0.2 \text{ m})^{3/2}}$$

$$B = 0.97 \text{ m}$$

- Caudal por unidad de ancho, q:

$$q = \frac{Q_p}{B}$$

Ecuación 23

Datos:

q: Caudal por unidad de ancho (m²/s)

Q_p: Caudal punta (m³/s); 0,16 m³/s

B: Ancho del canal vertedero (m); 0,97 m

$$q = \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{s}}{0,97 \text{ m}}$$

$$q = 0,17 \text{ m}^2/\text{s}$$

- Profundidad crítica de flujo, h_c:

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$$

Ecuación 24

Datos:

h_c: Profundidad crítica de flujo (m)

q: Caudal por unidad de ancho (m²/s); 0.17 m²/s

g: Gravedad (m/s²); 9.8 m/s²

$$h_c = \left(\frac{(0.17 \text{ m}^2/\text{s})^2}{9.8 \text{ m}/\text{s}^2} \right)^{1/3}$$

$$h_c = 0.14 \text{ m}$$

- **Longitud del salto, L_m :**

La altura de la pared del vertedero será de 0.50 m en para que exista un resalto estable.

$$L_m = 4.3P^{0.1}h_c^{0.9}$$

Ecuación 25

Datos:

L_m : Longitud de salto (m)

P : Altura de la pared del vertedero (m); 0.5 m

h_c : Profundidad crítica de flujo (m); 0.14 m

$$L_m = 4,3(0.5 \text{ m})^{0,1}(0.14 \text{ m})^{0,9}$$

$$L_m = 0.68 \text{ m}$$

3.2.2.4 Desarenador

Unidades destinadas a retener sólidos los inorgánicos como: grava, cenizas y arena, que por lo general están contenidos en las aguas sin depuración.

Desarenador de flujo horizontal

El fluido circula a través de la unidad en dirección horizontal, permitiendo que la velocidad de circulación sea controlada gracias a la propia geometría de la unidad, con compuertas de distribución especiales, y mediante la adopción de vertederos de secciones especiales a la salida del canal.

Es una de las unidades de remoción de sólidos más empleado en el tratamiento de las aguas residuales, contando con un control de velocidad del fluido y sedimentación.

Por propósitos teóricos, se acostumbra a dividir el tanque desarenador en 4 zonas:

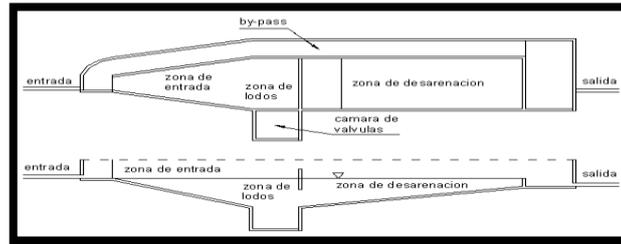


Figura 8-3. Desarenador de flujo horizontal
Realizado por. Jhon Salazar 2016

-Zona de entrada y distribución del agua.

- Cámara de aquietamiento:

Su principal función es reducir la velocidad de entrada del fluido, permitiendo el ingreso de este en condiciones controladas a la zona de sedimentación permitiendo que el proceso pueda ser efectuado en condiciones apropiadas. La entrada del fluido a la cámara se hace por la parte inferior de esta.

Como parámetros indispensables para el diseño son: la velocidad de ascenso del agua en su interior esté comprendida entre los valores 0.04 m/s y 0.1 m/s y teniendo en cuenta que el tiempo de retención puede estar entre 30 y 60 segundos.

- Estructura de transición.

Comprendido entre zona de salida de la cámara de aquietamiento y la de entrada del a la zona de sedimentación que poseen diferentes dimensiones, por lo cual es necesario una transición gradual entre estas zonas, evitando problemas significativos en el flujo que entorpezcan el funcionamiento normal de la unidad desarenadora. Para esta zona el ángulo de divergencia debe ser menor de 30° para una unidad desarenadora para permitiendo una transición efectiva. En esta zona se deben ubicar compuertas para efecto de mantenimiento de alguna de las unidades.

-Zona de sedimentación propiamente dicha: Zona donde se realiza la sedimentación de partículas por acción de la gravedad.

-Zona de depósito de lodos: Para se produzca el deslizamiento de la arena en esta zona se cuenta con una tolda con una pendiente de 10%, los sedimentos son direccionados hacia el canal de limpieza

-Zona de salida o recolección del agua: Principalmente constituido por un vertedero, diseñado para que el agua rebose, manteniendo una velocidad pertinente produciendo que no se altere el reposo de la arena sedimentada.

Criterios de diseño Desarenador

- Por criterios económicos y técnicos el periodo de diseño de estas unidades vari entre 10 a 20 años.
- El número de unidades mínimas en paralelo es 2 para efectos de mantenimiento. En caso de caudales pequeños y turbiedades bajas se podrá contar con una sola unidad que debe contar con un canal de by-pass para efectos de mantenimiento

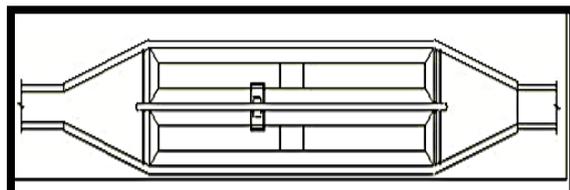


Figura 9-3. Desarenador de dos unidades en paralelo

Realizado por. Jhon Salazar 2016

- La unidad trabaja en forma periodo de 24 horas por día sin interrupciones. Para asegurar la uniformidad de la velocidad del fluido a la zona de entrada debe existir un canal o tubería en la unión a la llegada al desarenador.
- La velocidad del fluido a través del vertedero de salida debe ser pequeña, evitando turbulencia y con ello producir el arrastre de material sedimentado.
- La relación largo/ancho en el desarenador debe ser entre 10 y 20.
- Con valores menores de 1 del número de Reynolds ($Re < 1.0$), la sedimentación de arena fina ($d < 0.01$ cm) se efectúa en forma más eficiente, siendo este en régimen laminar.
- Para sedimentación de arena gruesa, debe efectuarse en régimen de transición, con valores de Reynolds comprendidos en 1.0 y 1 000". (Cepis, 2005)

3.2.2.4.1 Dimensionamiento del tanque desarenador de flujo horizontal

3.2.2.4.1.1 Cálculo de la cámara de quietamiento

- **Volumen de la cámara de quietamiento, $V_{c.a}$:**

$$V_{c.a} = \frac{Q_p}{t}$$

Ecuación 26

Datos:

$V_{c.a}$: Volumen de la cámara de quietamiento (m^3)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.16 m^3/s$

t : Tiempo de retención (s); 35 s (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

$$V_{c.a} = \frac{0.16 m^3/s}{35 s}$$

$$V_{c.a} = 5.6 m^3$$

- **Área superficial de la cámara de quietamiento, $A_{c.a}$:**

$$A_{c.a} = \frac{Q_p}{V_a}$$

Ecuación 27

Datos:

$A_{c.a}$: Área superficial de la cámara de quietamiento (m^2)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.16 m^3/s$

v_a : Velocidad de ascenso (m/s); $0.050 m/s$ (*Valor tomado de los criterios de diseño y sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$A_{c.a} = \frac{0.16 m^3/s}{0.050 m/s}$$

$$A_{c.a} = 3.2 m^2$$

- **Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento, $L_{c.a}$:**

$$B_{c.a} = L_{c.a} = \sqrt{A_{c.a}}$$

Ecuación 28

Datos:

$L_{c.a}$: Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento (m)

$A_{c.a}$: Área superficial de la cámara de quietamiento (m^2); $3.2 m^2$

$$B_{c.a} = L_{c.a} = \sqrt{3,2 m^2}$$

$$B_{c.a} = L_{c.a} = 1.8 m$$

- Profundidad útil de la cámara de quietamiento, $P_{t.c.a}$:

$$P_{t.c.a} = P_{c.a} * f$$

Ecuación 29

Datos:

$P_{t.c.a}$: Profundidad total de la cámara de quietamiento (m)

$P_{c.a}$: Profundidad útil de la cámara de quietamiento (m); 2 m

f : Factor seguridad (%); 10%

$$P_{t.c.a} = 2 m * 0,10$$

$$P_{t.c.a} = 2.2 m$$

3.2.2.4.1.2 Cálculo de la zona de sedimentación

- Velocidad de sedimentación en régimen laminar zona de Stokes, v_s :

Tabla 25-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas

TEMPERATURA (T) °C	DENSIDAD (ρ) kg/m^3	VISCOSIDAD DINÁMICA ($\mu * 10^3$) $N.s/m^2$	VISCOSIDAD DINÁMICA ($\vartheta * 10^6$) m^2/s	TENSIÓN SUPERFICIAL (σ) N/m
0	999.8	1.781	1.785	0.0756
5	1000.0	1.518	1.519	0.0749
10	999.7	1.307	1.306	0.0742
15	999.1	1.139	1.140	0.0735
20	998.2	1.002	1.003	0.0728
25	997.0	0.890	0.893	0.0720
30	995.7	0.798	0.800	0.0710

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 26-3 Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación

Materia l	Límite de las partículas (cm)	Número de Reynolds	v_s	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10000	100	Turbulento	$v_s = 1,82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)}$ <p>Newton</p>
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.060 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$v_s = 0,22 * \left(\frac{\rho_s - \rho_L}{\rho_L} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d}{\left(\frac{\mu}{\rho_L} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)$ <p>Allen</p>
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.01 5	Laminar	$v_s = \frac{g}{18} (\rho_s - \rho_L) d^2 / \mu$ <p>Stokes</p>

Fuente: (Ras, 2002)

$$v_s = \frac{g}{18} (\rho_s - \rho_L) d^2 / \mu$$

Ecuación 30

Datos:

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

g : Gravedad (cm/s^2); 981 cm/s^2

ρ_s : Densidad relativa de la arena (adimensional); 2.65

ρ_L : Densidad relativa del agua a 20°C (adimensional); 1

d : Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.02 cm (Valor considerado de la Tabla 26-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G)

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C; $0.01007 \text{ cm}^2/s$ (Valor considerado de la Tabla 25-3)

$$v_s = \frac{\frac{981 \text{ cm/s}^2}{18} (2.65 - 1) (0.02 \text{ cm})^2}{0.01007 \text{ cm}^2/\text{s}}$$

$$v_s = 3.57 \text{ cm/s}$$

- **Número de Reynolds, Re:**

$$Re = \frac{v_s * d}{\mu}$$

Ecuación 31

Datos:

Re: Número de Reynolds (adimensional)

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s); 3.57 cm/s

d : Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.02 cm (*Valor considerado de la Tabla 26-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C (cm^2/s); 0.01007 cm^2/s (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

$$Re = \frac{3.57 \text{ cm/s} * 0.02 \text{ cm}}{0.01007 \text{ cm}^2/\text{s}}$$

$$Re = 7.1$$

En número de Reynolds es mayor a 1, por lo tanto no encuentra en régimen laminar que corresponde a la aplicación de la ley de Stokes. Se calcula la velocidad de sedimentación en el régimen de transición que corresponde a la zona Allen.

- **Velocidad de sedimentación en régimen de transición zona de Allen, Re:**

$$v_s = 0.22 * \left(\frac{\rho_s - \rho_L}{\rho_L} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d}{\left(\frac{\mu}{\rho_L} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)$$

Ecuación 32

Datos:

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

g : Gravedad (cm/s^2); 981 cm/s^2

ρ_s : Densidad relativa de la arena (adimensional); 2.65

ρ_L : Densidad relativa del agua a 20°C (adimensional); 1

d : Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.02 cm (*Valor considerado de la Tabla 26-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C (cm^2/s); 0.01007 cm^2/s (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

$$v_s = 0.22 * \left(\frac{2.65 - 1}{1} * 981 \text{ cm/s}^2 \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.02 \text{ cm}}{\left(\frac{0.01007 \text{ cm}^2/s}{1} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)$$

$$v_s = 2.81 \text{ cm/s}$$

• **Número de Reynolds, Re:**

$$Re = \frac{v_s * d}{\mu}$$

Ecuación 33

Datos:

Re: Número de Reynolds (adimensional)

v_s : Velocidad de sedimentación (m/s); 2.81 cm/s

d : Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.02 cm (*Valor considerado de la Tabla 26-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C (cm^2/s); 0.01007 cm^2/s (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

$$Re = \frac{0.87 \text{ cm/s} * 0.01 \text{ cm}}{0.01007 \text{ cm}^2/s}$$

$$Re = 5.58$$

El número de Reynolds, se encuentra en la zona de transición que corresponde a la Ley de Allen. (Ver Tabla 26-3)

- **Tiempo de sedimentación; t_s :**

Tabla 27-3 Geometría recomendada para desarenadores de diferente tipo

Parámetro	Desarenador de flujo horizontal	Desarenador aireado	Desarenador tipo vórtice
Profundidad (m)	2 a 5	2 a 5	2.5 a 5
Longitud (m)	-----	8 a 20	-----
Ancho (m)	-----	2.5 a 7	-----
Relación Largo – Ancho	2.5:1 a 5:1	3:1 a 5:1	-----
Relación Ancho - Profundidad	1:1 a 5:1	1:1 a 5:1	-----
Cámara superior	-----	-----	1 a 7

Fuente: (Ras, 2002)

$$t_s = \frac{H}{V_s}$$

Ecuación 34

Datos:

t_s : Tiempo de sedimentación (s)

H: Altura del desarenador (m); 2.5 m (*Valor considerado de la Tabla 27-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

v_s : Velocidad de sedimentación (m/s); $28.1 \times 10^{-3} m/s$

$$t_s = \frac{2.5 \text{ m}}{28.1 \times 10^{-3} \text{ m/s}}$$

$$t_s = 88.97 \text{ s}$$

- **Tiempo de retención hidráulica en el desarenador, t_r :**

Para el cálculo de la eficiencia del desarenador se considera un desarenador con ausencia de pantallas deflectoras ($n=1$) y para una remisión de partículas del 88%, el número de Hazen tr/t_s .

Tabla 28-3 Grado de eficiencia de sedimentación del desarenador, número de Hazen.

Condiciones	88%	75%	60%	50%
n=1	7	3	1.5	1
n=2	2.75	1.66	----	0.76
n=3	2.37	1.52	----	0.73
Máximo teórico	0.88	0.75	----	0.5

Fuente: (Ras, 2002)

$$\frac{tr}{ts} = 7$$

$$tr = 7(ts)$$

Ecuación 35

Datos:

tr: Tiempo de retención hidráulica en el desarenador (min)

ts: Tiempo de sedimentación (s); 88.97 s

$\frac{tr}{ts}$: Número de Hazen (Adimensional); 7 (Valor considerado de la Tabla 28-3, sugerido por la

Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G)

$$tr = 7(88.97 \text{ s})$$

$$tr = 622.78 \text{ s}$$

$$tr = 10.38 \text{ min}$$

- **Volumen de cada tanque desarenador, V_d :**

$$V_d = Q_s * tr$$

Ecuación 36

Datos:

V_d : Volumen útil de cada desarenador (m^3)

Q_s : Caudal de diseño por unidad (m^3/s); $0.16 \text{ m}^3/s$

tr: Tiempo de retención hidráulica (s); 622.78 s

$$V_d = 0.16 \text{ m}^3/s * 622.78 \text{ s}$$

$$V_d = 99.65 \text{ m}^3$$

- **Área superficial del desarenador, A_s :**

$$A_s = \frac{V_d}{H}$$

Ecuación 37

Datos:

A_s : Área superficial útil de cada desarenador (m^2)

V_d : Volumen útil de cada desarenador (m^3); $99.65m^3$

H : Altura del desarenador (m); 2.5 m (*Valor considerado de la Tabla 27-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$A_s = \frac{99.65m^3}{2.5 \text{ m}}$$

$$A_s = 39.86 \text{ m}^2$$

- **Carga hidráulica superficial en cada desarenador, q :**

$$q = V_{sc} = \frac{Q_s}{A_s}$$

Ecuación 38

Datos:

q : Carga hidráulica superficial de cada desarenador (cm/s)

Q_s : Caudal de diseño por unidad (m^3/s); $0.16 \text{ m}^3/s$

A_s : Área superficial útil de cada desarenador (m^2); 19.9 m^2

$$q = V_{sc} = \frac{0.16 \text{ m}^3/s}{39.86 \text{ m}^2}$$

$$q = V_{sc} = 4.01 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$q = V_{sc} = 0.4 \text{ cm/s}$$

$V_s > V_{sc}$, lo que indica que todas las partículas con diámetro a 0,002 cm serán retenidas en el desarenador. En condiciones teóricas la carga hidráulica superficial del fluido es igual a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica.

- **Ancho de la zona de sedimentación de cada tanque; B :**

$$A_s = L * B$$

$$B = \sqrt{\frac{As}{4}}$$

Ecuación 39

Datos:

B: Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m)

L/B: Relación Longitud-Ancho (adimensional); 4 (*Valor considerado de la Tabla 27-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

As: Área superficial útil de cada desarenador (m^2); $39.86 m^2$

$$B = \sqrt{\frac{39.86m^2}{4}}$$

$$B = 3.16 m$$

- **Longitud de la zona de sedimentación de cada tanque, m:**

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

Ecuación 40

Datos:

L: Longitud de zona de sedimentación de cada tanque (m)

B: Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m); 3.16 m

As: Área superficial útil de cada desarenador (m^2); $19.9 m^2$

$$L = \frac{39.86 m^2}{3.16 m}$$

$$L = 1.6 m$$

- **Área transversal del desarenador, A:**

$$A = B * H$$

Ecuación 41

Datos:

A: Área transversal del sedimentador (m^2)

B: Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m); 3.16 m

H: Altura del desarenador (m); 2.5 m (*Valor considerado de la Tabla 27-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$A = 3.16 \text{ m} * 2.5 \text{ m}$$

$$A = 7.9 \text{ m}^2$$

- **Velocidad horizontal mínima o de arrastre de partículas, v_a :**

$$v_a = \sqrt{\frac{8k}{f} * g * (\rho_s - 1)d}$$

Ecuación 42

Datos:

v_a : Velocidad de arrastre (cm/s)

k : Factor de forma(adimensional); 0.04 para arenas unigranulares no adheribles

f : Factor de fricción para desplazamiento horizontal de flujo (adimensional); 0.03 para el cemento.

g : Gravedad (cm/s^2); $981 \text{ cm}/s^2$

ρ_s : Densidad de la partícula (g/cm^3); $2.65 \text{ g}/cm^3$

d : Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.02 cm (*Valor considerado de la Tabla 26-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$v_a = \sqrt{\frac{8(0.04)}{0.03} * 981 \frac{cm}{s^2} * (2.65 - 1)0.02 \text{ cm}}$$

$$v_a = 18.58 \text{ cm}/s$$

- **Velocidad horizontal en cada desarenador, v_h :**

$$v_h = \frac{Q_p}{A}$$

Ecuación 43

Datos:

v_h : Velocidad horizontal de cada tanque desarenador (cm/s)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); $0.16 \text{ m}^3/s$

A : Área transversal del sedimentador (m^2); 7.9 m^2

$$v_h = \frac{0.16 \text{ m}^3/\text{s}}{7.9 \text{ m}^2}$$

$$v_h = 2.02 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$v_h = \mathbf{2.02 \text{ cm/s}}$$

La $v_h > v_a$, con lo que no habrá arrastre de las partículas sedimentadas.

- **Velocidad máxima horizontal en cada desarenador, $v_{h.max}$:**

$$v_{h.max} = \frac{v_a}{f}$$

Ecuación 44

Datos:

$v_{h.max}$: Velocidad máxima horizontal de cada tanque desarenador (cm/s)

v_a : Velocidad de arrastre (cm/s); 18.58 cm/s

f : Factor de seguridad (adimensional); 3

$$V_{h.max} = \frac{18.58 \text{ cm/s}}{3}$$

$$V_{h.max} = \mathbf{6.19 \text{ cm/s}}$$

3.2.2.4.1.1 Cálculo de la zona de lodos

- **Longitud de la primera placa de entrada en el fondo del desarenador, L' :**

$$L' = \frac{1}{3} * L$$

Ecuación 45

Datos:

L' : Longitud de la primera parte del desarenador (m)

L : Longitud del desarenador (m); 12.6 m

$$L' = \frac{1}{3} * 12.6 \text{ m}$$

$$L' = \mathbf{4.2 \text{ m}}$$

- **Altura de la zona de lodos de la primera placa, H' :**

Se asumió una pendiente de 10% (criterio de diseño de 5-10%). Para la descarga de lodos, ubicada en el primer tercio de la unidad.

$$H' = L' * X$$

Ecuación 46

Datos:

H': Altura de la zona de lodos de la primera placa (m)

L': Longitud de la primera parte del desarenador (m); 4.2 m

X: Pendiente de la primera placa en el fondo del desarenador (%); 10% (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$H' = 4.2 \text{ m} * 0,10$$

$$H' = 0.42 \text{ m}$$

- Longitud de la placa de salida en el fondo del desarenador, L'':

$$L'' = \frac{2}{3} * L$$

Ecuación 47

Datos:

L': Longitud de la segunda parte del desarenador (m)

L: Longitud del desarenador (m); 12.6 m

$$L'' = \frac{2}{3} * 12.6 \text{ m}$$

$$L'' = 8.4 \text{ m}$$

- Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador, X':

$$X' = \frac{H'}{L''}$$

Ecuación 48

Datos:

X': Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador (%)

H': Altura de la zona de lodos de la primera placa (m); 0.42 m

L'': Longitud de la segunda parte del desarenador (m); 8.4 m

$$X' = \frac{0.42 \text{ m}}{8.4 \text{ m}}$$

$$X' = 0.05$$

$$X' = 5\%$$

- **Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos, V':**

$$V' = V_d * V_{\%}$$

Ecuación 49

Datos:

V': Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos de cada desarenador (m^3)

V_d: Volumen útil de cada desarenador (m^3); $99.65m^3$

V_%: Porcentaje acumulación de lodos en el canal de limpieza (%); 10% (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$V' = 99.65 \text{ m}^3 * 0.10$$

$$V' = 9.96 \text{ m}^3$$

- **Dimensiones del canal de limpieza de la zona de lodos**

Datos:

L_{c.l}: Longitud del canal de limpieza (m); 3.16m (*Ancho del desarenador*)

H_{c.l}: Alto del canal de limpieza (m); 2.1 m

A_{c.l}: Ancho del canal de limpieza (m); 1.5m

3.2.2.4.1.1 Cálculo de la zona de salida

- **Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida, H_v:**

$$H_v = \left(\frac{Q_p}{1.84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 50

Datos:

H_v: Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida (m)

Q_p: Caudal de punta (m^3/s); $0.16 \text{ m}^3/s$

B: Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m); 3.16 m

$$Hv = \left(\frac{0.16 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 * 3.16 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$Hv = 0.09 \text{ m}$$

- Velocidad sobre el vertedero de salida, v_v :

$$v_v = \frac{Q_p}{Hv * B}$$

Ecuación 51

Datos:

v_v : Velocidad sobre el vertedero de salida (m/s)

Hv : Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida (m); 0.09 m

Q_p : Caudal de punta (m³/s); 0.16 m³/s

B : Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m); 3.16 m

$$v_v = \frac{0.16 \text{ m}^3/\text{s}}{0.09 \text{ m} * 3.16 \text{ m}}$$

$$v_v = 0.56 \text{ m/s}$$

- Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada, $B_{re,d}$:

$$B_{re,d} = 0.36 * Vv^{2/3} + 0.6 * Hv^{4/7}$$

Ecuación 52

Datos:

$B_{re,d}$: Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada (m)

Hv : Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida (m); 0.09 m

Vv : Velocidad sobre el vertedero de salida (m/s); 0.56 m/s

$$B_{re,d} = 0.36 * (0.56 \text{ m/s})^{2/3} + 0.6 * (0.09 \text{ m})^{4/7}$$

$$B_{re,d} = 0.39 \text{ m}$$

Se tomara como ancho para este canal, 1.00 m.

3.2.2.4.1.1 Cálculo de la transición cámara de quietamiento-desarenador

- **Ancho total desarenadores, $B_{T,D}$:**

$$B_{T,D} = 2B + e$$

Ecuación 53

Datos:

$B_{T,D}$: Ancho total desarenadores (m)

B : Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m); 3.16 m

e : Espesor muro intermedio entre los sedimentadores (m); 0.30 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G*)

$$B_{T,D} = (2 * 3.16 \text{ m}) + 0.30 \text{ m}$$

$$B_{T,D} = 9.32 \text{ m}$$

- **Ángulo central de divergencia, θ_C :**

$$\theta_C = 2 * \theta$$

Ecuación 54

Datos:

θ_C : Ángulo central de divergencia (grados)

θ : Ángulo de divergencia (grados); 25° (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$\theta_C = 2 * 25^\circ$$

$$\theta_C = 50^\circ$$

- **Longitud de transición, L_t :**

$$L_t = \frac{B_{T,D} - b}{2 * \text{tg}\theta}$$

Ecuación 55

Datos:

L_t : Longitud de transición (m)

$B_{T,D}$: Ancho total desarenadores (m); 9.32 m

$B_{c.a}$: Ancho superficial de la cámara de quietamiento (m); 1.8 m

θ_C : Ángulo central de divergencia (grados); 50°

$$L_t = \frac{9.32 \text{ m} - 1.8 \text{ m}}{2 * \text{tg}50^\circ}$$

$$L_t = 3.16 \text{ m}$$

3.2.2.8 Canal Parshall

Se le utiliza normalmente con la doble finalidad de medir el caudal afluente y realizar la mezcla rápida. Generalmente trabaja a descarga libre. La corriente líquida pasa de una condición supercrítica a una subcrítica, originando el resalto.

Su estructura tiene cuatro partes principales:

- **Transición de entrada:** En esta zona el piso se eleva a una diferencia del fondo establecido del canal, contando con una pendiente que aligera la carga superficial y a su vez en esta zona las paredes se van cerrando haciéndola más estrecha.
- **Sección convergente:** El fondo de esta zona es horizontal, ligeramente liza y el ancho cada vez va disminuyendo hasta llegar a la garganta.
- **Garganta:** En esta zona el piso sufre nuevamente una inclinación volviendo a bajar, teniendo en frente otra pendiente ascendente ubicada en la sección divergente.
- **Sección divergente**

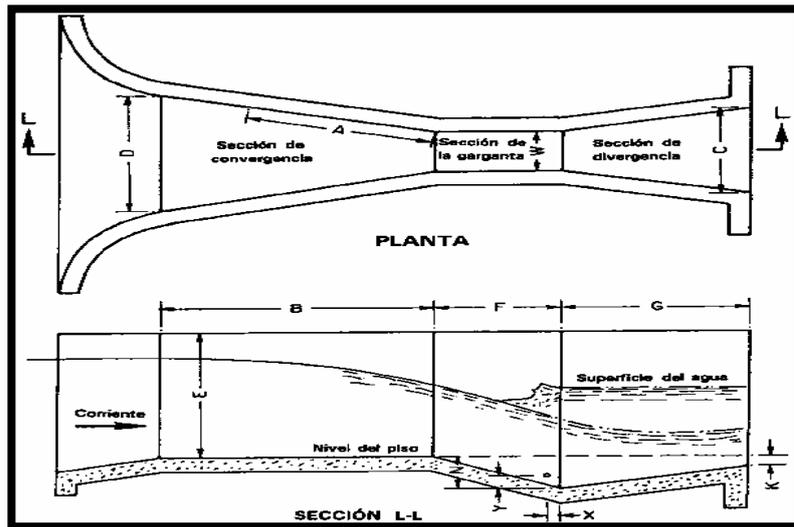


Figura 10-3. Dimensionamiento de un canal de aforo Parshall

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>

3.2.2.7.1 Dimensionamiento del canal Parshall

- **Ancho de la garganta; W:**

Para el dimensionamiento de la canaleta Parshall se utiliza el caudal punta con una pérdida del 5% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado, se tiene que la función principal de esta canaleta es la aplicación del coagulante debido a que en esta zona se produce la turbulencia requerida.

Tabla 29-3 Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal

ANCHO W	LIMITES DE CAUDAL (L/s)	
	Q mínimo	Q máximo
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44
9"	2.58	252.00
1'	3.11	455.90

Fuente: (Romero, 2008)}

Según la tabla 29,3 se decide que el ancho de la canaleta es:

$$W = 1' = 0.305 \text{ m}$$

- **Altura del agua en la sección de medición, H_0 :**

Tabla 30-3 Valores de K y n, según el tamaño de W

Ancho de la Garganta Parshall		K	N
Pulgadas – Pie	Metros		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.15	1.842	0.636
9"	0.2290	1.486	0.633
1'	0.305	1.276	0.657
1 ¹ / ₂ '	0.460	0.966	0.650
2'	0.610	0.795	0.645
3'	0.915	0.608	0.639
4'	1.22	0.505	0.634
5'	1.525	0.436	0.630
6'	1.83	0.389	0.627
8'	2.44	0.324	0.623

Fuente: (Cepis, 2012)

$$H_0 = K * (Q_p)^n$$

Ecuación 56

Datos:

H_0 : Altura del agua en la sección de medición (m)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); $0.152 \text{ m}^3/\text{s}$

K: Constante (adimensional); 1.276 (Valor considerado de la Tabla 30-3)

n: Constante (adimensional); 0.657 (Valor considerado de la Tabla 30-3)

$$H_0 = 1.276 * (0.152 \text{ m}^3/\text{s})^{0.657}$$

$$H_0 = 0.37 \text{ m}$$

- Ancho entrada sección convergente, D' ;

Tabla 31-3 Dimensiones estandarizadas de la canaleta Parshal

W		A	B	C	D	E	F	G	K'	N
Pulg- pie	cm	cm	Cm	cm	cm	cm	cm	Cm	cm	Cm
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	39.0	57.5	76.3	30.5	61.0	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	45.7	7.6	22.9
1½'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.3	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.0	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	174.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.9	366.0	475.9	475	91.5	183.5	15.3	34.3

Fuente: (Cepis, 2012)

$$D' = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

Ecuación 57

Datos:

D': Ancho entrada sección convergente (m)

D: Dimensión de la canaleta (m); 0.845 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3*)

W: Ancho de la garganta (m); 0.305 m

$$D' = \frac{2}{3} * (0.845 - 0.305) + 0.305$$

$$D' = 0.665 \text{ m}$$

- Velocidad en la sección de medición, V_0 :

$$V_0 = \frac{Q_p}{H_0 * D'}$$

Ecuación 58**Datos:**

V_0 : Velocidad en la sección de medición (m/s)

H_0 : Altura del agua en la sección de medición (m); 0.37 m

D' : Ancho de la sección de medición(m); 0.665 m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.152 m^3/s

$$V_0 = \frac{0.152 \text{ m}^3/s}{0.37 \text{ m} * 0.665 \text{ m}}$$

$$V_0 = 0.62 \text{ m/s}$$

- Carga hidráulica disponible, E_0 :

$$E_0 = \frac{v_0^2}{2g} + H_0 + N$$

Ecuación 59**Datos:**

E_0 : Carga hidráulica disponible (m)

v_0 : Velocidad en la sección de medición (m/s); 0.62 m/s

g : Gravedad (m/s^2); 9.8 m/s^2

H_0 : Altura del agua en la sección de medición (m); 0.37 m

N : Dimensiones de la canaleta (m); 0.229 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3*)

$$E_0 = \frac{(0.62 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} + 0.37 \text{ m} + 0.229 \text{ m}$$

$$E_0 = 0.62 \text{ m}$$

- Caudal específico en la garganta de la canaleta, Q_w :

$$Q_w = \frac{Q_p}{W}$$

Ecuación 60**Datos:**

Q_w : Caudal específico en la garganta de la canaleta ($m^3/s.m$)

W : Ancho de la garganta (m); 0.305 m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.152 m^3/s

$$Q_w = \frac{0.152 \text{ m}^3/\text{s}}{0.305 \text{ m}}$$

$$Q_w = 0.49 \text{ m}^3/\text{s.m}$$

- **Ángulo de inclinación, θ_p :**

$$\theta_p = \cos^{-1} \left[-\frac{Q_w * g}{\left(\frac{2g * E_0}{3}\right)^{1.5}} \right]$$

Ecuación 61

Datos:

θ_p : Angulo de inclinación (grados)

Q_w : Caudal específico en la garganta de la canaleta ($\text{m}^3/\text{s.m}$); $0.49 \text{ m}^3/\text{s.m}$

g : Gravedad (m/s^2); $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$

E_0 : Carga hidráulica disponible (m); 0.62 m

$$\theta_p = \cos^{-1} \left[-\frac{0.49 \text{ m}^3/\text{s.m} * 9.8 \text{ m}/\text{s}^2}{\left(\frac{2(9.8 \text{ m}/\text{s}^2) * 0.62 \text{ m}}{3}\right)^{1.5}} \right]$$

$$\theta_p = 126.09^\circ$$

- **Velocidad antes del resalto, V_1 :**

$$v_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2E_0 * g}{3}\right) * \cos\left(\frac{\theta_p}{3}\right)}$$

Ecuación 62

Datos:

v_1 : Velocidad antes del resalto (m/s)

θ_p : Angulo de inclinación (grados); 126.09°

g : Gravedad (m/s^2); $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$

E_0 : Carga hidráulica disponible (m); 0.62 m

$$v_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2(0.62 \text{ m}) * 9.8 \text{ m/s}^2}{3}\right) * \cos\left(\frac{126.09^\circ}{3}\right)}$$

$$v_1 = 2.99 \text{ m/s}$$

- **Altura de agua antes del resalto, h_1 :**

$$h_1 = \frac{Q_w}{v_1}$$

Ecuación 63

Datos:

h_1 : Altura de agua antes del resalto (m)

Q_w : Caudal de agua ($\text{m}^3/\text{s.m}$); $0.49 \text{ m}^3/\text{s.m}$

v_1 : Velocidad antes del resalto (m/s); 2.99 m/s

$$h_1 = \frac{0.49 \text{ m}^3/\text{s.m}}{2.99 \text{ m/s}}$$

$$h_1 = 0.16 \text{ m}$$

- **Numero de Froude, F:**

$$F = \frac{v_1}{(g * h_1)^{0.5}}; \quad 3 \geq F \geq 2$$

Ecuación 64

Datos:

F: Número de Froude (adimensional)

h_1 : Altura de agua antes del resalto (m); 0.16 m

g: Gravedad (m/s^2); 9.8 m/s^2

v_1 : Velocidad antes del resalto (m/s); 2.99 m/s

$$F = \frac{2.99 \text{ m/s}}{(9.8 \text{ m/s}^2 * 0.16 \text{ m})^{0.5}}$$

$$F = 2.39$$

- **Altura del agua después del resalto, h_2 :**

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8F^2} - 1)$$

Ecuación 65

Datos:

h_2 : Altura de agua después del resalto (m)

F: Número de Froude (adimensional); 2.39

h_1 : Altura de agua antes del resalto (m); 0.16 m

$$h_2 = \frac{0.16 \text{ m}}{2} * (\sqrt{1 + 8(2.39)^2} - 1)$$

$$h_2 = 0.47 \text{ m}$$

- **Velocidad de resalto, V_2 :**

$$v_2 = \frac{Q_p}{h_2 * W}$$

Ecuación 66

Datos:

v_2 : Velocidad después del resalto (m/s)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.152 m^3/s

W: Ancho de la garganta (m); 0.229 m

h_2 : Altura de agua después del resalto (m); 0.61 m

$$v_2 = \frac{0.152 \text{ m}^3/\text{s}}{0.47 \text{ m} * 0.305 \text{ m}}$$

$$v_2 = 1.06 \text{ m/s}$$

- **Altura en la sección de salida de la canaleta, h_3 :**

$$h_3 = h_2 - (N - K')$$

Ecuación 67

Datos:

h_3 : Altura en la sección de salida de la canaleta (m)

h_2 : Altura de agua después del resalto (m); 0.61 m

N: Dimensiones de la canaleta (m); 0.229 m (Valor considerado de la Tabla 31-3)

K': Dimensiones de la canaleta (m); 0.076 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3*)

$$h_3 = 0.47m - (0.229m - 0.076m)$$

$$h_3 = 0.32m$$

- **Velocidad en la sección de la salida, V_3 :**

$$v_3 = \frac{Q_p}{C * h_3}$$

Ecuación 68

Datos:

v_3 : Velocidad en la sección de salida (m/s)

h_3 : Altura en la sección de salida de la canaleta (m); 0.32 m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.152 m^3/s

C: Dimensiones de la canaleta (m); 0.61 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3*)

$$v_3 = \frac{0.152 \text{ m}^3/s}{0.61m * 0.32 m}$$

$$v_3 = 0.78 \text{ m/s}$$

- **Perdida de carga en el resalto, h_R :**

$$h_R = H_0 + K' - h_3$$

Ecuación 69

Datos:

h_R : Perdida de carga en el resalto (m)

H_0 : Altura del flujo de agua (m); 0.37 m

K': Constantes adimensionales; 0.076 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3*)

h_3 : Altura en la sección de salida de la canaleta (m); 0.32 m

$$h_R = 0.37 m + 0.076 m - 0.32 m$$

$$h_R = 0.13 m$$

- **Tiempo de mezcla en el resalto, T:**

$$T = \frac{2G'}{v_2 + v_3}$$

Ecuación 70

Datos:

T: Tiempo de mezcla en el resalto (s)

G': Dimensión de la canaleta (m); 0.915 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3*)

v₂: Velocidad de resalto (m/s); 1.06 m/s

v₃: Velocidad en la sección de salida (m/s); 0.78 m/s

$$T = \frac{2(0.915 \text{ m})}{1.06 \text{ m/s} + 0.78 \text{ m/s}}$$

$$T = 0.99 \text{ s}$$

- **Gradiente de velocidad, G:**

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu} * \left(\frac{h_R}{T}\right)}$$

Ecuación 71

Datos:

G: Gradiente de velocidad (s⁻¹)

γ: Peso específico (kN/m³); 9.789 kN/m³ (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

μ: Viscosidad dinámica (N.s/m²); 1.102x10⁻³ N.s/m² (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

T: Tiempo de mezcla en el resalto (s); 0.99 s

h_R: Pérdida de carga en el resalto (m); 0.13 m

$$G = \sqrt{\frac{9.789 \text{ kN/m}^3}{1.102 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2} * \left(\frac{0.13 \text{ m}}{0.99 \text{ s}}\right)^{0.5}}$$

$$G = 34.5 \text{ s}^{-1}$$

3.2.2.7 Tanque mezclador

Es el tanque donde se da la operación unitaria más indispensable en el diseño y funcionamiento de plantas de depuración de aguas residuales.

Tiene como objetivo realizar una mezcla completa del agua residual al momento de adicionar los aditivos químicos, mediante una turbulencia obtenida por aporte externo a partir de mezcladores estáticos y mezcladores mecánicos, así como, la mezcla lenta para la formación de flóculos.

Tipos de mezcladores

- *Mezcladores de turbina y hélice:* Capaces de efectuar su trabajo obteniendo una buena mezcla de los reactivos a utilizar, así como gases, por la alta velocidad que está expuesta las aguas residuales mediante de impulsores pequeños. Si estos impulsores trabajan en bajas velocidades la mezcla sería para ayudar a la floculación.
- *Mezcladores de alta velocidad:* Son utilizados para realizar la mezcla del cloro con el agua residual, logrando una mezcla entre el agua y los reactivos químicos gracias a ya que cuenta con un motor que genera un vacío en la parte superior.
- *Mezcladores estáticos:* Se usa para mezclar el agua residual con los reactivos químicos. Este se conecta en línea están provistos de tabiques internos que ayudan a producir cambios de velocidad de flujo.
- *Mezcladores de paletas:* Estos giran lentamente ya que cuentan con una gran superficie de acción, muy usadas como unidades de floculación. Se promueve la mezcla haciendo rotar las paletas a baja velocidad.



Figura 11-3. Tanque homogenizador de paletas

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/sereco/product-91651-860963.html>

3.2.2.7.1 Dimensionamiento del tanque mezclador

Para el dimensionamiento del tanque mezclador se utiliza el caudal punta con una pérdida del 5% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado.

- **Volumen del tanque sedimentador, V_{tanque} :**

Tabla 32-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

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

Fuente: programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

$$V_t = Q_p * Trh$$

Ecuación 72

Datos:

V_t : Volumen del tanque sedimentador (m^3)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.152 m^3/s$

Trh : Tiempo de retención (s); 1800 s (*Valor considerado de la Tabla 32-3, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$V_t = 0.152 \frac{m^3}{s} * 1800 s$$

$$V_t = 273.6 m^3$$

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

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

Ecuación 73

Datos:

DT : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

V_t : Volumen del tanque sedimentador (m^3); $273.6 m^3$

a : Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

b : Relación geométrica (*adimensional*); 1 (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 273.6 \text{ m}^3 * 2}{\pi * 1}}$$

$$DT = 7.04 \text{ m} \cong 7\text{m}$$

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

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

Ecuación 74

Datos:

H: Profundidad de la cámara de mezcla (m)

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (m); 7 m

a: Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

b: Relación geométrica (*adimensional*); 1 (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$H = 1 * \frac{7 \text{ m}}{2}$$

$$H = 3.5 \text{ m}$$

- **Diámetro de la turbina, D:**

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

Ecuación 75

Datos:

D: Diámetro de la turbina (m)

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (m); 7 m

a: Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

$$D = \frac{7 \text{ m}}{2}$$

$$D = 3.5 \text{ m}$$

- Anchura de los deflectores, W_d :

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

Ecuación 76

Datos:

W_d : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 3.5 m

$$W_d = \frac{3.5 \text{ m}}{10}$$

$$W_d = 0.35 \text{ m}$$

- Dimensiones de las paletas

- Longitud de la paleta, B :

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

Ecuación 77

Datos:

B : Longitud de la paleta (m)

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 3.5 m

$$B = \frac{3.5 \text{ m}}{4}$$

$$B = 0.88 \text{ m}$$

- Alto de la paleta, W :

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

Ecuación 78

Datos:

W : Alto de la paleta (m)

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 3.5 m

$$W = \frac{3.5m}{4}$$

$$W = 0.875 m$$

- **Potencia aplicada al agua residual, P:**

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

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

Ecuación 79

Datos:

P: Potencia aplicada al agua residual (Watt)

v: Viscosidad dinámica del agua a 20° ($\frac{Ns}{m^2}$); 0.001003 $\frac{Kg}{m s}$ (Valor considerado de la Tabla 25-3)

V: Volumen del sedimentador (m^3); 498.4 m^3

G: Gradiente de velocidad (s^{-1}); 1000 s^{-1} (Valor considerado de la Tabla 32-3)

$$P = 0.001003 \frac{Kg}{m s} * 498.4m^3 * (1000 s^{-1})^2$$

$$P = 499895.2 Watt$$

$$P = 4.99 \times 10^5 Watt$$

- **Velocidad de rotación, N:**

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

Tabla 33-3 Número de potencia para diferente tipo de impulsores

Impulsor	N° de potencia K
Hélice pinch cuadrada, 3 paletas	0.32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1.0
Turbina, 6 aletas planas	6.3
Turbina, 6 aletas curvas	4.8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4.0
Turbina ventilador, 6 aletas	1.65

Fuente: programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

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

Ecuación 80

Datos:

P: Potencia (*Watt*); $4.99 \times 10^5 \text{ Watt}$

K: Número de potencia (adimensional); 6.3 (*Valor considerado de la Tabla 33-3*)

ρ : Densidad del agua a 20°C ($\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$); $999.49 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

D: Diámetro de la turbina (*m*); 3.5 *m*

$$N = \sqrt[3]{\frac{4.99 \times 10^5 \text{ Watt}}{6.3 * 999.49 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (3.5\text{m})^5}}$$

$$N = 0.53 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N = 31.94 \text{ rpm}$$

- **Anchura de las paletas del impulsor, q :**

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

Ecuación 81

Datos:

q : Anchura de las paletas de impulsor (*m*)

D: Diámetro de la cámara de mezcla (*m*); 3.5 *m*

$$q = \frac{3.5 \text{ m}}{5}$$

$$q = 0.7 \text{ m}$$

- **Diámetro del disco central, S :**

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

Ecuación 82

Datos:

S: Diámetro del disco central (*m*)

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (*m*); 7 *m*

$$S = \frac{7 \text{ m}}{4}$$

$$S = 1.75 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 83

Datos:

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

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 3.5 m

$$h = \frac{3.5 \text{ m}}{1}$$

$$h = 3.5 \text{ m}$$

3.2.2.7 Sedimentador

La sedimentación es la remoción de los sólidos en suspensión en un fluido por la fuerza de la gravedad. Los sólidos pueden estar presentes en el agua, en su forma natural o de manera modificada, como resultados de procesos de floculación y coagulación. (RAS-2000, p.34-38)

Sedimentador de alta tasa: El Sedimentador de alta tasa posee placas inclinadas lo cual favorece el proceso de sedimentación en diversas formas tales como: deslizamiento de lodos que se encuentran en las placas hacia la zona de lodos del sedimentador, facilita el lavado de las placas en el momento que este sea necesario, y las placas en esa posición son más fáciles de remover, en caso de que se necesite hacer mantenimiento.

3.2.2.7.1 Dimensionamiento sedimentador

El número de Reynolds debe ser menor a 500, el tiempo de residencia debe ser menor a 15 minutos, , la carga superficial (Cs) recomendada es de 60 a 300 m³/m².dia.

La característica crítica de funcionamiento (Sc) es 1,00 para laminas paralelas, la separación entre cada placa era desde 5 a 8 cm, para facilitar que los lodos sedimentados se deslicen rápidamente hacia el fondo del tanque se debe contar con un ángulo inclinado de 60° .

- **Área de sedimentación, A_s :**

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

Ecuación 84

Datos:

A_s : Área del sedimentador (m^2)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.137 m^3/s$

C_s : Carga superficial ($m^3/m^2 \cdot s$); $70 m^3/m^2 \cdot dia = 8.10 \times 10^{-4} m^3/m^2 \cdot s$ (valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.)

$$A_s = \frac{0.137 m^3/s}{8.10 \times 10^{-4} m^3/m^2 \cdot s}$$

$$A_s = 169.14 m^2$$

- **Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas, V_0 :**

$$v_0 = \frac{Q_p}{A_s * \text{sen}\theta}$$

Ecuación 85

Datos:

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

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.137 m^3/s$

A_s : Área de sedimentación (m^2); $169.14 m^2$

θ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60°

$$v_0 = \frac{0.137 m^3/s}{169.14 m^2 * \text{sen}60}$$

$$v_0 = 9.35 \times 10^{-4} m/s$$

$$v_0 = 0.0935 cm/s$$

- **Longitud relativa del sedimentador, L_r :**

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

Ecuación 86

Datos:

L_r : Longitud relativa del sedimentador

I : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1.200m (*valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

d_p : Ancho del conducto o espaciamiento entre placas (m); 0.06 m (*valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

$$L_r = \frac{1.2m}{0.06m}$$

$$L_r = 20$$

- **Número de Reynolds; Re :**

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

Ecuación 87

Datos:

Re : Número de Reynolds (Adimensional)

v : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/s); 9.35×10^{-4} m/s

d_p : Ancho del conducto o espaciamiento entre placas (m); 0.06 m (*valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

ϑ : Viscosidad cinemática del agua a 20° (m^2/s); 1.003×10^{-6} m^2/s (*Valor considerado de la Tabla 24-3*)

$$Re = \frac{9.35 \times 10^{-4} \text{ m/s} * 0.06 \text{ m}}{1.003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 54.33$$

- Longitud de transición, L' :

$$L' = 0.013 * Re$$

Ecuación 88

Datos:

L' : Longitud de transición

Re : Número de Reynolds (Adimensional); 54.33

$$L' = 0.013 * 54.33$$

$$L' = 0.71$$

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

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

Ecuación 89

Datos:

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

L_r : Longitud relativa del sedimentador; 20

L' : Longitud de transición; 0.71

$$L_{cr} = 20 - 0,71$$

$$L_{cr} = 19.29$$

- Velocidad de sedimentación crítica; v_{SC} :

$$v_{SC} = \frac{S_c * v_0}{\text{sen}\theta + (L_{cr} * \text{cos}\theta)}$$

Ecuación 90

Datos:

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

S_c : Característica crítica de funcionamiento para láminas paralelas (Adimensional); 1

v_0 : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/dia); $80.78 \text{ m}/dia$

L_{cr} : Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición; 19.29

θ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60°

$$V_{sc} = \frac{1 * 80.78 \text{ m/día}}{\text{sen}60 + (19.29 * \text{cos}60)}$$

$$V_{sc} = 7.69 \text{ m/día}$$

$$V_{sc} = 0.0089 \text{ cm/s}$$

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

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

Ecuación 91

Datos:

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

I : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1.200 m (*valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

v_0 : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/s); $9.35 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

$$t_{rp} = \frac{1,2m}{9.35 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$$

$$t_{rp} = 1283.42 \text{ s}$$

$$t_{rp} = 2.39 \text{ min}$$

- **Tiempo de retención en el tanque sedimentador, Trh :**

$$Trh = \frac{A_s * H_s}{Q_p}$$

Ecuación 92

Datos:

Trh : Tiempo de retención (min)

A_s : Área de sedimentación (m^2); 169.14 m^2

H_s : Altura total (m); 2.5 m (*valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); $0.137 \text{ m}^3/s$

$$Trh = \frac{169.14 \text{ m}^2 * 2.5 \text{ m}}{0.137 \text{ m}^3/s}$$

$$Trh = 3086.49 \text{ s}$$

$$Trh = 51.44 \text{ min}$$

- **Ancho del sedimentador, a:**

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

Ecuación 93

Datos:

a: Ancho del sedimentador (m)

A: Área del sedimentador (m^2); $169.14 m^2$

$$a = \sqrt{\frac{169.14 m^2}{2}}$$

$$a = 9.20 m$$

- **Longitud del sedimentador, l:**

$$l = a * 2$$

Ecuación 94

Datos:

l: Longitud del sedimentador (m)

a: Ancho del sedimentador (m); $9.19 m$

$$l = 9.20 m * 2$$

$$l = 18.40m$$

- **Número de placas por modulo; N_p :**

$$N_p = \frac{(l * \text{sen}\theta) + d_s}{d_s + e_p}$$

Ecuación 95

Datos:

N_p : Número de placas por modulo (Unidad)

l: Longitud del sedimentador (m); $18.40 m$

d_s : Separación entre placas (m); $0.060 m$ (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

e_p : Espesor de las placas (m); 0.01 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

θ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60°

$$Np = \frac{(18.40 \text{ m} * \text{sen}60) + 0.060\text{m}}{0.060\text{m} + 0,01\text{m}}$$

$$Np = 228$$

- **Volumen del sedimentador, V:**

$$V = l * a * h$$

Ecuación 96

Datos:

V: Volumen del sedimentador (m^3)

l: Longitud del sedimentador (m); 18.40 m

a: Ancho del sedimentador (m); 9.20 m

h: Altura del sedimentador (m); 2.5 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

$$V = 18.40 \text{ m} * 9.20 \text{ m} * 2.5 \text{ m}$$

$$V = 423.2 \text{ m}^3$$

- **Dimensionamiento de altura:**

Hsp: Altura del agua sobre las placas: 0.22m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

Hp: Altura de ubicación de las placas: (1.200*sen60)= 1.040m

Hdp: Altura por debajo de las placas: 1.24m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G.*)

3.2.2.8 Filtro lento de arena FLA

El proceso de filtración implica la eliminación de partículas en suspensión, haciendo pasar el agua a través de un lecho filtrante. Mediante mecanismos ya sean estos de naturaleza biológica y física, (SPELLMAN, Frank, 2004).

La FLA es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo que además se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua

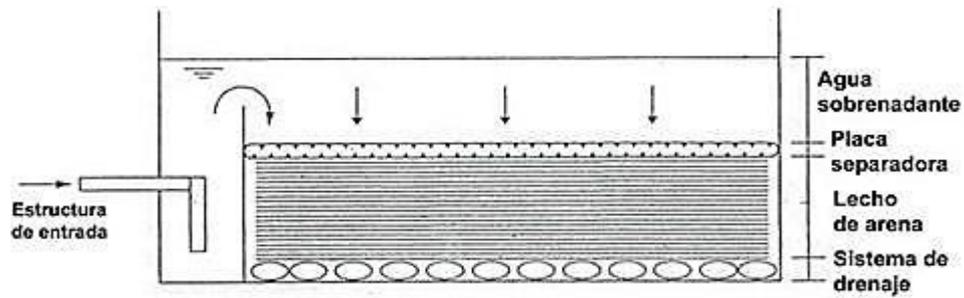


Figura 12-3. Filtro lento de arena

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>

3.2.2.8.1 Dimensionamiento del filtro lento de Arena y Grava

Para el dimensionamiento del filtro lento de Arena y Grava se utiliza el caudal punta del tanque sedimentador, con una pérdida del 5% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado.

- **Superficie filtrante requerida, S_f :**

$$S_f = \frac{Q_{punta}}{T_f}$$

Ecuación 97

Datos:

S_f : Superficie filtrante requerida (m^2)

Q_{punta} : Caudal punta (m^3/h); $0.130 \text{ m}^3/s$; $468 \text{ m}^3/h$

T_f : Tasa de filtración (m^3/m^2h); $0.900 \text{ m}^3/m^2h$ (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$S_f = \frac{468 \frac{m^3}{h}}{0.9 \frac{m^3}{m^2h}}$$

$$S_f = 520 \text{ m}^2$$

- **Área de filtración, A_f :**

$$A_f = \frac{S_f}{n}$$

Ecuación 98

Datos:

Af: Área de filtración (m^2)

Sf: Superficie filtrante requerida (m^2); $520 m^2$

n: Número de filtros deseados; 2 *unidades*

$$Af = \frac{520 m^2}{2}$$

$$Af = 260 m^2$$

- **Determinación del número de módulos de filtración, *nf*:**

$$nf = 0.5 * \sqrt[3]{Af}$$

Ecuación 99

Datos:

nf: Número de módulos de filtración (unidad)

Af: Área filtrante (m^2); $260 m^2$

$$nf = 0.5 * \sqrt[3]{260}$$

$$nf = 3.19 \cong 3 \text{ unidades}$$

- **Área de cada unidad, *Ai*:**

$$Ai = \frac{Af}{nf}$$

Ecuación 100

Datos:

Ai: Área de cada unidad (m^2)

Af: Área filtrante (m^2); $260 m^2$

nf: Número de filtros calculado; 3 *unidades*

$$Ai = \frac{260 m^2}{3}$$

$$Ai = 86.67 m^2$$

- **Determinación de las dimensiones del filtro**

- **Longitud de la unidad, af :**

$$af = \left(\frac{2 * nf * Ai}{2 * nf} \right)^{0,5}$$

Ecuación 101

Datos:

af : Longitud de la unidad (m)

Ai : Área de la unidad (m^2); $86.67 m^2$

nf : Número total de unidades de filtración; *3 unidades*

$$af = \left(\frac{2 * 3 * 86.67 m^2}{2 * 3} \right)^{0,5}$$

$$af = 9.31 m$$

- **Ancho de la unidad; bf :**

$$bf = \left[\frac{(nf + 1) * Ai}{2 * nf} \right]^{0,5}$$

Ecuación 102

Datos:

bf : Ancho de la unidad (m)

Ai : Área de la unidad (m^2); $86.67 m^2$

nf : Número total de unidades de filtración; *3 unidades*

$$bf = \left[\frac{(3 + 1) * 91.33 m^2}{2 * 3} \right]^{0,5}$$

$$bf = 7.6 m$$

$$bf = .,53 m; c/u$$

- **Longitud total de la pared, L_{tp} :**

$$L_{tp} = (2 * bf * nf) + af * ((nf + 1))$$

Ecuación 103

Datos:

L_{tp} : Longitud total de la pared (m)

nf : Número total de unidades de filtración; 3 unidades

bf : Ancho de la unidad (m); 7.6 m

af : Longitud de filtración (m); 9.31 m

$$L_{tp} = (2 * 7.6 * 3) + 9.31 m * ((3 + 1))$$

$$L_{tp} = 82.84 m$$

- Longitud total mínima de la pared, L_m :

$$L_m = 2 * af * (nf + 1)$$

Ecuación 104

Datos:

L_m : Longitud total mínima de la pared (m)

nf : Número total de unidades de filtración; 3 unidades

af : Longitud de filtración (m); 9.31 m

$$L_m = 2 * 9.31 m * (3 + 1)$$

$$L_m = 74.48 m$$

- Diámetro de la tubería a la entrada del filtro, D :

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_p}{v * \pi}}$$

Ecuación 105

Datos:

D : Diámetro de la tubería en la entrada del filtro (mm)

Q_p : Caudal punta para cada filtro (m^3/s); 0.130 m^3/s

v : Velocidad en la tubería (m/s); 12 m/s (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.130 \frac{m^3}{s}}{12 \frac{m}{s} * \pi}}$$

$$D = 0.117 \text{ m}$$

$$D = 117 \text{ mm}$$

- **Determinación del sistema de drenaje**

Se utilizara una tubería de 110 mm perforada conformando la estructura de salida de los filtros, conduciendo a la zona donde será contenida el agua filtrada.

- **Diámetro de los orificios laterales**

Tomando en cuenta los parámetros de diseño es asumido que el diámetro es:

$$D = 8 \text{ mm}$$

- **Área de cada orificio, A_o :**

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

Ecuación 106

Datos:

A_o : Área de cada orificio (m^2)

D : Diámetro de los orificios laterales (m)

$$A_o = \frac{\pi * (0.008 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_o = 5.03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

- **Caudal que ingresa a cada orificio, Q_o :**

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 107

Datos:

v_o : Velocidad en el orificio (m/s); 3 m/s (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

A_o : Área de cada orificio (m^2); $5.03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

$$Q_o = 5.03 \times 10^{-5} m^2 * 3 \frac{m}{s}$$

$$Q_o = 1.51 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

- **Número de laterales, # laterales:**

$$\# \text{ laterales} = n * \frac{L_{tp}}{el}$$

Ecuación 108

Datos:

L_{tp} : Longitud total del filtro (m); 86.24 m

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

el : Separación entre laterales (m); 1 m (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$\# \text{ laterales} = 2 * \frac{86.24 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$\# \text{ laterales} = 172$$

- **Separación entre orificios**

$$\frac{\# \text{ orificios}}{\# \text{ laterales}} = 2 * \frac{L_l}{e}$$

Ecuación 109

Datos:

L_l : Longitud de cada lateral (m); 3m (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G)

e : Espacio entre orificios (m); 0.075 m (Valor asumido, sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G)

$$\frac{\# \text{ orificios}}{\# \text{ laterales}} = 2 * \frac{3 \text{ m}}{0.075 \text{ m}}$$

$$\frac{\# \text{ orificios}}{\# \text{ laterales}} = 80$$

- Número total de orificios

$$\#total\ de\ orificios = \#laterales - \#orificios / \#laterales$$

Ecuación 110

Datos:

Laterales = 151.20

#orificios/ Lateral = 80m

$$\#total\ de\ orificios = 151 * 80$$

$$\#total\ de\ orificios = 12096\ orificios$$

- Área total de orificios, A_{to} :

$$A_{to} = A_o * \#total\ de\ orificios$$

Ecuación 111

Datos:

A_o : Área de cada orificio (m^2); $5.03 \times 10^{-5} m^2$

#total de orificios = 12096 orificios

$$A_{to} = 5.03 \times 10^{-5} m^2 * 12096$$

$$A_{to} = 0.61 m^2$$

- Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0.0015-0.005)

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0,61}{274} = 0.002 \rightarrow si\ cumple$$

Ecuación 112

Datos:

A_{to} : Área total de orificios = $0.61 m^2$

A_f : Área de filtración = $211.80 m^2$

3.2.2.9 Tanque de desinfección

Las aguas residuales ya sean estas urbanas o industriales contienen organismos patógenos, razón por la cual se emplea métodos de desinfección, garantizando una mejor depuración del efluente, la destrucción de estos microorganismos patógenos frecuentemente se realiza mediante productos químicos como el cloro, ya que es el método más utilizado, efectivo y económico.



Figura. 13-3. Esquema de un Tanque de Desinfección

Fuente: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_27_desinfeccion.html

La desinfección se puede realizar de distintas formas:

- *Hipoclorito de calcio*. Se encuentra en estado sólido al 65 % aproximadamente y es muy soluble en agua, la solución obtenida se emplea mediante una bomba peristáltica.
- *Hipoclorito de sodio*. Se encuentra en estado líquido y se le considera como una sustancia totalmente corrosiva. La dosificación es muy conveniente en fuentes pequeñas de agua potable para el abastecimiento de poblaciones pequeñas.
- *Cloro gas*. Como su nombre lo indica, se encuentra en estado gaseoso y se aplica mediante el uso de un cilindro, el cloro gas está comprimido a presión vacía y es la forma más económica de clorar para la desinfección de agua.

3.2.2.9.1 Dimensionamiento del tanque de desinfección

Para el dimensionamiento se consideró datos del libro de Muñoz Balarezo sobre desinfección del agua, 1992, y recomendaciones por parte de la E.P-EMAPA-G.

- **Volumen del tanque de cloración, V_{tanque} :**

$$V_{tanque} = Q_p * T$$

Ecuación 113

Datos:

V_{tanque} : Volumen del tanque de cloración (m^3)

Qi : Caudal punta para cada filtro (m^3/s); $0.137 m^3/s$

T : Tiempo de retención (s); 720 s (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

$$V_{tanque} = 0.137 \frac{m^3}{s} * 720 s$$

$$V_{tanque} = 98.64 m^3$$

- **Área del tanque, A:**

$$A = L * B$$

Ecuación 114

Datos:

A : Área del tanque (m^2)

L : Longitud del tanque (m); 7.3 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

B : Ancho del tanque (m); 4.5 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

$$A = 7.3 m * 4.5 m$$

$$A = 32.85 m^2$$

- **Altura del tanque, H_{tanque} :**

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

Ecuación 115

Datos:

H_{tanque} : Altura del tanque (m)

V_{tanque} : Volumen del tanque de dosificación (m^3); $98.64 m^3$

A : Área del tanque (m^2); $32.85 m^2$

$$H_{tanque} = \frac{98.64 m^3}{32.85 m^2}$$

$$H_{tanque} = 3 m$$

3.2.2.9.2 Dosificación en el hipoclorito

- Cálculo para la dosificación de Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, D_{HTH} :

$$D_{HTH} = 0.012 * Q_{punta} * C$$

Ecuación 116

Datos:

D_{HTH} : Cantidad de HTH al día ($lb/día$)

Q_{punta} : Caudal punta (gal/min); $0.16 m^3/s$; $2536.33 gal/min$

C: Concentración HTH (mg/L); $5 mg/L$ (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$D_{HTH} = 0.012 * 2536.33 gal/min * 5 mg/L$$

$$D_{HTH} = 152.18 lb/día$$

- Cálculo del volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, V_{AHTH} :

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 117

Datos:

m_{HTH} : Masa de HTH (g); $152.18 lb \approx 69089.72 g$

ρ_{HTH} : Densidad de HTH (g/L); $800 g/L$ (Ficha técnica HTH, Anexo C)

$$V_{AHTH} = \frac{69089.72 g}{800 g/L}$$

$$V_{AHTH} = 86.36 L$$

- **Cálculo del volumen de la solución madre**

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} * 65\%}{8.5\%}$$

Ecuación 118

Datos:

V_{AHTH} : Volumen del agua para la dilución del hipoclorito de calcio (L); 86.36 L

$$V_{SM} = \frac{86.36 L * 65\%}{8.5\%}$$

$$V_{SM} = 660.4 L$$

En 660,4 litros de agua se disuelve 152.18 lb/día para preparar la solución madre.

- **Cálculo del volumen para un día, V_T :**

$$C_1 * V_{SM} = C_2 * V_2$$

Ecuación 119

$$5 * 660.4 = 0.65 * V_2$$

$$V_2 = 5080 L$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 120

$$V_T = 660.4 L + 5080 L$$

$$V_T = 5740.40 L/día$$

La solución por goteo se calcula mediante la siguiente conversión:

$$Goteo = 5740.40 \frac{L}{día} * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{1 día}{24 h} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Goteo = 3986.39 mL/min$$

3.2.2.10 Lecho de secado

Los lechos de secado de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales se utilizan generalmente en las ciudades de hasta 20,000 habitantes.

Son sistemas sencillos y de bajo costo que permiten la deshidratación de los lodos digeridos. Estos dispositivos eliminan el agua presente en los lodos a manera de evaporación, quedando como residuo un material sólido con un contenido de humedad inferior al 70%. El lodo seco se retira del lecho y se utiliza como acondicionador del suelo.



Figura 14-3. Lecho de secado de lodos

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

3.2.2.10.1 Dimensionamiento del lecho de secado

- **Contribución per cápita de los sólidos suspendidos**

Se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión que genera por habitante y por día, de la siguiente manera: por caracterización del agua residual se tiene que, los SS = 97 mg/L, y con un caudal promedio tomando los caudales tanto del tanque desarenador, del tanque sedimentador de alta tasa como del tanque de mezcla lenta, en la cual nos da un valor de 12873.6 m³/día.

$$97 \frac{mg}{L} * \frac{1}{14478 \text{ hab}} * \frac{12873.6 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} * \frac{1000L}{\text{m}^3} * \frac{1g}{1000mg} = \mathbf{86.25 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}}$$

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

La carga de sólidos que ingresa al tanque desarenador y al tanque mezclador en estado de lodo y por consecuente pasa al lecho de secado para ser retirados como materia sólida luego de un proceso de deshidratación.

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

Ecuación 121

Datos:

Pf: Población futura; 18905 habitantes

$$C = \frac{14478 \text{ hab} * 86.25 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}}{1000}$$

$$C = 1248.73 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

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

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Ecuación 122

Datos:

C : Carga de sólidos en suspensión ($\text{Kg}_{SS}/\text{día}$); 422.57 $\text{Kg}_{SS}/\text{día}$

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 1248.73) + (0.5 * 0.3 * 1248.73)$$

$$M_{sd} = 1468.06 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

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

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

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

Ecuación 123

Datos:

M_{sd} : Masa de los sólidos que conforman los lodos ($\text{Kg}_{SS}/\text{día}$); 1468.06 $\text{Kg}_{SS}/\text{día}$

ρ_{lodo} : Densidad del lodo (kg/L); 1.04 kg/L

$$V_{DL} = \frac{1468.06 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}}{1.04 \text{ kg}/\text{L} * \left(\frac{12}{100} \right)}$$

$$V_{DL} = 1411.59 \text{ kg}/\text{L}$$

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

Tabla 34-3 Tiempo requerido para digestión del lodo

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

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163)

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

Ecuación 124

Datos:

t_{DE} : Tiempo de digestión (días); 40 días (Valor considerado de la Tabla 34-3)

$$V_{LE} = \frac{1411.59 \text{ kg/L} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 56.46 \text{ m}^3$$

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

La profundidad del lecho que va depositarse en el lecho de secado es de 0.20 a 0.40 m según OPS/CEPIS 05,163. Para nuestro cálculo tomaremos como base los valores mencionados, entonces la profundidad es de 4.3m

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

Ecuación 125

Datos:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3); 56.46 m^3

H_d : Profundidad de aplicación (m); 4.3 m

$$A_{LS} = \frac{56.46 \text{ m}^3}{4.3 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 13.13 \text{ m}^2$$

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

El ancho del lecho de secado según mencionado por el OPS/CEPIS/05.163 puede estar entre 3 a 6 m por tanto, para nuestro cálculo tomaremos el valor de 3,5 m de ancho.

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

Ecuación 126

Datos:

A_{LS} : Área del lecho de secado (m^2); $13.13 m^2$

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); $3.5m$

$$L_{LS} = \frac{13.13 m^2}{3.5 m}$$

$$L_{LS} = 3,75 m$$

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

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

Ecuación 127

Datos:

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m); $3.75 m$

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); $3.5 m$

H_s : Profundidad de aplicación (m); $4.30 m$

$$V_{TL} = 9.17 m * 6 m * 0.80 m$$

$$V_{TL} = 56.44 m^3$$

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

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

Ecuación 128

Datos:

V_{TL} : Volumen del tanque (m^3); $56.4 m^3$

Q_P : Caudal punta (m^3/s); $0.149 m^3/s$

$$T_{DL} = \frac{44.02 \text{ m}^3}{0.11 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_{DL} = 378.52 \text{ s} = 0.11 \text{ h}$$

3.2.2.11 Resultados

a. Caudal de diseño

Tabla 35-3 Determinación caudal punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal punta	Q	m ³ /s	0.16

Realizado por: Jhon Salazar 2016

b. Diseño de rejillas

Tabla 36-3 Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área libre al paso del agua	A _L	m ²	0.27
Velocidad de flujo	V	m/s	0.60
Altura del tirante en el canal	h _{a'}	m	0.34
Altura del tirante de construcción	h _a	m	1.84
Ancho del canal	B	m	0.80
Ángulo de inclinación	α	°	60
Espesor de las barras	E	m	1.27x10 ⁻²
Longitud de barras	L _b	m	2
Número de barras	N _b	Unidades	21
Pérdida de carga	H	m	0.11
Separación entre barras	S	m	0.025

Realizado por: Jhon Salazar 2016

c. Diseño de un canal de entrada

Tabla 37-3 Dimensionamiento de un canal de entrada

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de la sección transversal	A	m^2	0.27
Ancho del canal	b	m	0.80
Altura máxima del agua	h	m	0.37
Altura total del canal	H	m	0.67
Radio hidráulico	RH	m	0.24
Velocidad media del canal	v	m/s	0.59

Realizado por: Jhon Salazar 2016

d. Diseño de un vertedero rectangular

Tabla 38-3 Dimensionamiento de un vertedero rectangular sin contracciones

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Profundidad del canal vertedero	C_v	m	0,8
Largo del canal vertedero corregido	L_v	m	4.4
Ancho del canal vertedero	B	m	0.97
Caudal por unidad de ancho	q	m^2/s	0.17
Profundidad crítica de flujo	h_c	m	0.14
Longitud de salto	L_m	m	0.68
Altura de la pared del vertedero	P	m	0.5

Realizado por: Jhon Salazar 2016

e. Diseño de un tanque desarenador de flujo horizontal

Tabla 39-3 Dimensionamiento de un tanque desarenador de flujo horizontal

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de diseño	$Q_{diseño}$	m^3/s	0.16
Cámara de aquietamiento-zona de entrada			
Volumen	$V_{c.a}$	m^3	5.60
Área superficial	$A_{c.a}$	m^2	3.2

Ancho	$B_{c.a}$	m	1.8
Longitud	$L_{c.a}$	m	1.8
Profundidad útil	$P_{t.c.a}$	m^2	2.2
Zona de sedimentación			
Velocidad de sedimentación	v_s	cm/s	2.81
Altura del desarenador	H	m	2.5
Número de Reynolds	Re	-----	5.58
Tiempo de sedimentación	ts	s	88.97
Tiempo de retención hidráulica	tr	min	10.38
Volumen de cada tanque desarenador	V_d	m^3	99.65
Área superficial útil	As	m^2	39.86
Carga hidráulica superficial	q	cm/s	0.4
Ancho de zona de sedimentación	B	m	3.16
Longitud de zona de sedimentación	L	m	12.6
Área transversal del sedimentador	A	m^2	7.9
Velocidad de arrastre	v_a	cm/s	18.58
Velocidad horizontal	v_h	cm/s	2.02
Zona de lodos			
Longitud de la primera parte del desarenador	L'	m	4.2
Altura de zona de lodos de la primera parte del desarenador	H'	m	0.42
Pendiente de la primera placa en el fondo del desarenador	X	%	10
Longitud de la segunda parte del desarenador	L''	m	8.4
Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador	X'	%	5
Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos	V'	m^3	9.96
Longitud del canal de limpieza	$L_{c.l}$	m	3.16
Alto del canal de limpieza	$H_{c.l}$	m	2.1
Ancho del canal de limpieza	$A_{c.l}$	m	1.5

Zona de salida			
Carga sobre la cresta del vertedero de salida	H_v	m	0.09
Velocidad sobre el vertedero de salida	v_v	m/s	0.56
Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada	$B_{re,d}$	m	1.00
Cálculo de la transición cámara de aquietamiento-desarenador			
Ancho total desarenadores	$B_{T.D}$	m	9.32
Ángulo central de divergencia	θ_C	Grados	50
Longitud de transición	L_t	m	3.16

Realizado por: Jhon Salazar 2016

f. Diseño de un canal Parshall

Tabla 40-3 Dimensionamiento de un canal Parshall

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del agua en la sección de medición	H_0	m	0.37
Ancho de la garganta	W	m	0.305
Dimensiones de la Canaleta			
Longitud de paredes sección convergente	A	m	1.372
Longitud sección convergente	B	m	1.344
Ancho de la salida	C	m	0.61
Ancho entrada sección convergente	D	m	0.845
Longitud de la garganta	F	m	0.61
Longitud de la sección divergente	G'	m	0.915
Longitud paredes de sección divergente	K'	m	0.076
Dimensión de la canaleta	N	m	0.229
Ancho entrada sección convergente	D'	m	0.665
Velocidad de la sección de medición	V_0	m/s	0.62
Carga hidráulica disponible	E_0	m	0.62
Angulo de inclinación	θ_p	Grados	126.09
Velocidad antes del resalto	v_1	m/s	2.99
Altura de agua antes del resalto	h_1	m	0.16

Numero de Froude	F	-----	2.39
Altura del agua después del resalto	h_2	m	0.34
Velocidad del resalto	v_2	m/s	1.06
Altura en la sección de salida de la canaleta	h_3	m	0.32
Velocidad en la sección de salida	v_3	m/s	0.78
Perdida de carga en el resalto	h_R	m	0.13
Tiempo de mezcla en el resalto	T	s	0.99
Gradiente de velocidad	G'	s^{-1}	34.15

Realizado por: Jhon Salazar 2016

g. Diseño de un tanque mezclador

Tabla 41-3 Dimensionamiento del mezclador lento mecánico de turbina

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Alto de paleta	W	m	0.875
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	h	m	3.5
Anchura de los deflectores	W_d	m	0.35
Anchura de las paletas del impulsor	q	m	0.7
Diámetro de la cámara de mezcla	DT	m	7
Diámetro del disco central	S	m	1.75
Diámetro de la turbina	D	m	3.5
Longitud de la paleta	B	m	0.88
Potencia aplicada al agua residual	P	$Watt$	4.99×10^5
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	3.5
Velocidad de rotación	N	rpm	31.94
Volumen del tanque	V	m^3	273.6

Realizado por: Jhon Salazar 2016

h. Diseño de un tanque sedimentador de Alta Tasa

Tabla 42-3 Dimensionamiento de un tanque sedimentador de Alta Tasa

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área de sedimentación	A_s	m^2	169.14
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	v_0	cm/s	0.0935
Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa	θ	Grados	60
Longitud relativa del sedimentador	L_r	-----	20
Número de Reynold	Re	-----	54.33
Longitud de transición	L'	-----	0.71
Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición	L_{cr}	-----	19.29
Velocidad de sedimentación crítica	v_{sc}	cm/s	0.0089
Tiempo de retención en las placas	t_{rp}	min	21.39
Tiempo de retención en el tanque sedimentador	Trh	min	51.44
Ancho del sedimentador	a	m	9.20
Longitud del sedimentador	l	m	18.40
Número de placas	Np	unidades	228
Altura del sedimentador	h	m	2.5
Volumen del sedimentador	V	m^3	432.2
Altura de ubicación de las placas	H_p	m	1.040

Realizado por: Jhon Salazar 2016

i. Diseño de un filtro lento

Tabla 43-3 Dimensionamiento de filtro lento de arena

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho de la unidad de filtración	bf	m	2.53
Área de cada unidad	Ai	m^2	86.67
Área de filtración	Af	m^2	260
Longitud de unidad de filtración	af	m	9.31
Superficie filtrante requerida	Sf	m^2	520
Longitud total de la pared	Ltp	m	74.48
Longitud total mínima de la pared	Lm	m	82.84
Diámetro de la tubería al ingreso	D	mm	117
Sistema de drenaje			
Área de cada orificio	Ao	m^2	5.03×10^{-5}
Área total de orificios	A_{to}	m^2	0.61
Caudal ingreso a cada orificio	Qo	m^3/s	1.51×10^{-4}
Número de módulos de filtración	nf	<i>unidades</i>	3
Número de laterales	# Laterales	.....	172
Número total de orificios	#total Orificios	<i>unidades</i>	12096
Separación entre orificios	#Orificios/# Laterales	.....	80

Realizado por: Jhon Salazar 2016

j. Diseño de un tanque de desinfección

Tabla 44-4 Dimensionamiento del tanque de desinfección

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del tanque	H_{tanque}	m	3
Área	A	m^2	32.85
Ancho del tanque	B	m	4.5
Longitud del tanque	L	m	7.3
Volumen del tanque de cloración	V_{tanque}	m^3	98.64
Dosificación en el hipoclorador			
Concentración del Hipoclorito de Calcio	C	ppm	5
Dosificación HTH	D_{HTH}	$lb/día$	152.13
Volumen de la solución madre	V_{SM}	L	86.36
Dosificación por goteo (por día de tratamiento)	Goteo	mL/min	3986.39

Realizado por: Jhon Salazar 2016

k. Diseño de un lecho de secado

Tabla 45-3 Dimensionamiento del lecho de secado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A_{LS}	m^2	13.13
Longitud	L_{LS}	m	3.75
Volumen del tanque	V_{TL}	m^3	56.44
Profundidad	H_s	m	4.3
Ancho	b_{LS}	m	3.5
Tiempo para desalojar el lodo	T_{DL}	h	0.11

Realizado por: Jhon Salazar

3.3 Proceso de producción

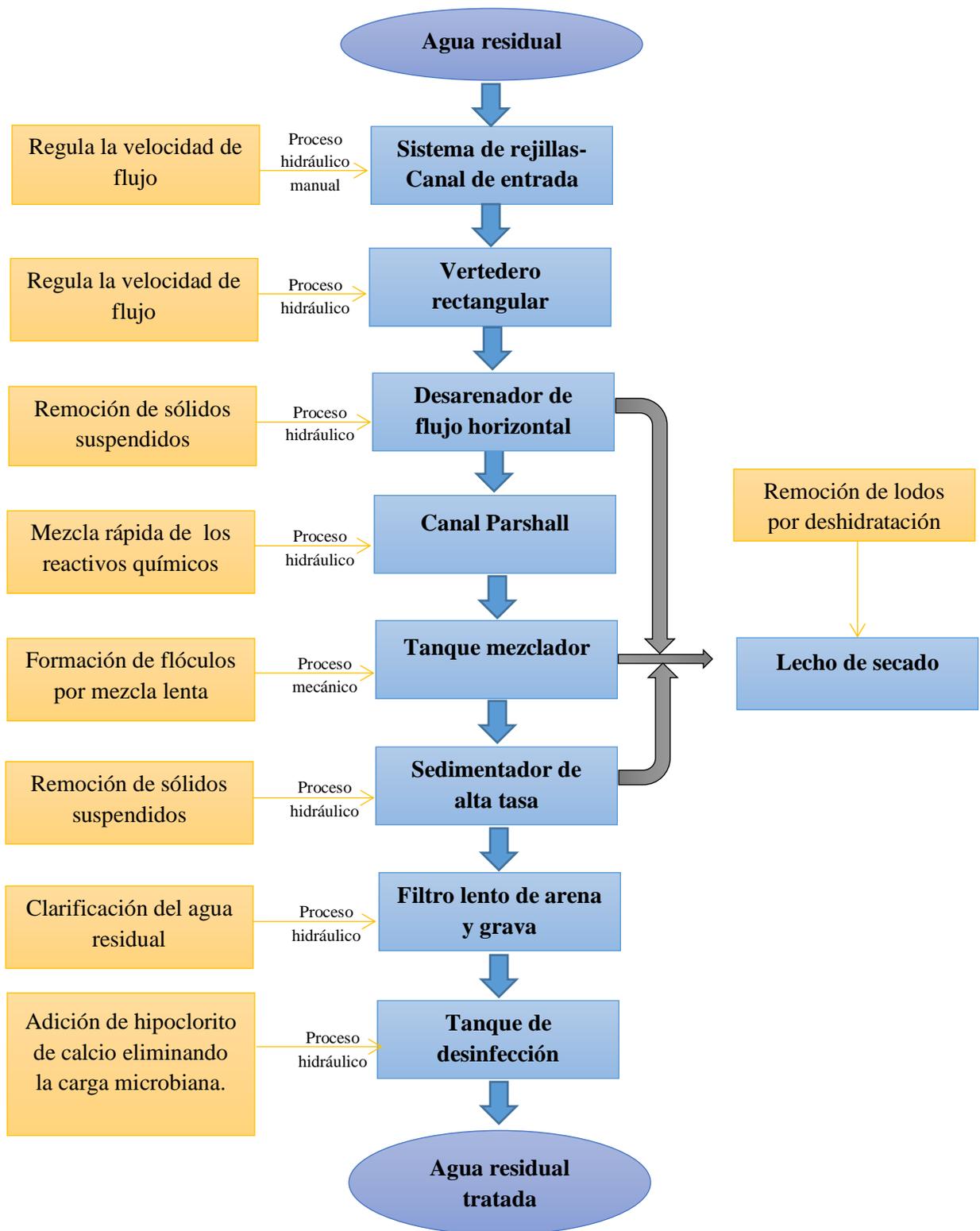


Figura 15-3. Sistema de Tratamiento
Realizado por. Jhon Salazar 2016

3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

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

Tabla 46-3 Materiales de muestreo y recolección de información

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes de vidrio. • Borosilicato para caracterizaciones físico - químico. • Bolsas estériles Whirl - Pak para caracterizaciones bacteriológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de dos muestras en un intervalo de tiempo de 15 minutos para luego hacer una muestra compuesta, la toma de muestras es en las horas pico.

Realizado por: Jhon Salazar 2016

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

Tabla 47-3 Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
Balde graduado de 120 litros	Cronómetro
Cuaderno	Cámara fotográfica
Esferográfico	GPS
Mascarilla	
Guantes	
Botas de caucho	

Realizado por: Jhon Salazar. 2016

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

A continuación se especifican los equipos, materiales y reactivos necesarios para la caracterización del agua residual:

Tabla 48-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual

Análisis Físicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Buretas	Balanza analítica	Buffer pH 4.0
Buchner y Kitasato	Colorímetro	Buffer pH 7.0
Cámara fotográfica	Conductímetro	Formazin <0.1 FNU
Cronómetro	Destilador	Formazin 100 FNU
Escobilla de cerdas	Estufa	Formazin 1000 FNU
Esferográfico	Fotómetro	Formazin 200 FNU
Fiola	Turbidímetro	Formazin 800 FNU
Guantes		Formazin20 FNU
Mandil		Formazin4000 FNU
Pipeta		
Vasos de precipitación		
Soporte universal		

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 49-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual

Análisis Químicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Botellones plásticos	Baño María	Alkaline cyanide
Cámara fotográfica	Espectrofotómetro	Aluver
Cronómetro	Estufa	Ascorbic acid
Embudo de vidrio	Fotómetro	Bleaching 3
Frascos cuenta gotas con tetina		Chromater 3
Gradilla		Cromo 1
Guantes		Cromo 2
		Cuver 1

Libreta	Cyanurate ammonium
Mascarillas	DPD cloro total
Matraz Erlenmeyer	EDTA (Sobres)
Papel filtro	EDTA 0.020 N
Parafilm	Ferover
Pat absorbente	MolyVer 1
Pera de succión	MolyVer 2
Pinza	MolyVer 3
Pipeta volumétrica	Nitraver 5
Pipeta	Nitriver
Pipeta volumétrica	Pads absorbente
Probeta milimetrada	Pan indicador sln 0.1 %
Tubos de ensayo	Pan indicador sln 0.3 %
Varilla	Phosver
Vasos de precipitación	Phthalate-fosfato
	Reactivo acido cromo
	Reagent acid cromo
	Reagent Spands
	Salicylate ammonium
	Solución férrica
	Sulfater 4
	THM Plus reagent 1
	THM Plus reagent 2
	THM Plus reagent 3
	THM Plus reagent 4
	Tiocianato mercurico

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 50-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual

Análisis Microbiológicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Capsula de Petri	Bomba de succión	Alcohol antiséptico 70°
Esferográfico	Incubadora	Ampollas endo
Matraz	Espectrofotómetro	Ampollas m-coliblu
Lente de aumento	Reverbero	Filtros de membrana
Pinza		

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Los parámetros con sus respectivos métodos a tomar en cuenta para la caracterización de las muestras de agua residual se especifican a continuación:

Tabla 51-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Método
Color	UTC	Colorimétrico. REF1001/S502.
Conductividad	μS/cm	Conductimétrico. REF1001/S501.
Ph	-----	Potenciométrico. REF1001/S503.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504.
Temperatura	°C	Conductimétrico/ Potenciométrico. REF1001/S501.
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505.

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 52-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua

Parámetro	Unidad	Método
Nitratos (N-NO₃⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Reducción cadmio). REF1001/S514.
Nitritos (N-NO₂⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Diazotación). REF1001/S515.

Fosfatos (P-PO₄³⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido ascórbico). REF1001/S511.
Nitrógeno amoniacal (NH₃-N)	mg/L	Espectrofotométrico (Nesslerización). REF1001/S516.
Sulfatos (SO₄²⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Sulfaver 4). REF1001/S517.
Fluoruros (F)	mg/L	Espectrofotométrico (Spands). REF1001/S510.
Hierro total (Fe)	mg/L	Espectrofotométrico (Ferrover). REF1001/S512.
Manganeso (Mn²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (PAN). REF1001/S513.
Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶)	mg/L	Espectrofotométrico (1,5 Dinitilcarbohidácida). REF1001/S508.
Cobre (Cu)	mg/L	Espectrofotométrico (Bicinchoninato) REF1001/S507.
Aluminio (Al³⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Aluminón). REF1001/S518.
Cloruros (Cl⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Tiocianato mercúrico). REF1001/S522.
Níquel (Ni)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S526.
Cobalto (Co)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S523.
Plomo (Pb²⁺)	mg/L	Fotométrico (4- piridil-2-azo-resorcina). REF1001/S529.
Zinc (Zn²⁺)	mg/L	Fotométrico (Zinc). REF1001/S531.
Plata (Ag⁺)	mg/L	Fotométrico. REF1001/S528.
Cianuro (CN⁻)	mg/L	Fotométrico. REF1001/S521
Bario (Ba²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S519.
Bromo (Br)	mg/L	Espectrofotométrico (DPD). REF1001/S520.

Molibdeno (Mo⁶⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido mercaptoacético). REF1001/S525.
Cromo total (Cr)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina). REF1001/S524.
Oxígeno disuelto (O₂)	mg/L	Fotométrico (O ₂ REF931288)
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Fotométrico (DOO REF985830)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	Fotométrico (DBO ₅ REF985822)

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 53-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes fecales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S602. Standard Methods No.36013
Coliformes totales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S601. Standard Methods No.36002

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

3.5 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

Tabla 54-3 Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Precio Global(\$)
REJILLAS				
Marco de hierro	U	4	10.00	40.00
Limpieza y desbroce	m ²	21	1.00	21.00
Canal	m ²	0.64	90.00	57.60
			Subtotal	118.60
CANAL DE ENTRADA				
Limpieza y desbroce	m ²	0.80	1.00	0.80
Replanteo y nivelación	m ²	0.80	4.00	3.20
Excavación manual para canal.	m ³	1.00	8.60	8.60

Replanteo de H.S. 140kg/ cm ²	m ³	1.00	90.50	90.50
Hormigón Simple F´C= 210 Kg/ cm ²	m ³	0.95	180.20	171.19
			Subtotal	274.29
VERTEDERO RECTANGULAR				
Limpieza y desbroce	m ²	86.45	1.00	1.45
Replanteo y nivelación	m ²	1.45	4.00	5.8
Hormigón de F´C= 210 Kg/cm ²	m ³	0.5	180.20	90.1
Encofrado de madera	m ²	15.25	8.00	122.00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	5.5	5.90	32.45
			Subtotal	251.8
DESARENADOR				
Replanteo y nivelación	m ²	86.25	4.20	362.25
Excavación manual	m ³	110.60	8.50	940.10
Replanteo de H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	5.60	90.50	506.80
Hormigón simple F´C= 210Kg/cm ²	m ³	50.35	180.20	9073.07
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	85.51	9.45	808.07
Encofrado de madera	m ²	100.02	8.00	800.16
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	100.02	5.90	590.12
			Subtotal	13169.82
CANAL PARSHALL				
Limpieza y desbroce	m ²	15.25	1.00	15.25
Replanteo y nivelación	m ²	15.25	4.20	64.05
Excavación manual	m ³	18.60	8.50	158.10
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	0.9	90.50	81.45
Hormigón simple F´C= 210Kg/cm ²	m ³	1.3	180.20	234.26
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	5.51	9.45	52.07
Encofrado de madera	m ²	12.02	8.00	96.16
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	25.58	5.90	150.92
			Subtotal	852.26
TANQUE MEZCLADOR				
Limpieza y desbroce	m ²	72.50	1.00	72.50
Replanteo y nivelación	m ²	72.50	4.20	304.50

Excavación manual	m ³	160.50	8.50	1364.25
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	13.80	90.50	1248.90
Hormigón simple F ^o C=210 Kg/cm ²	m ³	15.75	180.20	2838.15
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	140.00	9.45	1323.00
Encofrado con madera	m ²	140.00	8.00	1120.00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	90.50	5.90	533.95
			Subtotal	8805.25
SEDIMENTADOR DE ALTA TASA				
Limpieza y desbroce	m ²	150.25	1.00	150.25
Replanteo y nivelación	m ²	150.25	4.20	631.05
Excavación manual	m ³	260.60	8.50	2215.10
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	6.2	90.50	561.10
Hormigón simple F ^o C= 210Kg/cm ²	m ³	110.54	180.20	19919.31
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	220.65	9.45	2085.15
Encofrado de madera	m ²	302.02	8.00	2416.16
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	302.02	5.90	1781.92
			Subtotal	29759.84
FILTRO LENTO DE GRAVA				
Limpieza y desbroce	m ²	86.25	1.00	86.25
Replanteo y nivelación	m ²	86.25	4.20	362.25
Excavación manual	m ³	60.60	8.50	515.10
Grava	m ³	20.20	48.50	979.70
Hormigón simple F ^o C= 210Kg/cm ²	m ³	70.54	180.20	12711.31
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	120.65	9.45	1140.14
Encofrado de madera	m ²	102.02	8.00	816.16
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	102.02	5.90	601.92
Arena	m ³	40.30	20.40	822.12
			Subtotal	18034.95
TANQUE DE DESINFECCIÓN				
Limpieza y desbroce	m ²	54.92	1.00	54.92
Replanteo y nivelación	m ²	54.92	4.20	230.66

Excavación manual	m ³	82.38	8.50	700.23
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	1.74	90.50	157.47
Hormigón simple F [´] C=210 Kg/CM ²	m ³	10.33	180.20	1861.47
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	65.75	9.45	621.34
Encofrado con madera	m ²	110.15	8.00	881.20
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	90.30	5.90	532.77
			Subtotal	5040.06
LECHO DE SECADO				
Excavación manual	m ³	45.20	8.50	386.75
Replanto de H.S. f [´] c=180kg/cm ²	m ³	1.2	90.50	108.6
Hormigón Simple f [´] c= 210 Kg/cm ² .	m ³	8.85	180.20	1594.77
Pintura de cemento blanco, para exteriores	m ²	74.76	8.60	642.94
			Subtotal	2733.06
PRECIO TOTAL DEL SISTEMA FÍSICO DE TRATAMIENTO				79039.31

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 55-3 Determinación de los costos de dosificación

Detalle	Dosificación (Kg/día)	Presentación (Kg)	Costo por unidad (\$)	Costo por día (\$)	Costo por mes (\$)	Costo anual (\$)
Policloruro de aluminio PAC-025	19.00	1	0.90	17.10	513.00	6241.5
Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	3.84	1	9.00	34.56	1036.80	12614.40
Hipoclorito de calcio	12.67	45	180.00	50.67	1519.99	18493.33
TOTAL				270.75	3069.79	37348.73

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Jhon Salazar 2016

3.6 Porcentaje de remoción

Tabla 56-3 Determinación del % remoción de las muestras compuestas-Mayo

Parámetro	Agua residual		Agua tratada		Unidad	% de remoción	% de remoción
	12 de Mayo	26 de Mayo	12 de Mayo	26 de Mayo			
Fecha	12 de Mayo	26 de Mayo	12 de Mayo	26 de Mayo		12 de Mayo	26 de Mayo
Color	250	220	1	1	Und Co/Pt	99.96	99.56
Turbiedad	102.63	97.62	0.59	0.78	UNT	99.43	99.20
Conductividad	260.64	210.67	120.08	102.39	uS/cm	53.70	51.39
Sólidos totales disueltos	120.05	42.65	105.78	40.69	mg/L	64.47	61.53
Fluoruros	5.86	6.71	0.78	0.73	mg/L	86.69	89.91
Cloruros	430.67	410.38	120.34	118.33	mg/L	72.06	71.17
DBO	4639	3781	16	14	mg/L	99.39	99.63
DQO	9626	8943	25	22	mg/L	99.74	99.75
Coliformes fecales	580	620	1	1	NMP/100ml	99.83	99.84
Coliformes Totales	246	294	1	1	NMP/100ml	99.59	99.66

Realizado por: Jhon Salazar 2016

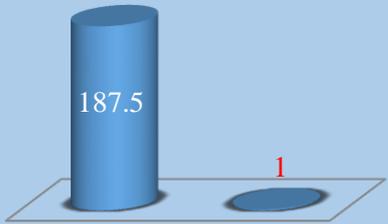
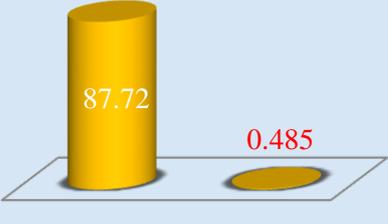
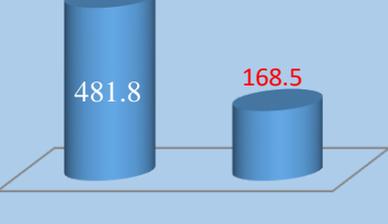
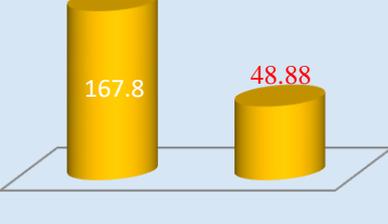
Tabla 57-3 Determinación del % remoción de las muestras compuestas-Junio

Parámetro	Agua residual		Agua tratada		Unidad	% de remoción	% de remoción
	16 de Junio	23 de Junio	16 de Junio	23 de Junio			
Fecha	16 de Junio	23 de Junio	16 de Junio	23 de Junio		16 de Junio	23 de Junio
Color	110	170	1	1	Und Co/Pt	99.09	99.41
Turbiedad	60.57	90.06	0.03	0.54	UNT	99.95	99.40
Conductividad	605.37	850.6	225.67	328.09	mg/L	62.72	61.43
Sólidos totales disueltos	180.64	264.69	56.08	62.37	mg/L	68.95	76.44
Fluoruros	1.42	2.06	0.50	0.65	mg/L	64.79	68.45

Cloruros	123.10	126.45	86.34	90.27	mg/L	29.86	28.61
DBO	5053	4656	19	21	mg/L	99.62	99.55
DQO	10609	9225	25	28	mg/L	99.76	99.69
Coliformes fecales	920	1200	1	1	NMP/100m l	99.89	99.92
Coliformes Totales	440	620	1	1	NMP/100m l	99.77	99.84

Realizado por: Jhon Salazar 2016

Tabla 58-3 Determinación del % remoción promedio de las muestras compuestas de Mayo y Junio

Parámetro	Unidad	Agua residual	Agua tratada	Ilustración	% remoción
Color	Und Co/Pt	187.5	1		99.5
Turbiedad	UNT	87.72	0.485		99.4
Conductividad	mg/L	481.82	168.45		65.0
Sólidos totales disueltos	mg/L	167.79	48.88		70.9

Fluoruros	mg/L	4.01	0.63	<p>A 3D bar chart with two blue bars. The first bar is labeled '4.01' and the second, shorter bar is labeled '0.63'.</p>	83.4
Cloruros	mg/L	272.65	102.84	<p>A 3D bar chart with two yellow bars. The first bar is labeled '272.6' and the second, shorter bar is labeled '102.8'.</p>	62.3
DBO	mg/L	4532.25	17.0	<p>A 3D bar chart with two blue bars. The first bar is labeled '4532' and the second, very short bar is labeled '17.0'.</p>	99.6
DQO	mg/L	9600.75	24.25	<p>A 3D bar chart with two yellow bars. The first bar is labeled '9600' and the second, very short bar is labeled '24,25'.</p>	99.7
Coliformes fecales	NMP/100 ml	830	1	<p>A 3D bar chart with two blue bars. The first bar is labeled '830' and the second, very short bar is labeled '1'.</p>	99.9
Coliformes Totales	NMP/100 ml	400	1	<p>A 3D bar chart with two yellow bars. The first bar is labeled '400' and the second, very short bar is labeled '1'.</p>	99.8

Realizado por: Jhon Salazar 2016

3.7 Análisis

La obtención de los resultados se basó considerando que la parroquia de Simiatug posee un clima variado ya que presenta variaciones en las precipitaciones pluviales, percutiendo en el aumento del efluente contaminante al unirse con las aguas residuales domesticas generadas por la población, posteriormente siendo estas descargadas directamente al Río Simiatug a través del alcantarillado, siendo un problema que debe ser atendido, el aforo del caudal del agua residual se realizó por medio del método volumétrico en los meses de Mayo y Junio, especificado en las Tabla 1-1 y Tabla 2-1, así como la toma de muestras de agua residual para su respectivo análisis se efectuó en los meses anteriormente mencionados.

Para realizar las tabulaciones de las caracterizaciones físico – químico y microbiológico del agua residual se consideró cuatro muestras compuestas, obteniendo los resultados para poder determinar la remoción de los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de cada muestra compuesta basado en la norma TULSMA, Tabla 10 (Acuerdo ministerial No.028, sustituyese el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundario, Viernes 13 de Febrero del 2015).

La tratabilidad de los parámetros fuera de norma se realizó mediante pruebas de jarras aplicando un tratamiento físico-químico, al efluente con dosificaciones a diferentes concentraciones del coagulante (policloruro de aluminio, auxiliante de coagulación (chemfloc) y una desinfección con hipoclorito de calcio, que permitieron bajar las concentraciones de los parámetros que estaban fuera de los límites permisibles, a la vez se consideró parámetros que no se encuentra establecidos dentro de los límites permisibles pero que tienen relación con la estética del agua como el color y la turbiedad, así también la presencia de microorganismo por coliformes totales y oxígeno disuelto considerado como indicadores importantes en la calidad del agua, los resultados obtenidos se puede apreciar en las Tabla 11-1, Tabla 12-1, Tabla 13-1 y Tabla 14-3.

Para la muestra compuesta que presentaba una turbiedad de 102.63 NTU y un color de 250 UTC, los parámetros que se encontraban fuera de la norma eran los fluoruros con una concentración de 5.86 mg/L siendo su límite permisible 5 mg/L, DBO con una concentración 4639 mg/L siendo su límite permisible 100 mg/L, DQO con una concentración de 9626 mg/L siendo el límite permisible 200 mg/L, coliformes fecales 246 NMP/100mL en una remoción al 99%, coliformes totales 580 NMP/100mL, como se indica en la Tabla 6-1. Para las pruebas de tratabilidad se utilizó concentraciones y dosificaciones de policloruro de aluminio al 0.04 g/L y

240 mL, chemfloc al 0.80 g/L y 120 mL, como se indican en la Tabla 11-1. Posteriormente luego del test de jarras se simuló a nivel laboratorio los ensayos de tratamiento obteniéndose como resultado las concentraciones de fluoruros de 0.78 mg/L, DBO de 16 mg/L, DQO de 25 mg/L, coliformes fecales <1** NMP/100mL, coliformes totales <1** NMP/100mL, turbiedad 0.59 NTU y color 1 UTC, como se indican en la Tabla 15-1, obteniéndose una remoción del: 99.60% para el color, 99,43% turbiedad, 86,69% fluoruros, 99,66% DBO, 99,74% BQO y más del 99% de Coliformes fecales y totales respectivamente como se indica en la Tabla 56-3.

Para la muestra compuesta que presentaba una turbiedad de 97.62 NTU y un color de 220 UTC, los parámetros que se encontraban fuera de la norma eran los fluoruros con una concentración de 6.71 mg/L siendo su límite permisible 5 mg/L, DBO con una concentración 3781 mg/L siendo su límite permisible 100 mg/L, DQO con una concentración de 8943 mg/L siendo el límite permisible 200 mg/L, coliformes fecales 294 NMP/100mL en una remoción al 99%, coliformes totales 620 NMP/100mL, como se indica en la Tabla 6-1. Para las pruebas de tratabilidad se utilizó concentraciones y dosificaciones de policloruro de aluminio al 0.04 g/L y 180 mL, chemfloc al 0.80 g/L y 90 mL, como se indican en la Tabla 12-1. Posteriormente luego del test de jarras se simuló a nivel laboratorio los ensayos de tratamiento obteniéndose como resultado las concentraciones de fluoruros de 0.73 mg/L, DBO de 14 mg/L, DQO de 22 mg/L, coliformes fecales <1** NMP/100mL, coliformes totales <1** NMP/100mL, turbiedad 0.59 NTU y color 1 UTC, como se indican en la Tabla 15-1, obteniéndose una remoción del: 99.55% para el color, 99,20% turbiedad, 89,12% fluoruros, 99,66% de DBO, 99,74% BQO y más del 99% de Coliformes fecales y totales respectivamente como se indica en la Tabla 56-3.

Para la muestra compuesta que presentaba una turbiedad de 60.57 NTU y un color de 110 UTC, los parámetros que se encontraban fuera de la norma eran la DBO con una concentración 5053 mg/L siendo su límite permisible 100 mg/L, DQO con una concentración de 10609 mg/L siendo el límite permisible 200 mg/L, coliformes fecales 440 NMP/100mL en una remoción al 99%, coliformes totales 920 NMP/100mL, como se indica en la Tabla 8-1. Para las pruebas de tratabilidad se utilizó concentraciones y dosificaciones de policloruro de aluminio al 0.04 g/L y 60 mL, chemfloc al 0.80 g/L y 35 mL, como se indican en la Tabla 13-1. Posteriormente luego del test de jarras se simuló a nivel laboratorio los ensayos de tratamiento obteniéndose como resultado las concentraciones de DBO de 19 mg/L, DQO de 25 mg/L, coliformes fecales <1** NMP/100mL, coliformes totales <1** NMP/100mL, turbiedad 0.3o NTU y color 1 UTC, como se indican en la Tabla 16-1, obteniéndose una remoción del: 99.55% para el color, 99,20% turbiedad, 99,66% de DBO, 99,74% BQO y más del 99% de Coliformes fecales y totales respectivamente como se indica en la Tabla 57-3.

Para la muestra compuesta que presentaba una turbiedad de 90.06 NTU y un color de 170 UTC, los parámetros que se encontraban fuera de la norma eran la DBO con una concentración 4656 mg/L siendo su límite permisible 100 mg/L, DQO con una concentración de 9225 mg/L siendo el límite permisible 200 mg/L, coliformes fecales 620 NMP/100mL en una remoción al 99%, coliformes totales 1200 NMP/100mL, como se indica en la Tabla 8-1. Para las pruebas de tratabilidad se utilizó concentraciones y dosificaciones de policloruro de aluminio al 0.04 g/L y 60 mL, chemfloc al 0.80 g/L y 35 mL, como se indican en la Tabla 14-1. Posteriormente luego del test de jarras se simuló a nivel laboratorio los ensayos de tratamiento obteniéndose como resultado las concentraciones de DBO de 21 mg/L, DQO de 28 mg/L, coliformes fecales <1** NMP/100mL, coliformes totales <1** NMP/100mL, turbiedad 0.54 NTU y color 1 UTC, como se indican en la Tabla 16-1, obteniéndose una remoción del: 99.41% para el color, 99,40% turbiedad, 99,55% de DBO, 99,70% BQO y más del 99% de Coliformes fecales y totales respectivamente como se indica en la Tabla 57-3.

3.8 Conclusiones

- Las aguas residuales provenientes de la parroquia Simiatug según la caracterización inicial física, química y microbiológica de las cuatro muestras compuestas realizadas presentó los parámetros que se encuentran fuera de norma TULSMA REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028, TABLA 10. Siendo el promedio de estos: Color 187,5 UTC, Turbiedad 87,72 NTU, Fluoruros 4,01 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno 4532,25 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 9600,75 mg/L, Coliformes Totales 830 NPM/100mL, Coliformes Fecales 400 NPM/100mL.
- El costo estimado para la implementación y ejecución del proyecto es de 79039,31 dólares que incluye todas las infraestructuras, ingeniería civil para la construcción de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales. Así también el costo mensual de los productos químicos para el tratamiento del agua residual es de \$ 3069,79 (tres mil sesenta y nueve dólares y setenta y nueve centavos).
- Las variables identificadas apropiadas para proceso de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales fueron: el caudal punta $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$, se considera la población futura estimada 14478 habitantes para una vida útil de 15 años.
- Los cálculos se realizaron según criterios de diseño dando un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia Simiatug que consta de los siguientes procesos: rejillas, canal de entrada, vertedero rectangular, desarenador, canal Parshall, tanque mezclador, sedimentador de alta tasa, filtro lento de arena y tanque de desinfección. Estos procesos resultaron eficientes para cumplir con los parámetros que están fuera de norma.
- Con el diseño de tratamiento planteado haciendo uso de la relación del índice de biodegradabilidad para la selección del tratamiento, se comprobó mediante la experimentación y caracterización físico-químico y microbiológica final la depuración del efluente contaminado teniendo como resultados de remoción de: Color 99,47%, Turbiedad 99,44%, Fluoruros 84,36%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 99,62%, Demanda Química de Oxígeno 99,75% y más del 99% de Coliformes Fecales y Totales, El diseño seleccionado del Sistema de Tratamiento de aguas residuales fue validado con los resultados de los parámetros analizados (Observar Tablas 15-1 y 16-1) en relación a la norma TULSMA REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 028, TABLA 10.

3.9 Recomendaciones

- Se debe realizar la caracterización físico químico y microbiológico periódicamente de la descarga del agua residual, para llegar a obtener una base de datos que nos permita controlar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento de agua residual cumpliendo con lo establecido en el proyecto técnico.
- Las rejillas al ser de limpieza manual se recomienda remover los sólidos sostenidos, al observar una cantidad considerable que pueda obstruir el paso del agua residual al siguiente proceso el operador de la planta debe recurrir a la remoción de los sólidos.
- La cantidad de lodos que se generan en los diferentes dispositivos de depuración del agua residual, deberán ser evacuados mensualmente para que no se interfieran en el eficiente funcionamiento del sistema.
- Por efecto de mantenimiento se recomienda la construcción de una unidad de filtración adicional, para evitar la saturación de los demás medios filtrantes, manteniendo siempre una unidad sin funcionamiento.
- Los lodos generados en la planta por la depuración del efluente pueden ser utilizados para un proyecto comunitario de lombricompostaje, generando la sustitución de fertilizante químico por abonos orgánicos para el sector agricultor presente en la parroquia, generando puestos de trabajo y aumento de la economía al comercializar el abono.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLENDE, A.** *Manual de tratamiento de aguas residuales*. 2ª ed. La Habana : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. 1994. pp.200-246
2. **ARBOLERA, Jorge.** *Teoría y Práctica de Purificación de Agua*. Bogota-Colombia : Mc Graw-Hill, 2000, pp.03-09
3. **ARTEAGA, Jhoselyn.** Tratamiento de Aguas Residuales. [En línea] 2014. [Citado el: 24 de Mayo de 2016]. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientoresiduales/tratamientoresidual>
4. **BORJA, M. 2011.** *Diseño de una Planta de Tratamiento para Aguas Residuales de la Ciudad de Guaranda*.(Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. pp.12-45
5. **BVSDE.** Unidades Hidráulicas. [En línea] [Citado el: 23 de Julio de 2016.] www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf.
6. **CABANILLA, Frank.** *Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos*. [En línea] 10 de Septiembre de 2015. [Citado el: 04 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/medicion-de-fluidos-en-canales-abiertos-con-vertederos-corregidocx.html>
7. **CRITES, R. 2000.** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá-Colombia : McGraw Hil, 2000.pp.21, 33, 42-44, 46-48
8. **LEMA, Alexis.** *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia San Luis de Pambil del cantón Guaranda* [En línea]. (Tesis).(Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. Pp.12-45. [Citado el: 04 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4860/1/96T00335%20UDCTFC.pdf>.

9. **METCALF & EDDY.** *Ingeniería de Aguas residuales.* Madrid-España : San Cristobal, 2005.pp.02-14
10. **OPS/CEPIS/05.158.** *Guia para el diseño de desarenadores y sedimentadores.* [En línea] 2005. [Citado el: 06 de Junio de 2016.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.
11. **RAS-2000.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas. [En línea] 2000. [Citado el: 07 de Junio de 2016.] Disponible en: http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
12. **ROJAS, R. 2002.** *Sistemas de tratamiento de aguas residuales: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales .* Lima-Perú : CEPIS/OPS-OMS, 2002.
13. **Rojas, R. & Guevara, S.** *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena.* Hoja de Divulgación Técnica, Lima-Perú: OPS/CEPIS, UNATSABAR, 2000.p.76
14. **ROMERO, Jairo. 2008.** *Calidad del Agua: Teoría y Principios de Diseño.* Bogota-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería , 2008.
15. **VALDEZ & VAZQUEZ. 2003.** *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales.* Segunda. México D.F : Fundación ICA, 2003.

ANEXOS

Anexo A. Métodos y Técnicas utilizados para el análisis físico-químico del agua

ANÁLISIS FÍSICOS		
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Equipo	Conductímetro
	Materiales	-Vasos de precipitación, agua destilada, muestra de agua y limpiadores.
	Procedimiento	<p>-En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua.</p> <p>-Lavar varias veces el electrodo con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar.</p> <p>-Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable.</p> <p>-Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura.</p> <p>-Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.</p>
COLOR	Equipo	Colorímetro
	Materiales	-Agua destilada, muestra de agua, limpiadores y cubetas.
	Procedimiento	<p>-Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo.</p> <p>-Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo.</p> <p>-Proceder a medir en el instrumento.</p>
POTENCIAL HIDROGENO	Equipo	Potenciómetro
	Materiales	-2 vasos de vidrio y limpiadores.
		-Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ.

	Procedimiento	<p>-Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla.</p> <p>-Registre el valor.</p> <p>-Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar</p>
TURBIDEZ	Equipo	Turbidímetro
	Materiales	-Cubetas de vidrio, limpiadores, aceite de silicona y muestra de agua.
	Procedimiento	<p>-Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo.</p> <p>-Cuidadosamente elimine cualquier residuo en el exterior de las cubetas usando toallas de papel con trazas de aceite de silicona. Las muestras con distribuciones de partículas grandes o desiguales deben leerse promediando las lecturas mínimas y máximas. Es preferible tener una muestra más uniforme, pero este método se usara si no hay otra forma de preparar la muestra.</p> <p>-Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar READ, esperar que se estabilice el instrumento.</p>
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	Equipo	<p>-Conductímetro</p> <p>-Electrodos</p>
	Materiales	-Vasos de precipitación, agua destilada, muestra de agua y limpiadores.
	Procedimiento	<p>-Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar.</p> <p>-Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (STD) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura.</p> <p>-Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.</p>
ANÁLISIS FÍSICOS		
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800

CLORO	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> -Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo, 10ml -Pipeta, limpiadores y muestra de agua
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> -En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua. -Lavar varias veces el electrodo con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. -Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. -Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura. -Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.
CROMO HEXANO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> -Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo cromo ChromaVer 3 en polvo -Limpiadores y muestra de agua
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> -Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 90 Cromo hex. -Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo. Agitar con rotación para mezclar. -Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos. -Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Cr⁶⁺. -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Cr⁶⁺.

DUREZA	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> -Matraces de 125 ml -Buretas de 50 ml -Pipeta de 1-10 ml -Solución EDTA (0.02 N) -Se pesan 3.721 g de sal disódica del ácido etilendiaminotetracético y se disuelve a 1 litro de agua destilada.
	Procedimiento	-Tomar 50 ml de muestra, adicionamos 1 ml de solución tampón, agitar lentamente para que se mezcle, luego adicionamos unas gotas de indicador negro eriocromo T, si la coloración de la muestra es un rojo vino, procedemos a titular con la solución EDTA hasta cambio de coloración azul, indica que el agua tiene presencia de Sales de Calcio y Magnesio. por lo que la dureza es 0.0 ppm, también podemos afirmar que el agua es ablandada.
DUREZA	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> -Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Solución de reactivo SPANDS -Agua destilada, muestra de agua, pipeta volumétrica de 2 ml -Soporte universal, limpiadores, termómetro 10 a 100 o C
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> -Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 190 Fluoruro. -Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. -Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L F-.

		-Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L F_, proceder a registrar en valor.
FLUORUROS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Solución de reactivo SPANDS -Agua destilada, muestra de agua. pipeta volumétrica de 2 ml -Soporte universal, limpiadores, termómetro 10 a 100 o C
	Procedimiento	-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 190 Fluoruro. -Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. -Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L F-. -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L F_, proceder a registrar en valor.
HIERRO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo de hierro FerroVer en polvo -Tapón para cubeta, Limpiadores y muestra de agua
	Procedimiento	-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 265 Hierro FerroVer. -Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. -Añadir el contenido de un sobre de hierro FerroVer en polvo., agitar, con rotación, para mezclar.

		<p>-Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Fe.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Fe.</p>
CLORUROS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<p>-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>-Sobres de reactivo de Acido Ascórbico, AluVer 3, Bleaching 3</p> <p>-Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores</p>
	Procedimiento	<p>-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 10 Aluminio, Alumin.</p> <p>-Colocar 50 mL de agua de la muestra en un matraz , añadir el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo, tapar el matraz e invertir despacio varias veces para disolver el polvo, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo de aluminio AluVer 3 en polvo, en presencia de aluminio se formará un color rojo – naranja, seleccionar el temporizador y pulsar OK, invertir el tubo repetidamente durante un minuto para disolver el polvo, si existe polvo sin disolver se obtendrán resultados erróneos (Solución A).</p> <p>-Para preparar el blanco, llenar la cubeta cuadrada, con 10 ml de la solución A y añadir el contenido de un sobre de reactivo Bleaching 3 en polvo, presionar el temporizador y pulsar OK, -Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comenzará un período de reacción de 15 minutos.</p> <p>-Preparar la muestra: Llenar la cubeta cuadrada con 10 mL de la solución A, limpiar bien el exterior de la cubeta.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Al ³⁺</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Al ³⁺</p>
Equipo	Espectrofotómetro DR 2800	
	Materiales y	<p>-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>-Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo</p>

SULFATOS	Reactivos	-Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores
	Procedimiento	<p>-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate.</p> <p>-Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo SulfaVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos.</p> <p>-Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</p> <p>-Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L SO42-.</p> <p>-Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L SO42-.</p>
SULFATOS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<p>-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>-Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo</p> <p>-Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores</p>
	Procedimiento	<p>-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate.</p> <p>-Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo SulfaVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos.</p> <p>-Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</p> <p>-Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta</p>

		<p>con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L SO42-.</p>
SULFATOS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<p>-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>-Sobres de reactivo de NitraVer 3 en polvo, 10ml</p> <p>-Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores</p>
	Procedimiento	<p>-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 371 N Nitrito RB PP.</p> <p>-Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas.</p> <p>-Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 3. Agitar la cubeta con rotación, para mezclar. En presencia de nitrito aparecerá un color rosa.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 20 minutos-Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra..</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L NO2-N.</p> <p>-Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <p>-Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L NO2-N.</p>

Fuente: MÉTODO HACH 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización “Chaquishca”

Anexo B. Métodos y Técnicas utilizados para el análisis microbiológico del agua

COLIFORMES TOTALES	Equipo	-Cámara Incubadora y equipo de filtración
	Materiales y Reactivos	-Membranas de filtro 0.47 -Reactivo m-COLI BLUE 24* BROTH -Cajas Petri de aluminio, limpiadores, alcohol antiséptico 700Gl, pinzas, termómetro, cronómetro, metanol, pat adsorbente, esferográfico, lente de aumento, tubo de grasa lubricante, pipetas plásticas Pasteur -Muestra de agua
	Procedimiento	- Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo -Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con MLSB. Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base. Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva. Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml. Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana. Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración. Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración. Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB. Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc. -Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora. -Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo. -Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 Cy poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C
Equipo	-Cámara Incubadora y equipo de filtración	
	Materiales y	-Membranas de filtro 0.47 -Medio de cultivo Lauryl Sulfato

COLIFORMES FECALES	Reactivos	-Cajas Petri, limpiadores, alcohol antiséptico 700Gl, pinza, termómetro, cronómetro, metanol, pads adsorbentes, reverbero, muestra de agua, medidor de medio de cultivo, tubo de grasa lubricante, esferográfico y lente de aumento
	Procedimiento	<p>- Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo</p> <p>-Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con MLSB. Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base</p> <p>-Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva. Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml. Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana. Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración..Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración. Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB. Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc. Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p> <p>Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.</p> <p>Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 Cy poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C</p>

Fuente: MÉTODO HACH 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización “Chaquishca”

JP QUIMICA S.C.C.

Vía Amaguaña, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolquí

PAC - P25A

BOLETIN TECNICO PAC -P25A

BENEFICIOS:

- Policloruro de Aluminio utilizado para clarificar agua, para consumo.
- Es totalmente soluble en agua. No ocasiona taponamientos, ni incrustaciones.
- Reemplaza el uso de alumbre y otros coagulantes inorgánicos.
- Efectivo en aguas con alta y baja turbidez.
- Resistente al cloro, puede usarse en sistema con pre-cloración, sin reducción en su actividad.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 8,5 – 12.0

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua de alta y baja turbidez con PH alcalino.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación.
- Trabaja con el uso adicional de un floculante orgánico para dar peso suficiente al floculo formado por la aglomeración de varios coloides para asentarse con la rapidez deseada.

CARACTERÍSTICAS:

Apariencia:	Líquido ligeramente marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.24 ± 0.01
PH puro:	Menor a 1
% Al ₂ O ₃ :	12.0 – 18.0

DOSIS:

La dosis del PAC – P25A en general está en función de la turbidez y pH del agua, pudiendo variar entre 20 a 350 ppm en la potabilización de agua; para determinar la dosis óptima se requiere aplicar el Producto diluido hasta que el agua se encuentre en un rango entre: 6,8 a 6,5 observando el punto de mejor clarificación por el tamaño y peso del floculo. **Se debe evitar la sobredosificación** porque el exceso de químico en el agua genera lodo muy liviano y el pH baja rápidamente, lo que puede producir agua muy ácida si no existe adecuado control.

APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución dependiendo de las dosis y el Caudal a tratar.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador y en agua pre-clorada.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- Fabricante: Arch Chemicals, Inc.
- Nombre Químico: Hipoclorito de calcio al 68%
- Fórmula Química: $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Numero CAS: 7778-54-3
- Propiedades Físicas y Químicas

Parámetro	Especificaciones
Apariencia	Blanco, polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad en agua	18% a 25°C
Humedad	< 16%
pH	10.4 - 10.8 (solución al 1% en agua destilada neutral a 25°C)
Densidad	0.8 g/cc (Granular) 1.9 g/cc (Tabletas)

- Composición

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 – 80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de Calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 – 5%	1.4%
Cloruro de Calcio, CaCl_2	0 – 5%	0.5%
Carbonato de Calcio, CaCO_3	0 – 5%	2.3%
Hidróxido de Calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0 – 4%	1.64%
Agua	5.5 – 8.5	
Insolubles	<5% w/w	

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



Parámetro	Arch Product
Arsénico (As)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Cromo (Cr)	< 8 mg/kg
Hierro (Fe)	< 300 mg/kg
Manganeso (Mn)	< 10 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Níquel (Ni)	< 8 mg/kg
Plomo (Pb)	< 1 mg/kg
Antimonio (Sb)	< 2 mg/kg
Selenio (Se)	< 2 mg/kg
Ion Bromato (BrO ₃ ⁻)	< 121 mg/Kg
Ion Clorato (ClO ₃ ⁻)	< 21.1 g/Kg

• Precauciones Para El Manejo, Transporte Y Almacenaje Seguro Del Producto

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejem., otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monomaniaco), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. **NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 Grados C. (125 Grados F.)** Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

• Primeros Auxilios

- EN CASO DE INHALACIÓN: Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Qútese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quíteselos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- Ingestión: EN CASO DE INGESTION: Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.
- Notas para el médico: El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

• Preparación de Soluciones de Cloro

Las soluciones de HTH® Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH® Cloro Seco al agua. Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel o ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados.

Cloro Disponible	Volumen de Agua en Litros										
	100	180	300	400	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000
PPM	Gramos de HTH Cloro Seco Requeridos										
0.5	0.08	0.14	0.23	0.31	0.38	0.77	1.54	2.31	3.08	3.85	0.77
1	0.15	0.28	0.46	0.62	0.77	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	1.54
5	0.77	1.38	2.31	3.08	3.85	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	7.69
10	1.54	2.77	4.62	6.15	7.69	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	15.4
15	2.31	4.15	6.92	9.23	11.54	23.08	46.15	69.23	92.31	115.4	23.1
20	3.08	5.54	9.23	12.31	15.38	30.77	61.54	92.31	123.1	153.8	30.8
25	3.85	6.92	11.54	15.38	19.23	38.46	76.92	115.4	153.8	192.3	38.5
30	4.62	8.31	13.85	18.46	23.08	46.15	92.31	138.5	184.6	230.8	46.2
40	6.15	11.08	18.46	24.62	30.77	61.54	123.1	184.6	246.2	307.7	61.5
50	7.69	13.85	23.08	30.77	38.46	76.92	153.8	230.8	307.7	384.6	76.9
60	9.23	16.62	27.69	36.92	46.15	92.31	184.6	276.9	369.2	461.5	92.3
70	10.77	19.38	32.31	43.08	53.85	107.7	215.4	323.1	430.8	538.5	108
80	12.31	22.15	36.92	49.23	61.54	123.1	246.2	369.2	492.3	615.4	123
90	13.85	24.92	41.54	55.38	69.23	138.5	276.9	415.4	553.8	692.3	138
100	15.38	27.69	46.15	61.54	76.92	153.8	307.7	461.5	615.4	769.2	154

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio

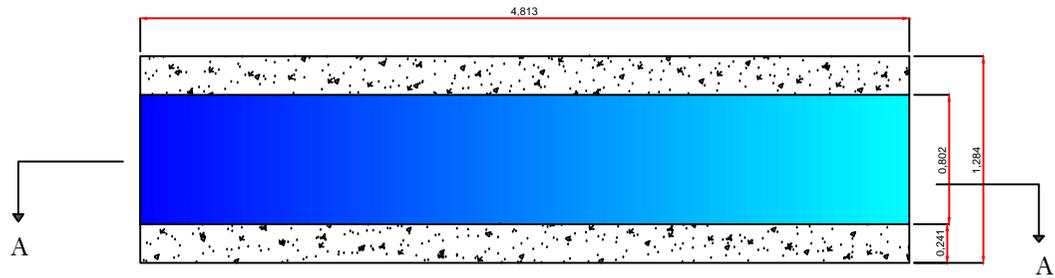


- País de Origen: El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.
- Presentaciones
 - HTH Granular tambores de 45 Kgs.
 - HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
 - Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
 - Peso: 6.4 – 7.0 gramos
 - CCH Tableta de 3" cubetas de 50 lbs.
 - Inhibidor (% en peso): 0.5% mínimo
 - Peso: Aproximadamente 300 gramos
 - Diámetro: Aproximadamente 3.0 pulgadas
 - Altura: 1.35 – 1.45 pulgadas
- Regulatorio:
 - EPA No. 1258-1179
 - NSF Standard 60, Drinking Water Additives
 - Cumple con AWWA Standard B300
 - Cumple con NMX-AA-124-SCFI-2006
 - UN2880 para HTH Granular y CCH Tableta de 3"
 - UN1748 para HTH Briquettes

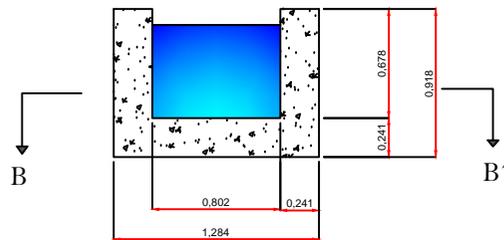
Cloruro de Calcio	65-70%	68%
Cloruro de sodio NaCl	30-35%	17%
Cloruro de Calcio, CaCl ₂	0-5%	1.4%
Cloruro de Calcio, CaCl ₂	0-5%	0.5%
Cloruro de Calcio, CaCl ₂	0-5%	1.0%
Hidróxido de Calcio, Ca(OH) ₂	0-4%	1.0%
Agua	1.5-4.5%	
Inhibidor	0.5-1.5%	

CANAL DE ENTRADA

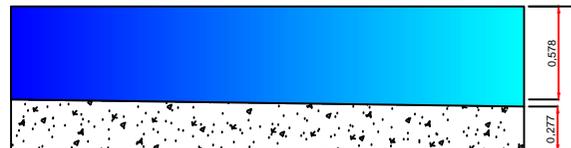
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"

CONTIENE: CANAL DE ENTRADA, VISTA PLANTA Y CORTES

ELABORADO POR:
JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI

REVISADO POR:
ING. MARIA FERNANDA RIVERA
ING. MONICA ANDRADE

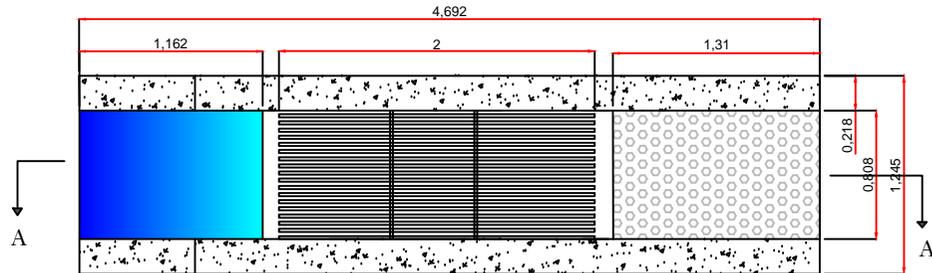
ESCALA: 1:300

FECHA: 26-08-2016

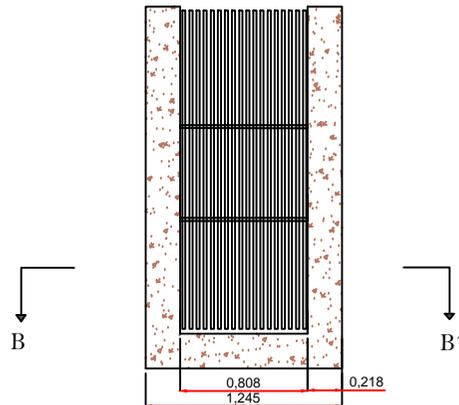
LAMINA: 02/12

REJILLAS

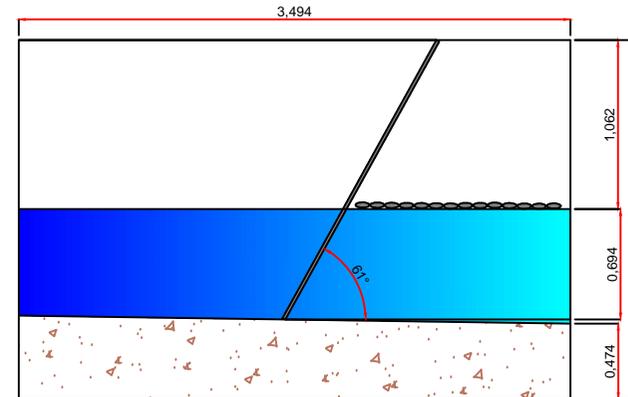
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"

CONTIENE: REJILLAS, VISTA PLANTA Y CORTES

ELABORADO POR:
JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI

REVISADO POR:
ING. MARIA FERNANDA RIVERA
ING. MONICA ANDRADE

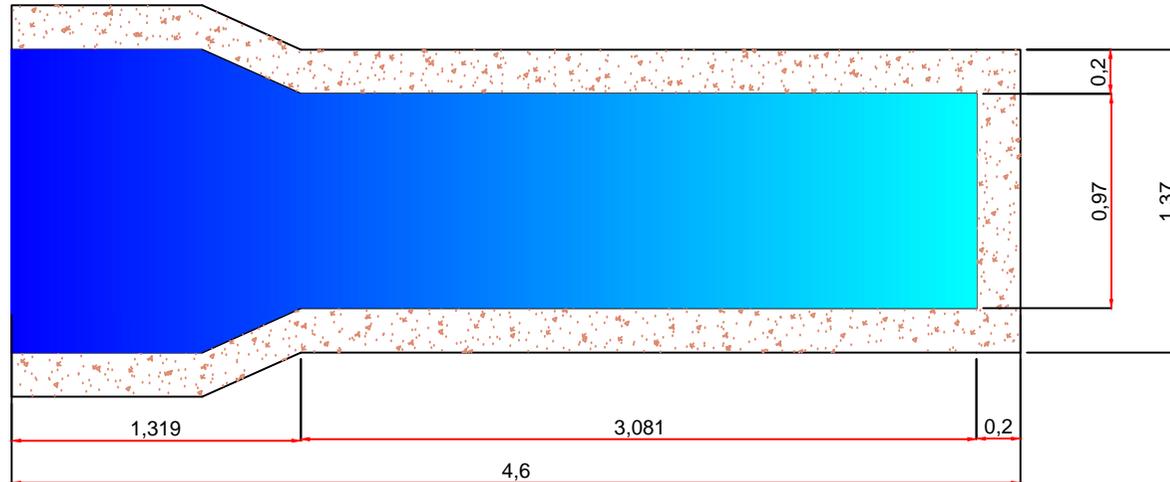
ESCALA: 1:300

FECHA: 26-08-2016

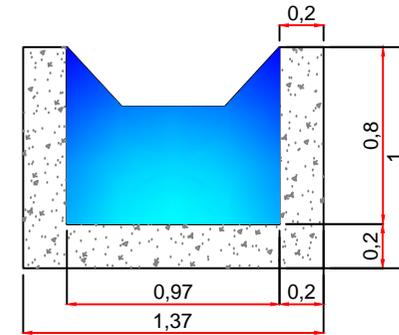
LAMINA: 01/12

VERTEDERO RECTANGULAR

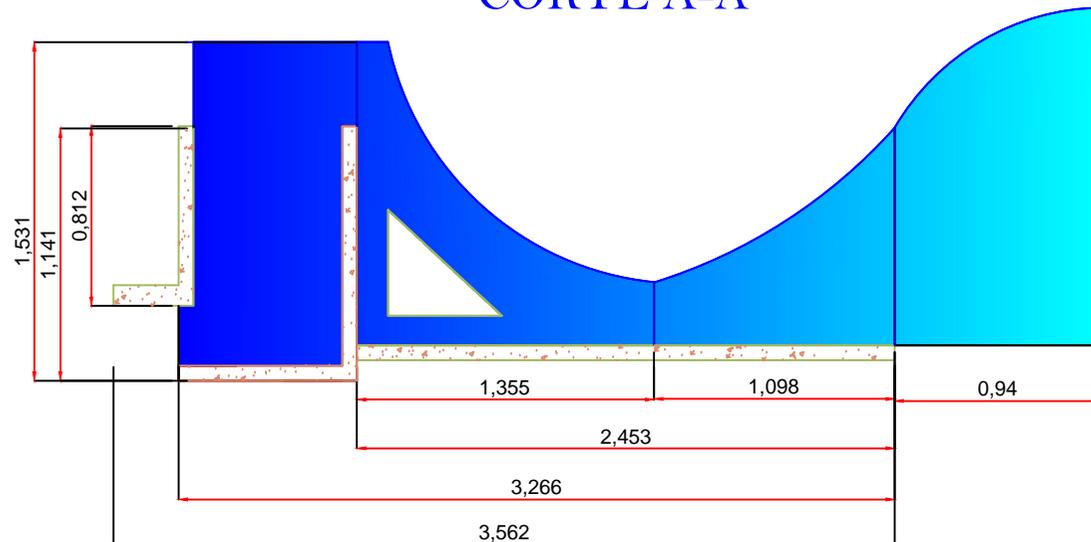
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"

CONTIENE: VERTEDERO RECTANGULAR, VISTA PLANTA Y CORTES

ELABORADO POR:
JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI

REVISADO POR:
ING. MARIA FERNANDA RIVERA
ING. MONICA ANDRADE

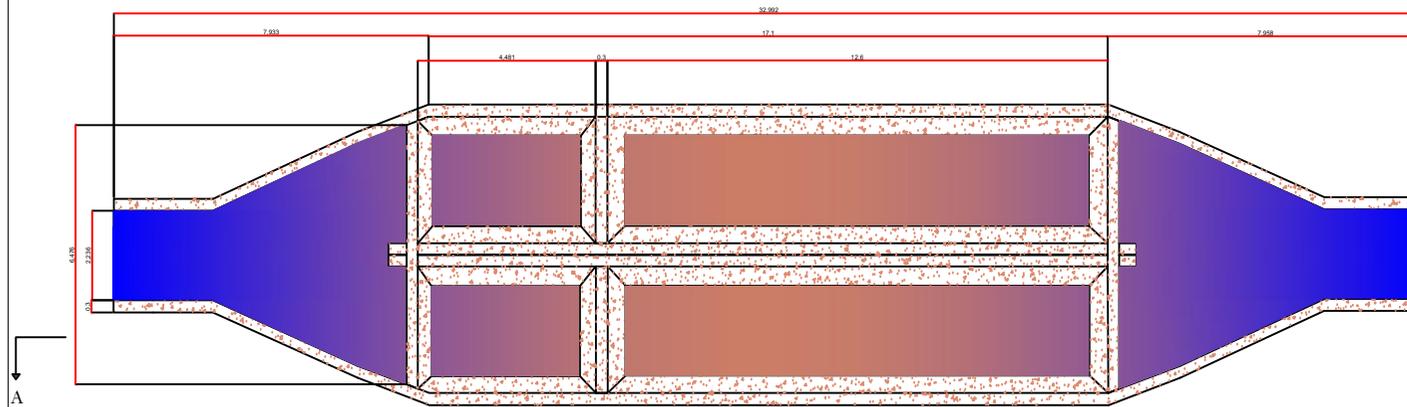
ESCALA: 1:500

FECHA: 26-08-2016

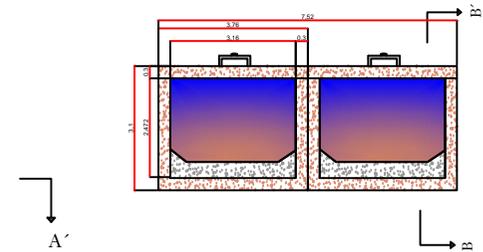
LAMINA: 03/12

DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL

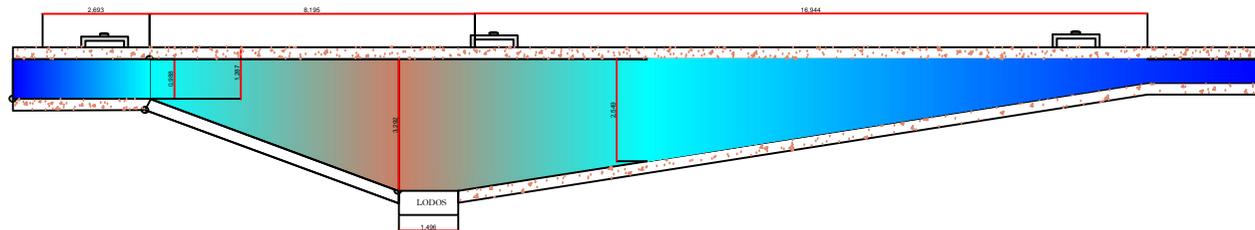
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



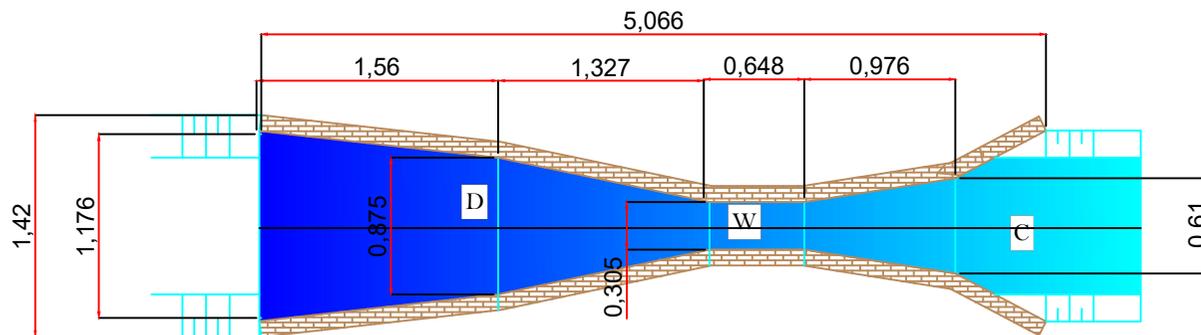
CORTE A-A'



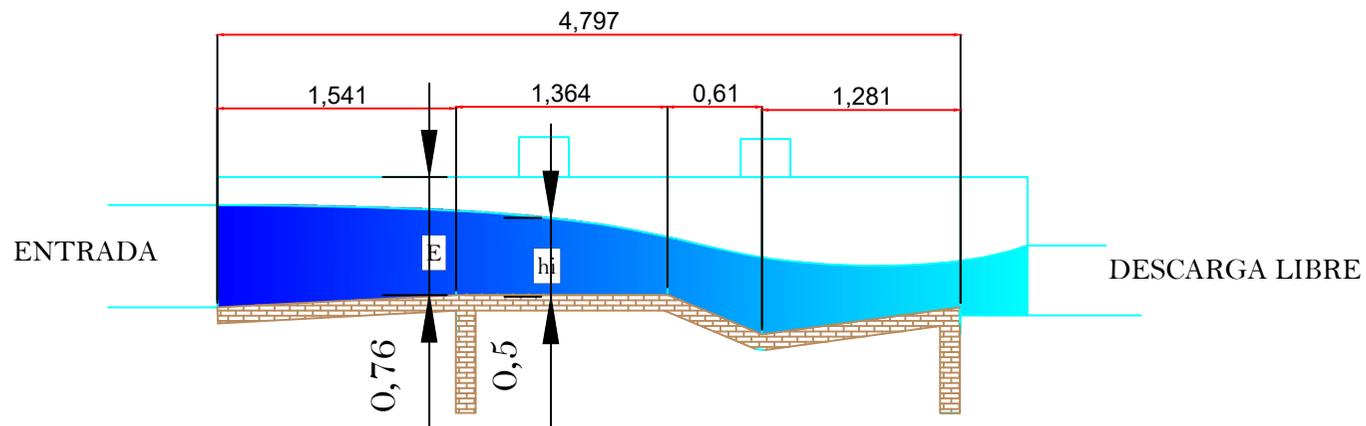
		"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"	
CONTIENE: DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL, VISTA PLANTA Y CORTES			
ELABORADO POR: JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI		REVISADO POR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE	
ESCALA: 1:300	FECHA: 27-08-2016	LAMINA: 04/12	

CANAL PARSHALL

VISTA PLANTA



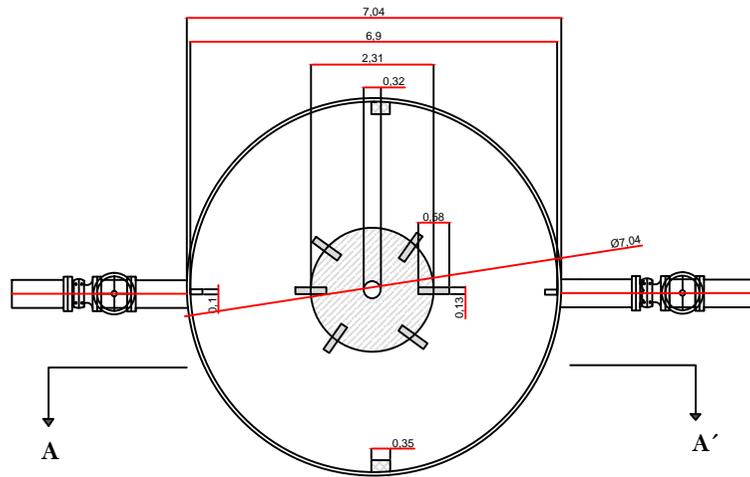
CORTE A-A'



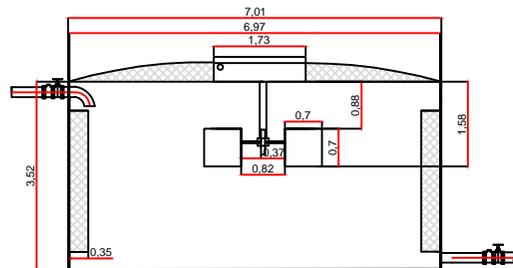
		<small>"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARRROQUIA SIMIATUXI DEL CANTON GUARANDA, PROVINCIA DE BOLIVAR"</small>	
<small>CONTIENE: CANAL PARSHALL, VISTA PLANTA Y CORTES</small>			
<small>ELABORADO POR JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI</small>		<small>REVISADO POR ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE</small>	
<small>ESCALA: 1:300</small>	<small>FECHA: 27-08-2016</small>	<small>LAMINA: 05/12</small>	

TANQUE DE MEZCLA LENTA

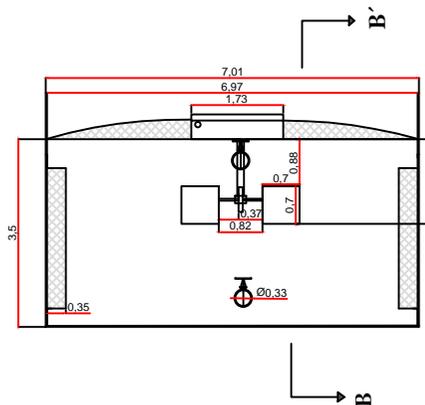
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



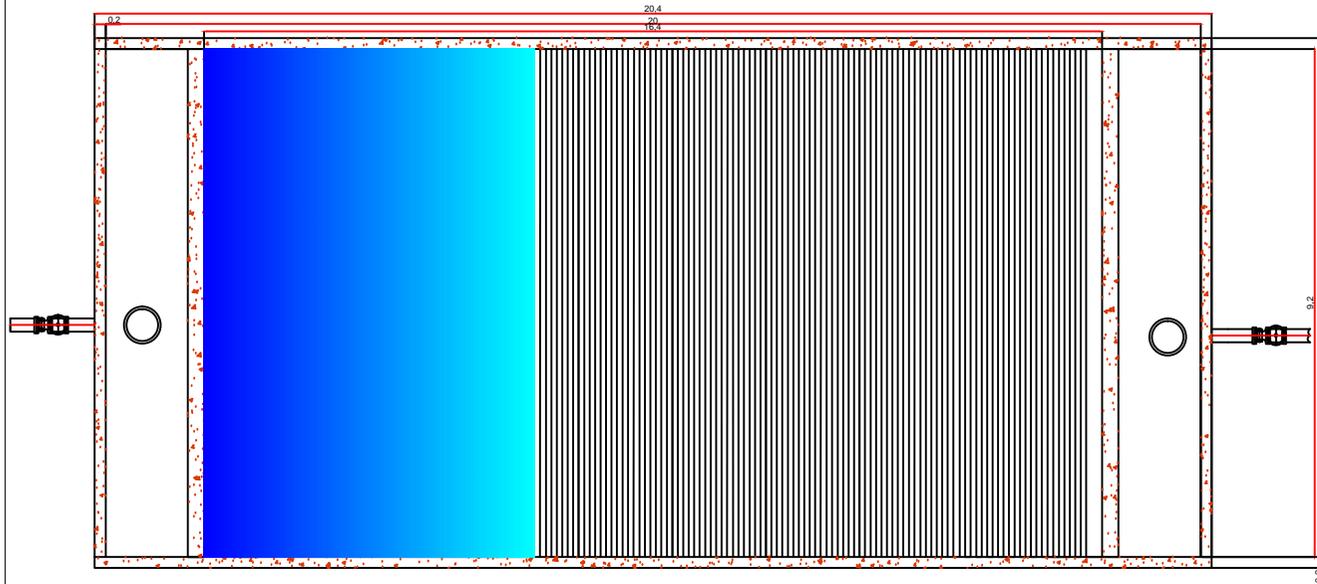
CORTE B-B'



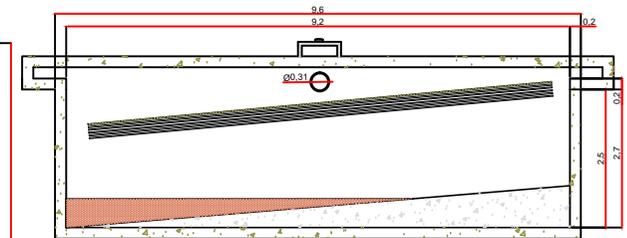
		"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"	
CONTIENE: TANQUE DE MEZCLA LENTA, VISTA PLANTA Y CORTES			
ELABORADO POR: JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI		REVISADO POR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE	
ESCALA: 1:300	FECHA: 28-08-2016	LAMINA: 06/12	

SEDIMENTADOR DE TASA ALTA

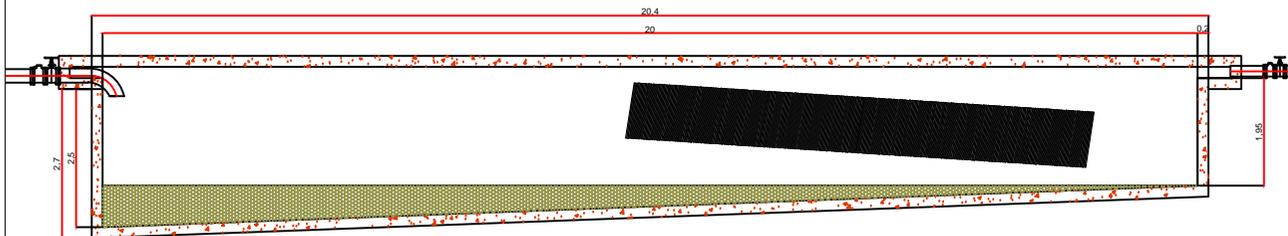
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



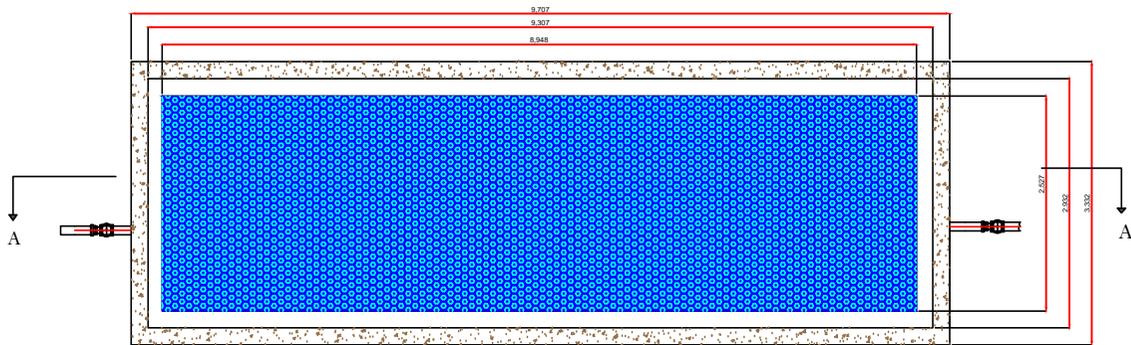
CORTE A-A'



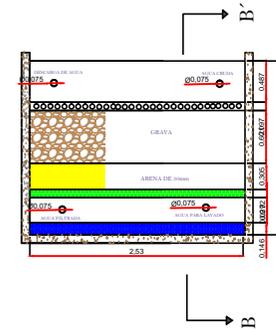
	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"	
CONTIENE: SEDIMENTADOR DE TASA ALTA, VISTA PLANTA Y CORTES		
ELABORADO POR: JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI	REVISADO POR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE	
ESCALA: 1:300	FECHA: 28-08-2016	LAMINA: 07/12

FILTRO LENTO O BIOLÓGICO

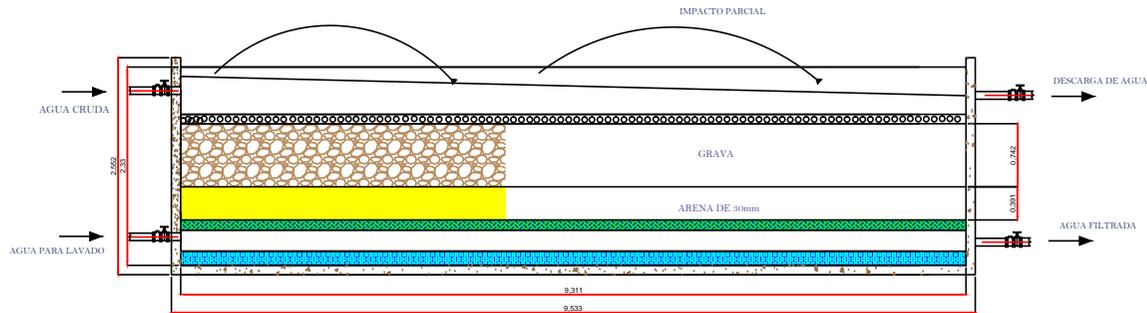
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"

CONTIENE: FILTRO LENTO, VISTA PLANTA Y CORTES

ELABORADO POR:
JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI

REVISADO POR:
ING. MARIA FERNANDA RIVERA
ING. MONICA ANDRADE

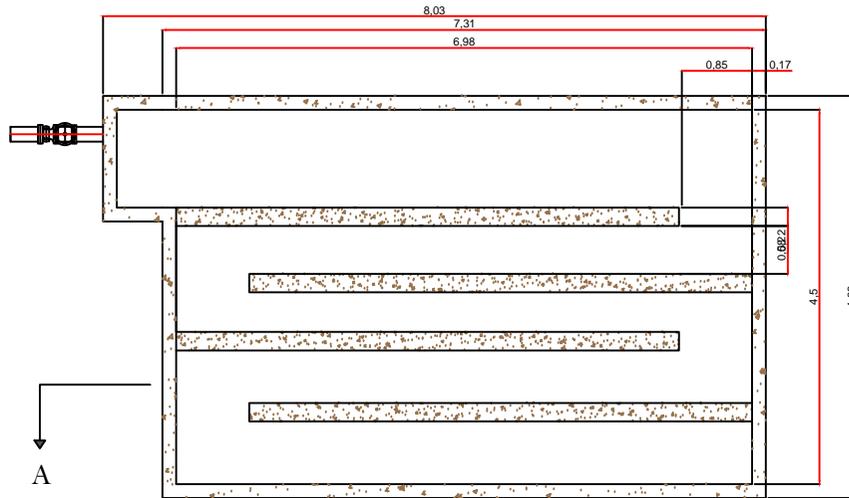
ESCALA: 1:300

FECHA: 29-08-2016

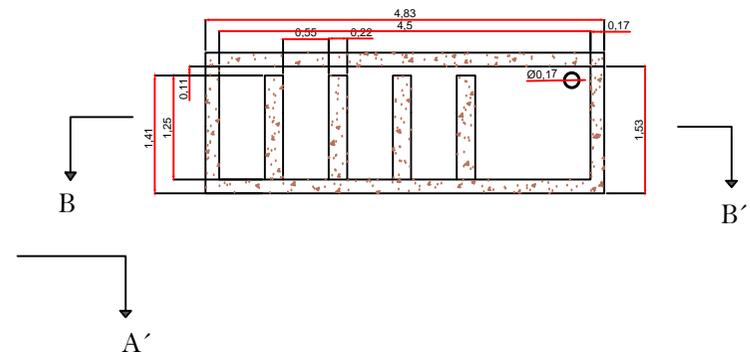
LAMINA: 08/12

DESINFECCIÓN

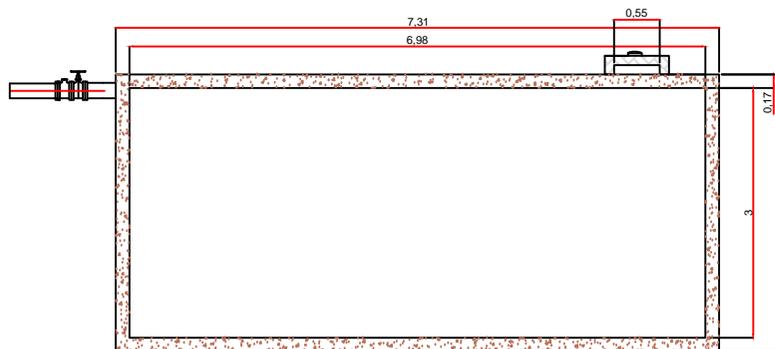
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

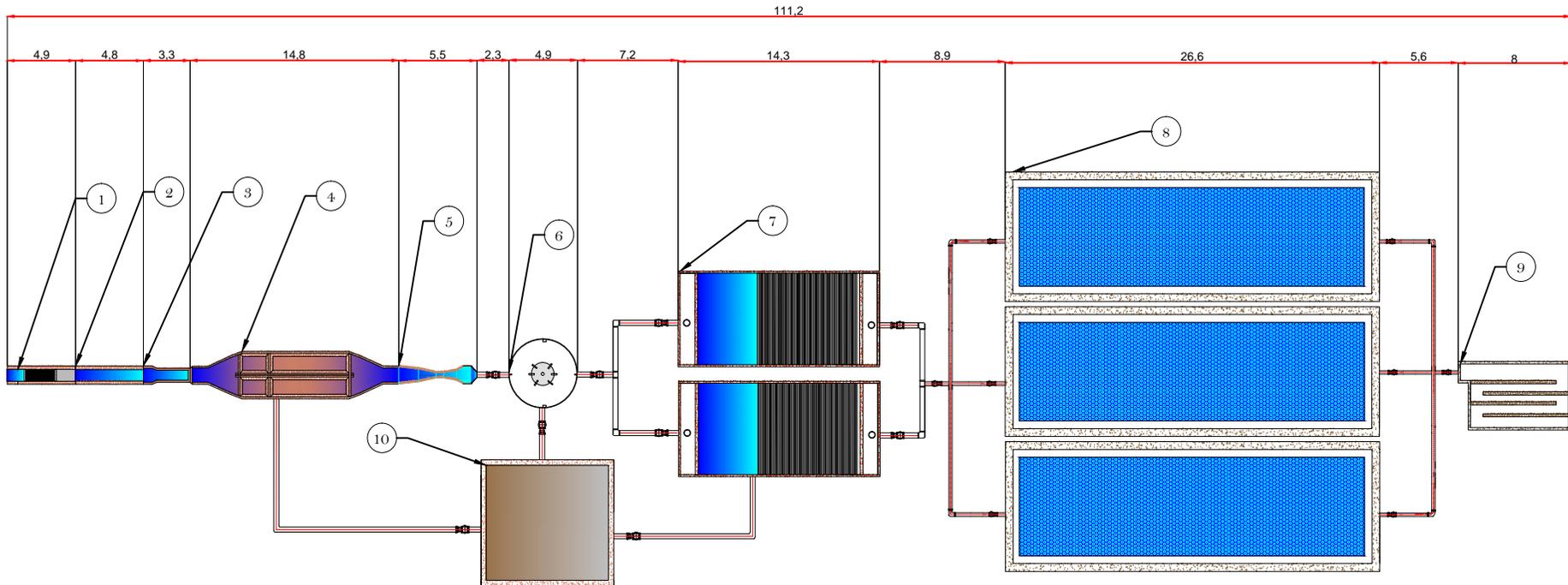


CORTE A-A'



		"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMIATUG DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"	
CONTIENE: TANQUE DE DESINFECCIÓN, VISTA PLANTA Y CORTES			
ELABORADO POR: JHON MAURICIO SALAZAR LUISATAXI		REVISADO POR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE	
ESCALA: 1:300	FECHA: 27-08-2016	LAMINA: 09/12	

VISTA PLANTA CORTE A-Á

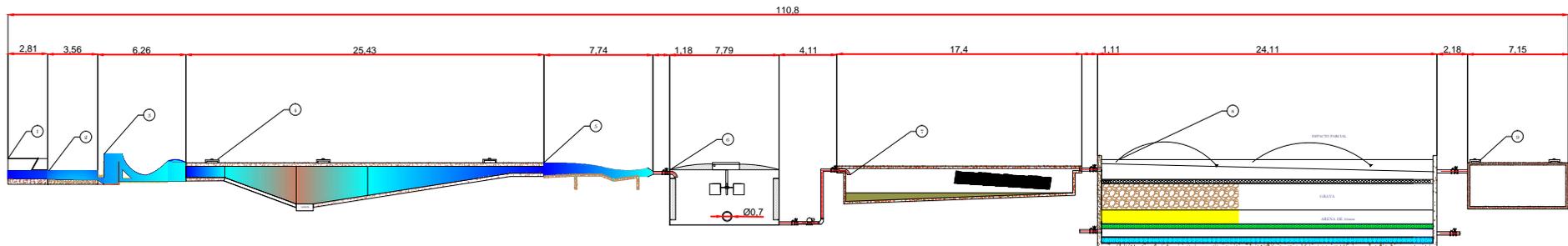


N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	REJILLAS
2	1	CANAL DE LLEGADA
3	1	VERTEDERO RECTANGULAR
4	1	DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL
5	1	CANAL PARSHALL
6	1	TANQUE DE MEZCLA LENTA
7	2	SEDIMENTADOR DE TASA ALTA
8	3	FILTRO LENTO
9	1	DESINFECCION
10	1	LECHO DE SECADO

	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SOMATEU DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"
CONTIENE: VISTA PLANTA, VISTA PLANTA Y CORTES	
ELABORADO POR: JHON MAURICIO SALAZAR LUISYAXI	REVISADO POR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE
ESCALA: 1:200	FECHA: 26/06/2016
LAMINA: 11/12	

CORTE LONGITUDINAL

CORTE B-B'



N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	REJILLAS
2	1	CANAL DE LLEGADA
3	1	VERTEDERO RECTANGULAR
4	1	DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL
5	1	CANAL PARSHALL
6	1	TANQUE DE MEZCLA LENTA
7	2	SEDIMENTADOR DE TASA ALTA
8	3	FILTRO LENTO
9	1	DESINFECCION

		"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIMLATUGI DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR"	
CONTIENE: CORTE LONGITUDINAL, VISTA PLANTA Y CORTES			
ELABORADO POR: ING. MAURICIO SALAZAR LUISATAXI		REVISADO POR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA ING. MONICA ANDRADE	
ESCALA: 1:500	FECHA: 06-09-2016	LAMINA: 12/12	