



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN, CANTÓN
GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: SINDIA IRENE JAYA GUILCAPI

TUTOR: ING. SEGUNDO HUGO CALDERÓN

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

©2017, Sindia Irene Jaya Guilcapi

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

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

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente proyecto técnico de “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR**” de responsabilidad de la señorita Sindia Irene Jaya Guilcapi ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada así su presentación.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Ing. Hugo Calderón

.....

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Dr. Gerardo León

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

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

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

Riobamba, 06 de Diciembre del 2017

Sindia Irene Jaya Guilcapi

C.I: 060450555-2

“Yo, Sindia Irene Jaya Guilcapi, 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”

SINDIA IRENE JAYA GUILCAPI

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico a Dios, por guiarme y darme la fortaleza en cada paso de la vida, enseñándome que su amor es incondicional y que con él todo es posible.

De la misma manera dedico este trabajo a mis PADRES, pilares fundamentales en mi vida, por ser el ejemplo a seguir ,guiándome por el camino del bien para ser una excelente persona y profesional , mi madre que nunca me ha abandonado , siempre me ha protegido y brindado todo su amor , admiro su lucha insaciable para llevar adelante a la familia .

Sindia Jaya

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por darme la fuerza de culminar una etapa más en mi vida.

En segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE Santiago Jaya, que siempre lo he sentido presente en mi corazón aunque por cosas del destino tubo que alejarse de la familia y emigrar a otro país.

A mi MADRE María Guilcapi, que supo brindarme la mejor vida y enseñanzas para no desfallecer ante los obstáculos que nos pone la vida, por su apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y sus consejos que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

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

A mi director de tesis quién nos ayudó en todo momento, Ing. Hugo Calderón y al Dr. Gerardo León por toda la colaboración, paciencia y amistad brindada, para la culminación de este trabajo.

Por ultimo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haber brindado la oportunidad de estudiar en esta Institución y así poder ser una excelente profesional.

Sindia Jaya

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii

CAPITULO I

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>1.3.2 Tipo de estudio.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.3 Métodos y Técnicas.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.3.1 Métodos.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.3.2 Técnicas</i>	<i>4</i>
<i>1.3.4 Determinación del caudal.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.5 Método de Muestreo</i>	<i>5</i>
<i>1.3.5.1 Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.5.2 Parámetros analizados</i>	<i>6</i>
<i>1.3.6 Pruebas de tratabilidad.....</i>	<i>8</i>
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	10
<i>1.4.1 Directos.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.2. Indirectos</i>	<i>10</i>

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
2.1 Objetivo General	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO	12
3.1 Localización del proyecto.....	12
<i>3.1.1 Localización Geográfica.....</i>	<i>12</i>
<i>3.1.2 Clima del Zona</i>	<i>13</i>

3.1.3	<i>Características geomorfológicas de la zona</i>	13
3.1.4	<i>Hidrología</i>	13
3.2	Ingeniería del proyecto	14
3.2.1	<i>Aguas residuales</i>	14
3.2.1.1	<i>Composición</i>	15
3.2.1.2	<i>Caracterización de aguas residuales</i>	15
3.2.1.3	<i>Indicadores de contaminación orgánica</i>	16
3.2.1.4	<i>Caudal de las Aguas Residuales</i>	17
3.2.1.5	<i>Medición de Caudal de las Aguas Residuales</i>	17
3.2.1.6	<i>Muestreo de Aguas Residuales</i>	18
3.2.1.6.1	<i>Clasificación de las Muestras</i>	18
3.2.1.7	<i>Clasificación de las Aguas Residuales</i>	18
3.2.2	<i>Tratamiento de Aguas Residuales</i>	19
3.2.2.1	<i>Etapas del tratamiento de Aguas Residuales</i>	19
3.2.3	<i>Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales</i>	20
3.2.3.1	<i>Cálculo de la población futura</i>	20
3.2.3.2	<i>Cálculo de la dotación del agua consumida a partir de la medición del caudal</i>	21
3.2.3.3	<i>Cálculos del caudal</i>	21
3.2.3.4	<i>Sistema de rejillas</i>	24
3.2.3.5	<i>Canal de entrada</i>	29
3.2.3.6	<i>Sedimentador</i>	33
3.2.3.7	<i>Canal Parshall</i>	43
3.2.3.8	<i>Tanque mezclador</i>	54
3.2.3.9	<i>Filtro lento de arena FLA</i>	63
3.2.3.10	<i>Lecho de secado</i>	72
3.2.3.11	<i>Resultados</i>	76
3.2.3.12	<i>Análisis del agua residual tratada</i>	81
3.3	DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL	82
3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	83
3.4.1	<i>Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales</i>	83
3.4.2	<i>Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico y microbiológico del agua residual</i>	83
3.5	Análisis de Costo/beneficio del proyecto	87
3.6	Porcentaje de remoción	89
3.6.1	<i>Parámetros físico-químicos y bacteriológicos fuera de Norma</i>	89

3.6.1.1	<i>Parámetros Físicos</i>	89
3.6.1.2	<i>Parámetros Químicos</i>	91
3.6.1.3	<i>Parámetros Microbiológicos</i>	93
3.7	<i>Análisis</i>	94
3.8	<i>Cronograma del proyecto</i>	96

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
H	Altura
B	Ancho
Pa	Población actual
Pf	Población futura
Dc	Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal
Q_p	Caudal punta
Q_{md}	Caudal medio diario
Q_{servida}	Caudal servido
h_c	Altura del tirante de construcción
h_r	Altura de la caja de revisión
L_{bs}	Longitud de barras
N_{bs}	Número de barras
H_c	Perdida de carga
H_T	Altura total
v	Velocidad de flujo
v_p	Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
L_t	Longitud de transición
L_p	Longitud recorrida a través de la placa
H_m	Altura del agua en la sección de medición
E_{hd}	Carga hidráulica disponible
F_r	Numero de Froude
T_R	Tiempo de mezcla en el resalto
D_T	Diámetro de la turbina
P_{AR}	Potencia aplicada del agua residual
N_R	Velocidad de rotación
q_i	Anchura de las paletas del impulsor
D_s	Diámetro del disco central
Conc_{PAC}	Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras
C	Carga en función de la contribución per cápita
K₁	Constante para el caudal medio diario

DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
ρ	Densidad
D_c	Diámetro de la cámara de mezcla
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
L_f	Longitud de la unidad
D_l	Diámetro de los orificios laterales
S_{el}	Separación entre laterales
e	Espesor
FLA	Filtro lento de arena
G	Gradiente de velocidad
C_s	Carga de solidos
g	Gravedad
N_f	Número de filtros
Re	Número de Reynolds
RH	Radio hidráulico
SS	Sólidos en suspensión
TULSMA	Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente
Trh	Tiempo de retención
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
D_{HTH}	Cantidad de HTH al día
T_D	Tiempo de digestión
H_a	Profundidad de aplicación

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Ubicación geográfica de la Parroquia San Simón	12
Figura 2-3: Red hidrográfica de la Parroquia San Simón	14
Figura 3-3: Formas de las barras de rejillas.....	27
Figura 4-3: Dimensiones de las rejillas	28
Figura 5-3: Dimensiones del canal de entrada.....	32
Figura 6-3: Dimensiones del sedimentador.....	42
Figura 7-3: Dimensiones del canal Parshall	53
Figura 8-3: Dimensiones del tanque mezclador	60
Figura 9-3: Dimensiones del filtro lento de Arena y Grava.....	71
Figura 10-3: Dimensiones del Lecho de Secado	75
Figura 11-3: Sistema de Tratamiento	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Caudal promedio del agua residual de los meses Octubre y Noviembre	5
Tabla 2-1	Toma y recolección de muestras mes de Octubre y Noviembre	6
Tabla 3-1	Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual promedio de San Simón – Octubre y Noviembre	7
Tabla 4-1	Índice de biodegradabilidad -Muestra Compuesta Octubre y Noviembre	8
Tabla 5-1	Tratabilidad con pruebas de Jarras- Octubre y Noviembre	9
Tabla 6-1	Turbidez en función de la dosis de Policloruro de Aluminio (PAC)	9
Tabla 1-3	Tabla Características Geográficas de San Simón	12
Tabla 2-3	Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual	15
Tabla 3-3	Relación entre parámetros DBO ₅ y DQO	16
Tabla 4-3	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica.....	24
Tabla 5-3	Parámetros de Diseño de Rejillas	25
Tabla 6-3	Coefficiente de pérdida para rejillas	27
Tabla 7-3	Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos.....	29
Tabla 8-3	Coefficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento	30
Tabla 9-3	Condiciones para determinar el borde libre de un canal	32
Tabla 10-3	Criterios para el diseño de sedimentador de alta tasa	33
Tabla 11-3	Condiciones para el diseño del vertedero rectangular	33
Tabla 12-3	Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas	35
Tabla 13-3	Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal	43
Tabla 14-3	Valores de K y n, según el tamaño de W	44
Tabla 15-3	Dimensiones estandarizadas de la canaleta Parshal	45
Tabla 16-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina	54
Tabla 17-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina	54
Tabla 18-3	Número de potencia para diferente tipo de impulsores.....	58
Tabla 19-3	Condiciones para el diseño del Filtro lento de Arena	63
Tabla 20-3	Condiciones para el diseño del Filtro lento de Arena	67
Tabla 21-3	Tiempo requerido para digestión del lodo	72
Tabla 22-3	Determinación caudal punta	76
Tabla 23-3	Dimensionamiento del sistema de rejillas	76
Tabla 24-3	Dimensionamiento de un canal de entrada	77
Tabla 25-3	Dimensionamiento de un tanque sedimentador	77
Tabla 26-3	Dimensionamiento de un canal Parshall.....	78
Tabla 27-3	Dimensionamiento del mezclador lento mecánico de turbina	79
Tabla 28-3	Dosificación de productos químicos.....	79
Tabla 29-3	Dimensionamiento de filtro lento de arena.....	80
Tabla 30-3	Dimensionamiento del lecho de secado.....	80
Tabla 31-1	Resultados promedios del agua residual y tratada -San Simón Octubre y Noviembre	81
Tabla 32-3	Materiales de muestreo y recolección de información.....	83
Tabla 33-3	Materiales y equipos para medición del caudal	83
Tabla 34-3	Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual	84
Tabla 35-3	Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual ..	84

Tabla 36-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual	85
Tabla 37-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua	85
Tabla 38-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua	86
Tabla 39-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua.....	87
Tabla 40-3 Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales	87
Tabla 41-3 Determinación de los costos de dosificación	89
Tabla 42-3 Determinación del % de remoción promedio de la muestra compuesta-Octubre y Noviembre.....	89
Tabla 43-3 Caracterización físico del color agua residual y tratada.....	90
Tabla 44-3 Caracterización físico de la turbiedad agua residual y tratada	90
Tabla 45-3 Caracterización química de los sólidos suspendidos totales agua residual y tratada	91
Tabla 46-3 Caracterización química del nitrógeno total agua residual y tratada.....	91
Tabla 47-3 Caracterización química del bario agua residual y tratada.....	92
Tabla 48-3 Caracterización química de la DBO ₅ agua residual y tratada	92
Tabla 49-3 Caracterización química de la DQO agua residual y tratada	93
Tabla 50-3 Caracterización bacteriológica de coliformes fecales agua residual y tratada	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Variación de la turbidez en función de la dosis de PAC.....	10
Gráfico 2-3. Disminución de concentración del color	90
Gráfico 3-3. Disminución de concentración de la turbiedad	90
Gráfico 4-3. Disminución de concentración de los sólidos suspendidos totales	91
Gráfico 5-3. Disminución de concentración del nitrógeno total	91
Gráfico 6-3. Disminución de concentración del bario	92
Gráfico 7-3. Disminución de concentración de la DBO ₅	92
Gráfico 8-3. Disminución de concentración de la DQO	93
Gráfico 9-3. Disminución de concentración de coliformes fecales	93

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Simón del cantón Guaranda, provincia de Bolívar, para cumplir con la normativa vigente ambiental y así obtener agua tratada de calidad, minimizando las concentraciones de los parámetros dentro de los límites permisibles establecidos en la Norma del TULSMA, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, es por ello que se optó por realizar 2 muestras compuestas comprendidas de muestras simples por dos meses; mediante la caracterización físico, químico y microbiológica se pudo identificar los siguientes parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles: Color, Turbiedad, Sólidos Suspendedos Totales, Nitrógeno total, Bario, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno y Coliformes Fecales. Se realizó pruebas de tratabilidad por el método de test de jarra con Policloruro de aluminio (PAC) y auxiliar Chemfloc. Al identificar las variables de diseño, se determinó que el sistema de tratamiento de aguas residuales constara de seis equipos: Canal de entrada, Sistema de rejillas, Sedimentador de alta tasa, Canal Parshall, Tanque mezclador, Filtro lento de arena y grava y un Lecho de secado. El diseño propuesto fue validado con los resultados de la caracterización final del agua residual y los porcentajes promedio de remoción de los parámetros: Color 97.27%, Turbiedad 99.46%, Sólidos suspendidos totales 86.91%, Nitrógeno total 79.22%, Bario 79.98%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 92.71%, Demanda Química de Oxígeno 98.61% y más del 99% de Coliformes fecales. Se recomienda ejecutar el sistema de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación del Río Guaranda y mejorar la calidad de vida de los habitantes de dicho sector.

PALABRAS CLAVES: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA (TULSMA)>, <AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA>, <MÉTODO TEST DE JARRA >, <FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA>.<SAN SIMÓN (PARROQUIA)>, <GUARANDA (CANTÓN)>

SUMMARY

A System of wastewater treatment was designed for San Simón, a political-territorial division belonging to Guaranda canton located in Bolívar province. The purpose of this treatment system was to comply the current environmental regulations and thus to obtain quality treated water by reducing the concentrations of the parameters to the permissible limits established in the norm TULSMA, Ministerial Agreement 097 A of July 30, 2015, Table 9, Limits to a body of fresh water. This criteria; was the basis to develop two composite samples comprised of simple samples for two months. By means of the physical, chemical and microbiological characterization, it was possible to determine these parameters outside the permissible limits: colour, turbidity, total suspended solids, total nitrogen, barium, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand and faecal coliforms. Treatability tests were conducted by the test method of jar with Aluminum Polychloride (PAC) and the Chemfloc auxiliary. When identifying the design variables, it was determined that the wastewater treatment system was comprised by six equipment: inlet channel, grid system, high rate settler, Parshall flume, mixer tank, slow sand and gravel filter, and a bed of drying. The proposed design was validated with the outcomes coming from the final characterization of the residual water and the average percentages of removal of the parameters: colour 97.27%, turbidity 99.46%, total suspended solids 86.91%, total nitrogen 79.22 %, Barium 79.98%, biochemical oxygen demand 92.71%, chemical oxygen demand 98.61%, and more than 99% of faecal coliforms. Implementing this system of wastewater treatment is recommended to avoid contamination of the Guaranda River, and improve the life quality of the inhabitants surrounding it.

KEYWORDS:

<CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <WASTEWATER TREATMENT SYSTEM>, <UNIFIED TEXT OF SECONDARY LEGISLATION (TULSMA)>, <DOMESTIC RESIDUAL WATER> <METHOD OF JAR TEST >, <SLOW SAND AND GRAVEL FILTER >, <SAN SIMON (political-territorial division)>, <GUARANDA (CANTON)>

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

La problemática de la Parroquia San Simón, se debe que actualmente no posee un sistema de tratamiento de agua residual que se genera en el sector, lo cual afecta a todos sus habitantes ya que está alterando la calidad de vida que tiene cada uno de ellos. Hoy en día esta parroquia cuenta con un solo tipo de alcantarillado que es el combinado, este tipo de alcantarillado consiste en una sola tubería corrugada de PVC de 200 mm donde se recogen las aguas de tipo sanitario y pluvial, es decir, recibe aguas domésticas y las provenientes de la lluvia.

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda - EP-EMAPAG a más de ser responsable de la administración, planificación, diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales es responsable de la conducción, regulación y disposición final del sistema de tratamiento y sus aplicaciones en posibles contaminantes que pudiera presentarse en el trayecto del cuerpo receptor, por lo que la EP-EMAPAG ve la necesidad de dar solución a estos problemas mediante la ejecución del presente proyecto.

1.2 Justificación del proyecto

En los últimos años ha aumentado la conciencia sobre la importancia ambiental, ya que todo el trabajo que realiza el hombre en sus diferentes actividades se ve relacionado con la utilización de los recursos naturales.

La Parroquia San Simón no tiene un sistema de tratamiento de agua residual que se genera en el sector, su disposición final tiene 5 km de descarga directa al Rio Guaranda y al norte existe acentuaciones humanas que utilizan esta agua para actividades agrícolas, circunstancias que hoy

en día son más severas que antes, por la disminución y contaminación del agua, para ello es donde se necesita aprovechar el agua obtenida de los sistema de tratamiento y no del agua que está en almacenamiento en las fuente hídricas, hoy los seres humanos tienen el derecho a vivir en un ambiente saludable de acuerdo a la Constitución Ecuatoriana Art. 14, del buen vivir.

Antes de ser descargadas a un cuerpo de agua dulce, el Ministerio de Ambiente del Ecuador exige el cuidado y tratamiento de aguas residuales, para ello se requiere del estudio técnico de un sistema de tratamiento y su posterior implementación y así mejorar las características en la disposición final.

Con la problemática antes descrita se justifica el “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR”, con el fin de mitigar el impacto ambiental que actualmente está generando la descarga de aguas sin un previo tratamiento, cumpliendo con los parámetros establecidos en la Norma del TULSMA, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, 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 ejecución de este proyecto técnico inicialmente se realizó levantamiento de información para lograr determinar variables que permitan realizar un cronograma para la toma de muestras y el aforo del caudal de las aguas residuales que se genera en esta parroquia. Al tener un sistema de alcantarillo combinado es decir donde se recogen las aguas sanitarias y pluviales, la determinación del caudal se determinó mediante aforamiento en intervalos de tiempo en la descarga final del efluente, de la misma manera para la toma de muestras del agua residual se recogió muestras simples diarias por mes para luego consolidarlas en una muestra compuesta permitiéndonos determinar la degradabilidad del agua en un periodo de tiempo, cabe mencionar que además se pudo observar que en lugares aledaños se tienen pozos de revisión donde sus lozas y tapas están deterioradas .

1.3.2 Tipo de estudio

El proyecto técnico está basado mediante un estudio analítico-descriptivo debido a que se da la recolección de datos, estableciendo el control de los factores de estudio ya sean estos experimentales y observacionales.

1.3.3 Métodos y Técnicas

1.3.3.1 Métodos

a) Método inductivo

Mediante el estudio de este método, las ideas particulares se las puede transformar en ideas generales. Este método, es aquél que constituye un principio general una vez realizado el estudio, análisis de hechos y fenómenos en particular.

Por medio del estudio de este método, se pudo conocer el porcentaje de contaminante presentes en el efluente, generadas en la Parroquia San Simón, por lo que nos permite obtener conclusiones claras y precisas para el desarrollo del proyecto. Para lo cual se realizara los respectivos análisis (físico-químico, y microbiológico) cualitativos y cuantitativos ejecutados en el laboratorio, obteniendo datos exactos para la elaboración del diseño del sistema.

b) Método deductivo

El método deductivo es aquél que parte de los datos generales aceptados como vigentes, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones. Por lo que se da a conocer que la descarga del agua residual de la parroquia San Simón, provoca una contaminación ambiental como viable solución es el sistema de tratamiento de aguas residuales.

c) Método experimental

Es un método que se basa en llegar a la verdad objetiva, mediante análisis ejecutados en el laboratorio con la utilización de equipos e instrumentos adecuados para demostrar la veracidad de los datos que se obtuvo en la toma de muestras y así poder diseñar el tratamiento óptimo para la purificación del agua residual de San Simón.

1.3.3.2 Técnicas

Es un conjunto de procedimientos peculiares con pautas a seguir, con el objeto de lograr resultados correctos y exactos. Para la investigación se basó en las normas y técnicas de caracterización físico –químico y microbiológica, que constan en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de control de calidad de la E.P – EMAPA-G, descritos en el Anexo G y Anexo H, establecidos en el (Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater) especificados en la última edición y el manual de Análisis de Agua, Métodos HACH.

1.3.4 Determinación del caudal

En la determinación del caudal se optó por el método volumétrico, motivo por lo que la parroquia de San Simón no tiene un flujo constante de caudal del agua residual para ello se procedió utilizando los siguientes pasos:

- Se realizó aforaciones volumétricas del agua residual en la descarga del efluente utilizando un balde graduado de 120 litros y un cronómetro determinando el periodo de llenado en un intervalo de tiempo.
- Las aforaciones se realizó los 7 días de la semana, donde se obtiene el mayor volumen de agua residual generada, teniendo en cuenta las horas picos tales como: 07H00 – 08H00, 13H00 – 14H00 y 16H00 – 17H00.
- El monitoreo se realizó durante los meses de octubre y noviembre para determinar el caudal.
- Se calculó el caudal punta a partir de las tabulaciones y consolidaciones, estableciendo el promedio del caudal más alto.

A continuación se muestran los datos obtenidos durante los dos meses de muestreo:

Tabla 1-1 Caudal promedio del agua residual de los meses Octubre y Noviembre

OCTUBRE								
HORARIO	LUNES (L/s)	MARTES (L/s)	MIERCOLES (L/s)	JUEVES (L/s)	VIERNES (L/s)	SABADO (L/s)	DOMINGO (L/s)	PROMEDIO (L/s)
07:00 a 08:00	16.02	12.18	12.34	8.14	15.63	14.04	16.13	13.49
13:00 a 14:00	15.11	9.08	13.45	10.24	12.37	12.41	13.05	12.24
16:00 a 17:00	12.42	10.58	9.23	12.34	14.32	13.13	14.81	12.40
								12.71
NOVIEMBRE								
HORARIO	LUNES (L/s)	MARTES (L/s)	MIERCOLES (L/s)	JUEVES (L/s)	VIERNES (L/s)	SABADO (L/s)	DOMINGO (L/s)	PROMEDIO (L/s)
07:00 a 08:00	16.11	9.13	11.24	9.32	10.23	13.05	15.14	12.03
13:00 a 14:00	12.27	12.36	10.67	12.26	12.33	15.40	13.22	12.35
16:00 a 17:00	14.56	18.34	9.61	10.19	10.13	12.02	12.25	10.87
								11.73
CAUDAL PROMEDIO = 12.20 L/s								

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

1.3.5 Método de Muestreo

Para la ejecución del muestreo se consideraron algunas variables como temperatura, humedad, localización, permitiendo determinar un muestreo simple y para su posterior consolidación muestras compuestas lo que ayudo al momento de realizar las tabulaciones de datos de los resultados del análisis de laboratorio. El cronograma se detalla a continuación:

Tabla 2-1 Toma y recolección de muestras mes de Octubre y Noviembre

MES	MUESTRAS	HORARIO	PROCECEDENCIA
OCTUBRE			
Lunes		7:00 am	Descarga efluente
Martes		13:00 pm	
Miércoles	7	16:00 pm	
Jueves			
Viernes			
Sábado			
Domingo			
NOVIEMBRE			
Lunes		7:00 am	Descarga efluente
Martes		13:00 pm	
Miércoles	7	16:00 pm	
Jueves			
Viernes			
Sábado			
Domingo			
TOTAL DE MUESTRAS	14		

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

1.3.5.1 Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual

Para la planificación de la toma de muestras para su posterior caracterización se recogieron 3 muestras diarias durante dos meses, los días que se muestreaban fueron los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo, en ocasiones las muestras recolectadas no tenían el mismo caudal debido que en los días feriados existía mayor actividad y por ende mayor generación de aguas residuales.

Consecutivamente la toma de muestras con todas las debidas precauciones para evitar la contaminación cruzada se llevó para su caracterización físico - químico y bacteriológico al laboratorio de control de calidad de la E.P EMAPA-G.

1.3.5.2 Parámetros analizados

Por medio de ensayos de laboratorio y campo, se procedió a la caracterización físico- químico y microbiológico para la obtención de resultados que luego de su respectiva tabulación estadística, permitieron establecer las distintas variables para el diseño de la planta de tratamiento de aguas

residuales, de la misma manera se estableció los análisis comparativos para determinar los parámetros bajo la normativa vigente TULSMA, Libro VI, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 3-1 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual promedio de San Simón – Octubre y Noviembre

PARAMETROS	UNIDAD	Promedio Octubre	Promedio Noviembre	Promedio General	Norma TULSMA Lim.Max.Per
COLOR	UTC	25	68	46.50	.....
TURBIEDAD	NTU	108.09	212.67	160.38	.....
pH	.....	7.55	8.17	7.86	6 a 9
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	247.25	637.16	442.21	.....
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	144.14	406.56	275.35	130
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	576.57	1626.23	1101.40	1600
TEMPERATURA	° C	18.34	17.96	18.15	.....
ACEITES Y GRASAS	mg/L	5.89	7.72	6.81	30.0
TENSOACTIVOS	mg/L	0.15	0.15	0.08	0.5
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	63.03	62.33	62.68	50.0
FOSFORO TOTAL (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	2.90	4.03	3.47	10.0
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.61	0.60	0.60	30
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	14.00	13.80	13.90	1000
FLUORUROS (F)	mg/L	1.82	2.09	1.96	5.0
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	1.69	2.37	2.03	10.0
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	1.87	1.91	1.89	2.0
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.5
COBRE (Cu)	mg/L	0.06	0.07	0.07	1.0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	114.00	174.00	144.00	.....
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.007	0.01	0.01	5.0
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	3.52	4.73	4.13	1000
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.023	0.03	0.03	2.0
COBALTO (Co)	mg/L	0.07	0.07	0.07	0.5
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	5.0
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.20	< 0.20	< 0.09	0.1
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.1
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.52	3.26	2.89	2.0
BROMO (Br)	mg/L	0.08	0.08	0.08	.....
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	3.35	2.81	3.08	.....
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.21	0.26	0.24	.....
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	3.80	2.65	3.23	.....
DBO ₅	mg/L	284.13	368.26	326.19	100
DQO	mg/L	2512.13	2460.94	2486.54	200
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	5048.4	4736.00	4842.2	2000

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

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

1.3.6 Pruebas de tratabilidad

1.3.6.1 Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad representa la naturaleza del efluente e indica el tratamiento adecuado que se le debe realizar al agua residual, mismo que puede ser físico-químico o biológico. Además, la relación DBO_5/DQO , una vez establecida, se utiliza para controlar y operar la planta de tratamiento de agua residual.

Tabla 4-1 Índice de biodegradabilidad -Muestra Compuesta Octubre y Noviembre

Parámetro	Unidad	Resultado	$\frac{DBO_5}{DQO}$
DBO ₅	mg O ₂ /L	326.19	0.13
DQO	mg/L	2486.54	

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G
Realizado por: Sindia Jaya, 2017

El índice de biodegradabilidad nos da como resultado 0.13 en la relación $\frac{DBO_5}{DQO}$, lo que nos indica que los compuestos del efluente son de naturaleza poco degradable, valor que requiere de un tratamiento físico-químico.

1.3.6.2 Test de Jarras

Una vez realizados y obtenido los resultados de las muestras de agua residual se procedió a realizar las pruebas de tratabilidad, en relación al Test de Jarras para obtener la dosis optima de los coagulantes y floculantes que nos permitan decantar la materia orgánica, color, turbiedad, solidos totales, nitrógeno total, bario, DBO₅, DQO, que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Norma TULSMA, considerándose variables iniciales para la ejecución de esta tratabilidad siendo Ph, tiempo de agitación, tiempo de floculación, tiempo de decantación, porcentaje de remoción que nos permitieron establecer la concentración adecuada de cada químico utilizado en este procedimiento.

El test de jarras determina la dosis óptima de coagulante del agua residual. Para la realización de este procedimiento se aplicó el polímero Policloruro de Aluminio PAC-P25A y el auxiliar aniónico chemfloc N-100, optando por dos muestras compuestas en donde la turbiedad promedio

oscilaba entre el rango de 160.38 NTU, y la dosificación de estos productos químicos se efectuó a diferentes concentraciones.

Luego se colocó en vasos de precipitación las muestras a tratar donde se realizó una agitación rápida 200 rpm para simular el resalto hidráulico presente en el canal Parshall por medio del equipo Floc-Tester ET 730, en el cual se inyectaron los reactivos utilizando una jeringuilla hipodérmica, después se aplicó una mezcla lenta durante 10 minutos para que pueda formarse y decantar los flóculos, una vez concluido el procedimiento se tomó las muestras para realizar los análisis respectivos de cada una.

Tabla 5-1 Tratabilidad con pruebas de Jarras- Octubre y Noviembre

TURBIEDAD 160.38 NTU, (pHo=7.81, pHf=7.11), rpm=200, tiempo de agitación= 10 min							
Conc Auxiliar (g/L)	Conc PAC (g/L)	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	16,00	9,60	60,28	62,41
0,80	0,02	120,00	60,00	18,00	14,40	56,31	64,89
0,80	0,02	180,00	90,00	20,00	20,00	52,34	67,37
0,80	0,02	240,00	20,00	21,00	25,20	48,37	69,84
0,80	0,03	60,00	35,00	24,00	19,20	44,40	72,32
0,80	0,03	120,00	60,00	27,00	18,90	40,43	74,79
0,80	0,03	180,00	90,00	28,00	11,20	36,46	77,27
0,80	0,03	240,00	20,00	34,00	17,00	32,49	79,74
0,80	0,04	60,00	35,00	35,00	21,00	28,52	82,22
0,80	0,04	120,00	60,00	39,00	11,70	24,55	84,69
0,80	0,04	180,00	90,00	10,00	5,00	20,58	87,17
0,80	0,04	240,00	20,00	15,00	10,50	0,79	99,51
0,80	0,05	60,00	35,00	17,00	15,30	58,29	63,66
0,80	0,05	120,00	60,00	22,00	17,60	62,26	61,18
0,80	0,05	180,00	90,00	26,00	15,60	66,23	58,70
0,80	0,05	240,00	20,00	32,00	19,20	70,20	56,23

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

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

1.3.6.2.1 Dosificación ideal de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)

Tabla 6-1 Turbidez en función de la dosis de Policloruro de Aluminio (PAC)

CONCENTRACION (g/L)	TURBIEDAD (NTU)
0.02	48.37
0.03	32.49
0.04	0.79
0.05	58.29

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

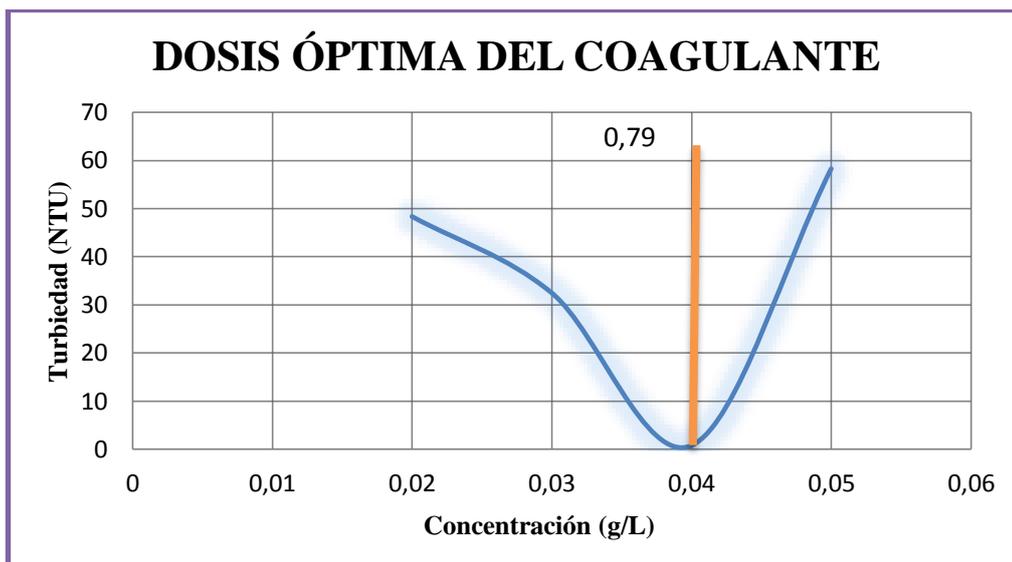


Gráfico 1-3. Variación de la turbidez en función de la dosis de PAC

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

El resultado obtenido de la dosificación apta para la coagulación es la concentración 0.04 g/L que equivale a los 40 ppm con una turbiedad de 0.79 NTU, logrando la menor turbidez del agua residual a tratar, dicho valor está dentro de los límites que exige la Norma Tulsma para la descarga a un cuerpo receptor de agua dulce.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación planteado es la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de la Parroquia San Simón, debido a que es 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 San Simón, ya que según el último censo tenemos una población total de 4500 habitantes en 19 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 de aguas residuales para la parroquia San Simón, Cantón Guaranda, provincia Bolívar.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físico - químico y bacteriológico del agua residual, bajo la norma TULSMA, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Identificar las variables de proceso adecuadas para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el respectivo dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales según los resultados obtenidos en la caracterización del efluente
- Estimar los costos que demanda el estudio técnico del diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales.
- Validar el diseño planteado considerando la caracterización físico – química y bacteriológica del agua depurada, en procedencia a la norma TULSMA, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización Geográfica

El presente proyecto de investigación técnico se efectuó en la Parroquia de San Simón, que se encuentra ubicada al sureste de la capital de la provincia de Bolívar y al margen derecho del río Chimbo, con una superficie de la parroquia de 96.73 (km²) .

Tabla 1-3 Tabla Características Geográficas de San Simón

Limites	Al Norte con la ciudad de Guaranda Al Sur con la Parroquia de San Lorenzo Al Este con la Provincia de Chimborazo Al Oeste con la Parroquia de Santa Fe y el Cantón Chimbo
Rango altitudinal	2672 m.s.n.m.
Clima	Varia 4 a 20°C

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Simón.

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

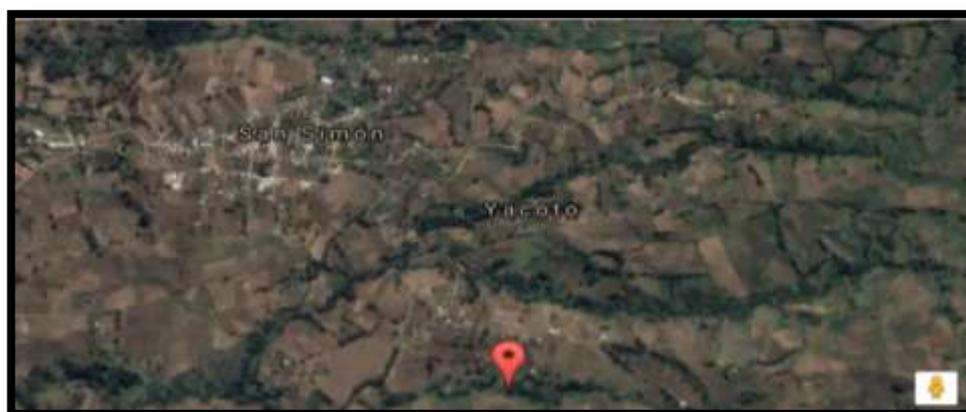


Figura 1-3: Ubicación geográfica de la Parroquia San Simón

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Simón.

3.1.2 Clima del Zona

Por lo general el clima de la parroquia San Simón es templado. Se caracteriza por su mesura, cualidad que reduce acorde avanza hacia el este. Consta de dos pisos climáticos: Templado el cual prevalece entre cotas 2600 y 2700 msnm con una temperatura promedio de 20°C mientras que la Zona Fría está ubicada en las cotas superiores a los 2700 msnm, con una temperatura que puede llegar hasta los 4° C. (PLAN DE DESAROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PD Y OT 2015-2021)

3.1.3 Características geomorfológicas de la zona

La geomorfología de su territorio es bastante variable, se hallan formaciones de: terrazas indiferenciadas, escarpe, bancos y diques aluviales, colinas medianas, vertientes rectilíneas, relieves colinados, relieves montañosos, valles escalonados, cuerpos de agua. También presenta pendientes medias a fuertes de hasta 40%, desniveles inferiores a los 25 m, están repartidas en la parte oriental, en las lomas y cerros: se ubican en los sectores de: Potrerillos, Suropotrero y Guaytayug. (PLAN DE DESAROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PD Y OT 2015-2021)

3.1.4 Hidrología

Los ríos de la parroquia San Simón son vertientes que recorren de este a oeste, tienen una longitud de un promedio de 5km. Los mismos que se han constituido en límites de los recintos y entre parroquias, sus aguas en la actualidad son aprovechadas para riego y consumo humano en la parroquia, cuentan con los siguiente sistemas de riego: sistema de riego Panshina, sistema de riego Shacundo, sistema de riego Salado la Quinta, sistema de riego Canalpamba, sistema de riego Conventillo, también debemos mencionar que las aguas del río Diablo Sacha adjudicado para el canal de riego Regional Gradas - Potrerillo. Los ríos más importantes por su caudal son: el río Blanco, río Mashuas, río Gangis. El río Tililag formando del Conventillo y estos a su vez se desembocan en el río Chimbo los de menor caudal y que tiene su presencia en la estación invernal registramos al río Capito, Shacundo, río Pacha, río San Simón, río Ulagahua. (PLAN DE DESAROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PD Y OT 2015-2021)

Las vertientes están constituidas por una superficie topográfica inclinada, ubicada entre los puntos altos, (cima), y los bajos (pie), adquieren una extensión aproximada de 1856 Ha. Estas

vertientes se caracteriza por poseer pendientes fuertes a muy fuertes de 40% a 100%, contienen vertiente rectilínea con una longitud de hasta 250 m., un desnivel relativo de hasta 200 m.; litológicamente dichas vertientes están constituidas andesitas verdes de la unidad Macuchi, lutitas y limolitas de la formación Yunguilla. Por consiguiente en el Cantón estas geoformas se encuentran ubicados cerca a los poblados de: Cachisagua Potrerillo, Shulala, Visote-Nueva Esperanza. (PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PD Y OT 2015-2021)

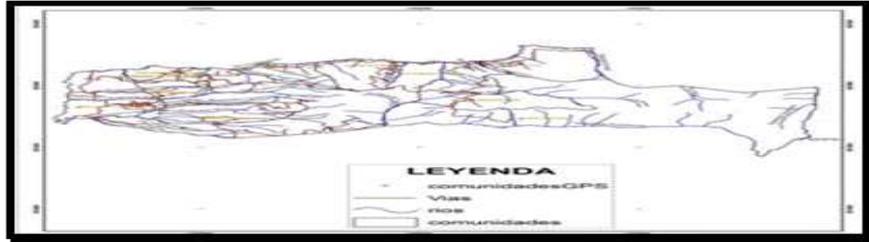


Figura 2-3: Red hidrográfica de la Parroquia San Simón

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Simón.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Aguas residuales

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

La actual disposición de las aguas residuales es alarmante y con esto los riesgos que conlleva la carencia de un apropiado sistema de tratamiento de estas aguas residuales. Por lo cual, con este estudio, se propone tratar las aguas residuales, darle una disposición adecuada a las mismas, 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.

3.2.1.1 Composición

La composición del agua residual se refiere a los constituyentes físicos, químicos y biológicos. El agua es utilizada como un medio de transporte de sólidos ya que pueden ser orgánicos e inorgánicos, por lo que pueden estar disueltos, en un medio de suspensión o flotando en la superficie del efluente.

3.2.1.2 Caracterización de aguas residuales

Tabla 2-3 Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual

Características organolépticas	
Color (UTC)	Depende de la descomposición del agua y de ciertos minerales
Olor-sabor	Presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos
Características físicas	
Sólidos totales (mg/L)	Están divididos en sólidos disueltos y sólidos suspendidos
Sólidos disueltos(mg/L)	Se hallan en el agua en forma de gases o sales
Sólidos suspendidos(mg/L)	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(mg/L)	Es el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente
Sólidos volátiles(mg/L)	Es la materia orgánica que se pierde después de una calcinación a 600 °C
Turbiedad (NTU)	Es la presencia de impurezas que se encuentran suspendidas en el agua que dificultan el paso de la luz.
Temperatura(°C)	Influye en la viscosidad y en la cinética de las reacciones químicas
Conductividad(uS/cm)	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(mg/L)	La presencia de grasas en el agua puede impedir procesos biológicos importantes.
Detergentes(mg/L)	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(mg/L)	Produce el incremento de la eutrofización y se encuentra en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrito
Fosfatos(mg/L)	Es partícipe de la proliferación de algas, al igual que el nitrógeno

Características biológicas	
Coliformes fecales(NMP/100ml)	Estas bacterias son Gram negativas aeróbicas y anaeróbicas facultativas, de forma redonda y que no forman esporas
Coliformes totales (NMP/100ml)	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: Sindia Jaya, 2017

3.2.1.3 Indicadores de contaminación orgánica

a) *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*: “Es una de las principales pruebas para evaluar y controlar la contaminación del el agua residual. Representa el oxígeno que se requiere para la eliminación de la materia orgánica presente en el agua residual, debido al trabajo de microorganismos.” (Metcalf & Eddy, 1995)

b) *Demanda química de oxígeno (DQO)*: “Es la cantidad de oxígeno disuelto que se consume en una reacción química durante la oxidación, dicho valor se usa para determinar las condiciones de biodegradabilidad y los compuestos tóxicos presentes en el agua residual, además de ser un indicador de contaminación; su disminución ayuda para determinar la eficiencia en las etapas de tratamiento.” (Metcalf & Eddy, 1995)

“La diferencia que existe entre la demanda biológica de oxígeno (DBO) básicamente es que hay muchos compuestos que se oxidan con mayor 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.” (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 3-3 Relación entre parámetros DBO_5 y DQO

$\frac{DBO_5}{DQO}$	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
<0.2	Poco biodegradable	Físico – Químico
0.2-0.4	Biodegradable	Físico – Químico – Biológico
>0.4	Muy biodegradable	Biológico

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.2.1.4 Caudal de las Aguas Residuales

Es aquella donde el volumen de agua residual pasa por una sección en un tiempo específico. Es importante determinar el caudal para desarrollar los diferentes diseños y dimensionamientos de las plantas de tratamiento para aguas residuales o para potabilización, si el valor resultante fuera alterado o erróneo, existirían fallas en el funcionamiento de las unidades de tratamiento. (METCALF & EDDY, 2005)

3.2.1.5 Medición de Caudal de las Aguas Residuales

El método a optar depende básicamente de la cantidad del líquido, ya sea abundante o escasa, de la facilidad al punto de muestreo, de la calidad y cantidad de registros de caudales que son necesarios para el estudio hidrológico preliminar. Para la medición de caudal los métodos que se pueden emplear son los siguientes: el método volumétrico, vertederos o canales Parshall, estimación de caudales por bombeo, método del flotador, conociendo la velocidad y la superficie y también a partir de datos de dotación. (Metcalf & Eddy, 1995)

a. Medición de caudal por método volumétrico. Este método se basa en la medición directa del agua residual que consiste en el llenado en un envase con graduación por un determinado tiempo con la ayuda de un cronómetro hasta que el envase se llene.

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

Ecuación 1

Dónde:

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen (L)

T: Tiempo (s)

b. Método de velocidad /superficie. Este método consiste en saber la velocidad y la superficie de recorrido del efluente.

$$Q = A * v$$

Ecuación 2

Dónde:

Q: Caudal de diseño

A: Área transversal (m²)

v: Velocidad (m/s)

3.2.1.6 Muestreo de Aguas Residuales

Aquella técnica consiste en separar una parte representativa, del efluente interesado, con el objetivo de analizar sus características y de esta manera determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Por consiguiente identificamos los contaminantes que existen y poder tener un conocimiento del tipo de agua que se va a tratar así como también métodos para tratarla. Es importancia que la muestra además de ser representativa, sea reproducible, sustentada y útil. (METCALF & EDDY, 2005)

3.2.1.6.1 Clasificación de las Muestras

a. Muestra Simple. Es aquella que se toma en un sitio determinado y una sola vez. Este tipo de muestra sirve para la determinación de temperatura, pH, cloro residual, alcalinidad, acidez, grasas, y coliformes.

b. Muestra Compuesta. Las muestras compuestas son la mezcla de varias muestras simples, recolectadas en el mismo punto de muestreo pero en diferentes tiempos. (RAS, 2000)

c. Muestra Integrada. Se conforma por varias muestras simples tomadas en diferente ubicación, pero al mismo tiempo. Este muestreo es representativo y recomendado para evaluar ríos, tratamiento de efluentes separados, en corrientes de agua amplias. (METCALF & EDDY, 2005)

3.2.1.7 Clasificación de las Aguas Residuales

Las Aguas Residuales según su origen se pueden ser clasificadas en:

- **Domésticas.** Son aguas que se derivan de las actividades del ser humano como: aseo personal, baño, cocina, lavandería, limpieza etc. Motivo por el cual contiene gran cantidad de materia orgánica, detergentes y grasas, que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas y estas varían su composición dependiendo de los hábitos de la población. (CRITES, 2000)

- **Industriales.** Son aquellas aguas residuales que se genera en los procesos industriales. La composición es muy variable, esta depende de las diversas actividades industriales. (CRITES, 2000)
- **Pluviales.** Son aguas de lluvia, que desembarcan cantidades grandes de agua sobre el suelo. Cuando las precipitaciones atmosféricas son abundantes estas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de tratamiento. Su composición cambia según la actividad que tenga el suelo. (CRITES, 2000)
- **Urbanas.** Es la mezcla de las aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales y aguas pluviales. (CRITES, 2000)
- **Agrícolas.** Por lo general, constituyen una mezcla de aguas domésticas de la población, junto con las de riego de las tierras y el empleo del ganado en zonas rurales. Por lo que consiste en el suministro de agua a los cultivos a través de diversos métodos artificiales de riego, por arrollamiento o surcos, por inundación o sumersión, etc. (CRITES, 2000)

3.2.2 Tratamiento de Aguas Residuales

Al realizar el tratamiento de las aguas residuales el objetivo es eliminar organismos patógenos y de esta manera mejorar la calidad del agua y así producir un efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido (lodos) que puede servir como abono en la agricultura.

3.2.2.1 Etapas del tratamiento de Aguas Residuales

a. Pre-tratamiento: En esta etapa se prepara el agua residual para facilitar los tratamientos y así poder proteger las instalaciones de erosiones y taponamientos. Proceso que usa rejillas o cribas para separar los sólidos de gran tamaño como palos, telas, plásticos. (Ramalho, 2003)

b. Tratamiento Primario físico-químico: El objetivo principal es eliminar dicha materia que se encuentra suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, colocando al agua sustancias químicas que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. (Ramalho, 2003)

c. Tratamiento Secundario o tratamiento biológico: Este tratamiento se emplea para eliminar la materia orgánica disuelta, con la producción de fangos que serán tratados para su reducción, acondicionamiento y su disposición final. (Ramalho, 2003)

d. Tratamiento Terciario, de carácter físico-químico o biológico: Es la etapa donde la utilización en conjunto tanto de los tratamientos primarios como los secundarios sirven para mejorar la calidad del efluente con la posibilidad de obtener un agua apta para las actividades agrícolas, industriales e inclusive para la potabilización. (Romero, 2004)

3.2.3 Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales

3.2.3.1 Cálculo de la población futura

Para el diseño del Sistema de Tratamiento de aguas residuales, necesita de un tiempo estimado de vida útil de 15 a 30 años, que se encuentra establecida en la NORMA INEN 005-9-1 (1992), por lo que la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G sugiere el periodo de vida útil de 15 años, es decir, hasta el año 2031.

$$P_f = Pa(1 + rt)$$

Ecuación 3

Datos:

Pa : Población actual (hab); 4500 habitantes

r : Índice de crecimiento anual (%); 1.95% (*Índice de crecimiento intercensal determinado en el Censo de Población y Vivienda en la Parroquia San Simón INEC 2010*).

t : Periodo de diseño (años); 15 años

$$P_f = 4500[1 + 0.0195(2016 - 2010)]$$

$$P_f = 4500[1 + 0.0195(6)]$$

$$P_f = 5026.5 \text{ habitantes.}$$

$$P_f = 4500.81 [1 + 0.0195(2031 - 2016)]$$

$$P_f = 4500.81 [1 + 0.0195(15)]$$

$$P_f = 6496.75 \text{ habitantes} \cong 6497 \text{ habitantes}$$

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

Es la cantidad de agua que utiliza cada habitante por día en un medio anual.

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

Ecuación 4

Datos:

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

Q_{promedio} : Caudal promedio (m^3/dia); 1054.08 m^3/dia

Pf : Población futura (hab); 6497 hab

$$Dc = \frac{1054.08 \frac{m^3}{dia} * 1000 \frac{L}{m^3}}{6497 \text{ hab}}$$

$$Dc = 162.24 \frac{L}{hab. dia}$$

3.2.3.3 Cálculos del caudal

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

El caudal servido es aquel que se determina mediante la población futura para el año 2031 dando 6497 habitantes con la dotación consumida.

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

Ecuación 5

Datos:

Q_{servida} : Caudal servido (m^3/dia)

Dc : Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal ($L/hab. dia$);
162.24 $L/hab. dia$

Pf : Población futura (hab); 6497 hab

$$Q_{servida} = \frac{6497 \text{ hab} * 162.24 \text{ L/hab.dia}}{1000 \text{ L/m}^3}$$

$$Q_{servida} 1054.07 \text{ m}^3/\text{dia}$$

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

Es aquel caudal que ocurre en un periodo de 24 horas y representa el consumo medio anual diario. El caudal medio diario (Q_{md}) se calcula con valor de K_1 de 0.8 para sistemas de tratamiento pequeños. Se calcula mediante la ecuación:

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

Ecuación 6

Datos:

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

K_1 : Constante para el caudal medio diario; 0.8 (Valor considerado del criterio de diseño del caudal medio diario Metcalf & Eddy pág. 172)

$Q_{servida}$: Caudal servido (m^3/dia) 1054.07 m^3/dia

$$Q_{md} = 0.8 * 1054.07 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{md} = 843.26 \text{ m}^3/\text{dia}$$

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

El caudal de diseño es la relación del caudal medio diario en un periodo de 24 horas.

$$Q_{diseño} = \frac{Q_{md}}{24}$$

Ecuación 7

Datos:

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

Q_{md} : Caudal medio diario (m^3/dia); 843.26 m^3/dia

$$Q_{diseño} = \frac{843.26 \text{ m}^3/\text{día}}{24}$$

$$Q_{diseño} = 35.14 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Cálculo del caudal punta, Q_p :**

Es el caudal hidráulico máximo que puede admitir la planta.

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

Ecuación 8

Datos:

Q_p : Caudal punta ($\text{m}^3/\text{día}$)

K_1 : Constante para el caudal punta; 3 (Valor considerado del criterio de diseño del factor punta Metcalf & Eddy pág. 174)

Q_{md} : Caudal medio diario ($\text{m}^3/\text{día}$); $843.26 \text{ m}^3/\text{día}$

$$Q_p = 3 * 843.26 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_p = 2529.78 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_p = 105.41 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para el diseño del sistema de tratamiento se trabaja con el caudal punta, debido que el sistema de tratamiento se va a ejecutar en futuro.

3.2.3.4 Sistema de rejillas

“Las rejillas conocidas también como cribas, son aquellas que se utilizan para eliminar los sólidos de gran tamaño presentes en el agua residual. Su principal función es ser un elemento de protección de la planta, ya que ayuda a preservar bombas, equipos mecánicos y así prevenir la obstrucción de válvulas. Por tal razón es el primer proceso que se efectúa en un efluente de agua residual.

Existen dos tipos de rejillas, las de limpieza manual que son utilizadas en instalaciones pequeñas y las de limpieza mecánica se usan en grandes instalaciones con caudales de orden 250 L/s.” (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 4-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Separación entre barras	mm	25-50	15-75
Anchura	mm	5-15	5-15
Diámetro de las barras	pulgadas	½	½
Profundidad	mm	25-37.5	25-37.5
Perdida de carga admisible	mm	150	150
Velocidad de aproximación	m/s	0.30-0.60	0.6-1.1
Pendiente en relación a la vertical	Grados	60-45	0-60

Fuente: Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510

3.2.3.4.1 Dimensionamiento del sistema de rejillas

- **Área libre del paso de agua, A_L :**

Es aquel que indica el flujo presente en el canal.

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

Ecuación 9

Datos:

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

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.02 m^3/s$

v : Velocidad de flujo (m/s); $0.35 m/s$ (Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

$$A_L = \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{s}}{0.35 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0.05 \text{ m}^2$$

- **Altura del tirante en el canal, h_t :**

Es el que indica la altura del agua dentro del canal.

$$h_t = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 10

Datos:

h_t : Altura del tirante en el canal (m)

A_L : Área libre del paso de agua (m²); 0.05 m²

B : Ancho del canal (m); 0.50 m (*Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)*)

$$h_t = \frac{0.05 \text{ m}^2}{0.50 \text{ m}}$$

$$h_t = 0.10 \text{ m}$$

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

Es la sumatoria de la altura del agua en el canal con una altura de seguridad.

Tabla 5-3 Parámetros de Diseño de Rejillas

Parámetro	Rango	Rejilla gruesa	Rejilla fina	Unidad
Altura de caja de revisión	1-2	1	2	m
Altura de seguridad	0.50-1	0.50	1	m
Ancho del canal	0.50-1.00	0.50	1	m

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG, 2012 pág. 48

$$h_c = h_t + h_{T1} + h_s$$

Ecuación 11

Datos:

h_c : Altura del tirante de construcción (m)

h_t : = Altura del tirante en el canal (m); 0.10 m

h_r : Altura de la caja de revisión (m); 1 m (*Valor considerado de la Tabla 5-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 48)*

h_s : Altura de seguridad (m); 0.5 m (*Valor considerado de la Tabla 5-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 48)*

$$h_c = 0.10 \text{ m} + 1\text{m} + 0.5\text{m}$$

$$h_c = 1.60 \text{ m}$$

- **Longitud de las barras, L_{bs} :**

Es la altura de cada barrote colocado en el canal.

$$L_{bs} = \frac{h_c}{\text{Sen } \alpha}$$

Ecuación 12

Datos:

L_{bs} : Longitud de las barra (m)

h_c : Altura del tirante de construcción (m); 1.60 m

α : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (*Valor considerado de la Tabla 10-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)*

$$L_{bs} = \frac{1.60 \text{ m}}{\text{Sen } 60}$$

$$L_{bs} = 1.84\text{m} \cong 2\text{m}$$

- **Número de barras, N_{bs} :**

Es la relación del ancho del canal con el espesor y separación de las barras.

$$N_{bs} = \frac{b}{e + S}$$

Ecuación 13

Datos:

b: Ancho del canal (m); 0.50 m (*Valor considerado de la Tabla 5-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 48)*

S: Separación entre las barras (m); 0.025 m (*Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)*

e: Espesor de las barras(m); 1.27×10^{-2} m (*Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)*

$$N_{bs} = \frac{0.50 \text{ m}}{1.27 \times 10^{-2} \text{ m} + 0.025 \text{ m}}$$
$$N_{bs} = 13.26 \cong 13 \text{ barras}$$

• **Perdida de carga, Hc:**

Conocida también como pérdida de energía, es la pérdida de presión que se produce en un efluente debido a la fricción de las partículas del efluente entre sí y contra las paredes del canal que las conduce.

Tabla 6-3 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: Normas RAS, 2000 pág. 51

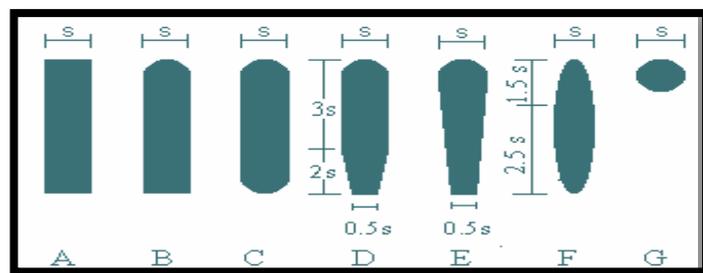


Figura 3-3: Formas de las barras de rejillas

Fuentes: Normas RAS, 2000

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

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

Ecuación 14

Datos:

β : Factor dependiente de la forma de barras (adimensional); 1.79 (Valor considerado de la Tabla 6-3) (Normas RAS, 2000 pág. 51)

S : Separación entre las barras (m); 0.025 m (Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

e : Espesor de las barras (m); 1.27×10^{-2} m (Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

v : Velocidad de flujo (m/s); $0.35 m/s$ (Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

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

α : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 4-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

$$H_c = 1.79 \left(\frac{0,025 \text{ m}}{1.27 \times 10^{-2} \text{ m}} \right)^{4/3} \left(\frac{0,35^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} \right) \text{Sen } 60$$

$$H_c = 0.03 \text{ m}$$

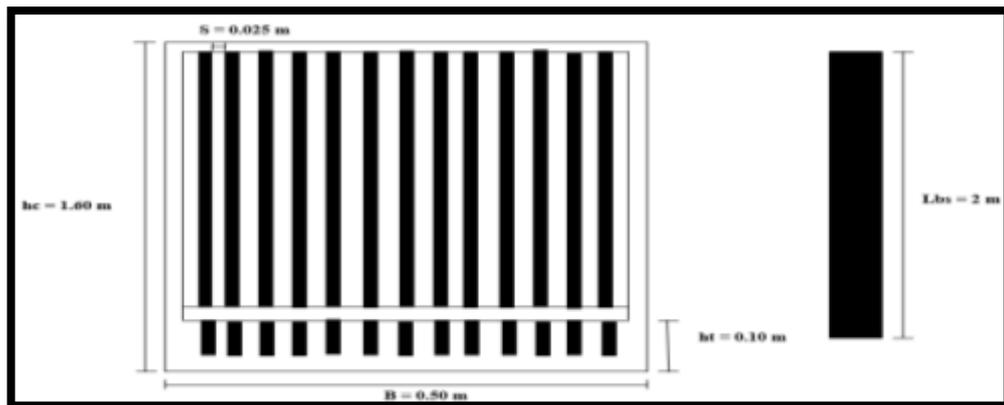


Figura 4-3: Dimensiones de las rejillas

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

L_{bs} : Longitud de las barra (m)

h_t : Altura del tirante en el canal (m)

h_c : Altura del tirante de construcción (m)

B : Ancho del canal (m)

S : Separación entre las barras (m)

3.2.3.5 Canal de entrada

“Es aquel que se utiliza 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)

3.2.3.5.1 Dimensionamiento de un canal

- **Radio hidráulico, RH :**

Es el cociente entre el área de la sección mojada el perímetro mojado de un canal.

Tabla 7-3 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
0.80	0.60	140-240	230-370	320-530	400-650
0.50	0.40	40-70	70-120	100-160	120-200
0.30	0.30	20-30*	30-40	40-60	40-70

Fuente: (Estructuras De Conducción De Agua. Sección 8.3)

ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/fao_training/general/x6708s/x6708s08.htm

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

Ecuación 15

Datos:

RH : Radio hidráulico (m)

h : Altura máxima del agua en el canal (m); 0.40 m (Valor considerado de la Tabla 7-3) (Estructuras De Conducción De Agua. Sección 8.3)

B : Ancho del canal (m); 0.50 m (Valor considerado de la Tabla 7-3) (Estructuras De Conducción De Agua. Sección 8.3)

$$RH = \frac{(0.50 * 0,40) \text{ m}^2}{0.50 \text{ m} + 2(0.40 \text{ m})}$$

$$RH = 0.15m$$

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

Es la velocidad permitida en el canal para evitar la sedimentación de los lodos.

Tabla 8-3 Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento

CANALES REVESTIDOS	N	$1/n$
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0.015	66.67
Ladrillos de mortero de cemento	0.020	50.00
Membrana de plástico sumergida	0.027	37.04
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0.013	76.92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0.011	90.91
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0.015	66.67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0.013	76.92
Ladrillos, paredes bien construidas	0.013	76.92
Ladrillos, paredes rugosas	0.015	66.67

Fuente: (Estructuras De Conducción De Agua. Sección 8.2)

(ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm)

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

Ecuación 16

Datos:

v_m : Velocidad media del canal (m/s)

RH : Radio hidráulico (m); 0.15 m

S : Pendiente canal rectangular revestido de hormigón (%); 0.04 % (*Valor considerado de la Tabla 7-3*) (*Estructuras De Conducción De Agua. Sección 8.3*)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional); 0.013 (*Valor considerado de la Tabla 8-3*) (*Estructuras De Conducción De Agua. Sección 8.2*)

$$v_m = \frac{1}{0.013} (0.15m)^{2/3} (0.0005)^{1/2}$$

$$v_m = 0.48 \text{ m/s}$$

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

Es el área mojada de la sección transversal normal a la dirección de flujo.

$$A_t = \frac{Q_p}{v_m}$$

Ecuación 17

Datos:

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

v_m : Velocidad media del canal (m/s); 0.48 m/s

Q_p : Caudal punta (m^3/s); 0.02 m^3/s

$$A_t = \frac{0.02 \text{ m}^3/s}{0.48 \text{ m/s}}$$

$$A_t = 0.04 \text{ m}^2$$

- **Altura máxima del agua en el canal, h_{max} :**

Es la altura máxima del agua permitida en el canal.

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

$$A = b * h_{max}$$

$$A = 2H * H$$

$$A = 2H^2$$

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

Ecuación 18

Datos:

h_{max} : Altura máxima del agua en el canal (m)

A_t : Área del canal (m^2); 0.04 m^2

$$h_{max} = \sqrt{\frac{0.04 \text{ m}^2}{2}}$$

$$h_{max} = 0.14 \text{ m}$$

- **Altura total del canal, H_T :**

Es la sumatoria de la altura máxima del agua en el canal con el factor de seguridad.

Tabla 9-3 Condiciones para determinar el borde libre de un canal

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

Fuente: Pedro Rodríguez, 2008 pág. 65

$$H_T = h_{max} + h_s$$

Ecuación 19

Datos:

H_T : Altura total del canal (m)

h_{max} : Altura máxima del agua en el canal (m); 0.14 m

h_s : Factor de seguridad(m); 0.30m (*Valor considerado de la Tabla 9-3*) (Pedro Rodríguez, 2008 pág. 65)

$$H_T = (0.14 + 0.30)m$$

$$H_T = 0.44m$$

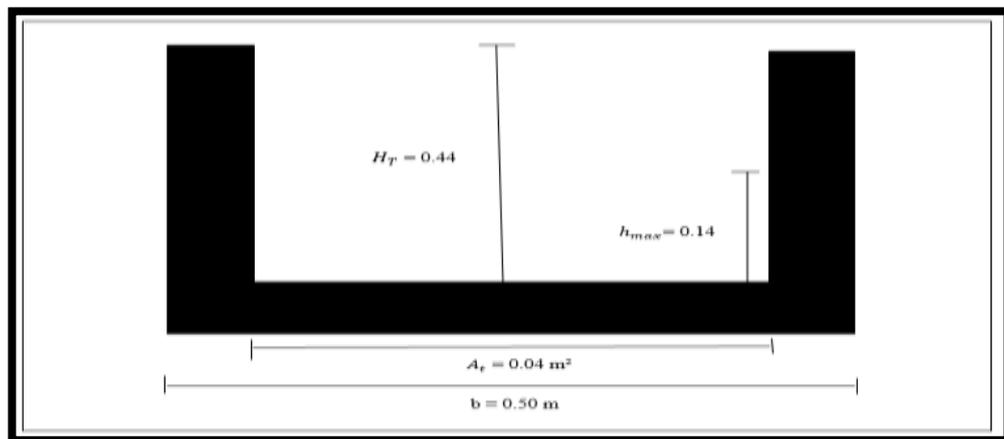


Figura 5-3: Dimensiones del canal de entrada

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

B : Ancho del canal (m)

h_{max} : Altura máxima del agua en el canal (m)

H_T : Altura total del canal (m)

3.2.3.6 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)

- Sedimentador de alta tasa

“El diseño del sedimentador de alta tasa (placas) posee tiempos de retención cortos de 15 min, además son unidades de alta eficiencia y de poca profundidad con relación a sedimentadores convencionales. El periodo de funcionamiento teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.” (Romero J. , 2008)

Para el desalojó de los lodos que se acumulan en el sedimentador se utilizara tubería de alcantarillado corrugado de diámetro 250 mm conectada a una válvula de desfogue 130-VCD accesorio tipo cuchilla circular diseñada para trabajar con fluidos de alto contenido de fibra donde el flujo contiene sólidos en suspensión o flujos granulados, sales, lodos, es de fácil operación para evitar problemas de fugas y al abrir y cerrar.

Tabla 10-3 Criterios para el diseño de sedimentador de alta tasa

PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD
Separación entre cada placas (ds)	5-8	cm
Número de Reynolds	<500	Adimensional
Ángulo de inclinación	60	grados
Tiempo de retención	<15	min
Carga superficial (Cs)	60-300	m ³ / m ² -d
Parámetro para sedimentador de placas paralelas (característica crítica de funcionamiento) (Sc)	1	Adimensional

Fuente: Romero, J. 2004 pág. 635

Tabla 11-3 Condiciones para el diseño de sedimentador de alta tasa

PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD
Longitud a través de las placas	0.50-1.50	m
Ancho del conducto	0.02-0.08	m
Altura total	1.0-2.0	m
Separación entre placas	0.020-0.090	m
Espesor de las placas	0.01-0.03	m
Altura del sedimentador	1.5-10	m
Altura sobre las placas	0.20-0.50	m
Altura del agua por debajo de las placas	1.5-2.0	m

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG, 2012 pág. 62

3.2.3.6.1 Dimensionamiento sedimentador

- **Área de sedimentación, A_s :**

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

Ecuación20

Datos:

A_s : Área del sedimentador (m^2)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.02 m^3/s$

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 considerado de la Tabla 10-3) (Romero, J. 2004 pág. 635)

$$A_s = \frac{0.02 m^3/s}{8.10 \times 10^{-4} m^3/m^2 \cdot s}$$
$$A_s = 24.69 m^2$$

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

Es la velocidad promedio en el que las placas inclinadas van a realizar la mezcla del efluente.

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

Ecuación 21

Datos:

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

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.02 m^3/s$

A_s : Área de sedimentación (m^2); $24.69 m^2$

θ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa(grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 10-3) (Romero, J. 2004 pág. 635)

$$v_p = \frac{0.02 m^3/s}{24.69 m^2 * \text{sen}60}$$
$$v_p = 9.35 \times 10^{-4} m/s$$
$$v_p = 0.0935 cm/s$$

- **Longitud relativa del sedimentador, L_{rs} :**

La longitud relativa y longitud de transición del sedimentador se trabaja con unidades adimensionales descritas en el criterio de diseño del sedimentador en el OPS/CEPIS/05.158 pág. 21.

Es la relación de la longitud recorrida a través de la placa con el ancho del espaciamiento entre las placas del sedimentador.

$$L_{rs} = \frac{L_p}{b_c}$$

Ecuación 22

Datos:

L_{rs} : Longitud relativa del sedimentador, adimensional

L_p : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62)*

b_c : Ancho del conducto o espaciamiento entre placas (m); 0.06 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62)*

$$L_{rs} = \frac{1m}{0.06m}$$

$$L_{rs} = 17$$

- **Número de Reynolds; Re:**

El número de Reynolds es aquel que se calcula para verificar que en el sedimentador se dé un flujo laminar.

Tabla 12-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas

TEMPERATURA (T) °C	PESO ESPECÍFICO (γ) KN/m ³	DENSIDAD (ρ) kg/m ³	VISCOSIDAD DINÁMICA ($\mu * 10^3$) N. s/m ²	VISCOSIDAD CINEMATICA ($\nu * 10^6$) m ² /s
0	9.805	999.8	1.781	1.785
5	9.807	1000.0	1.518	1.519
10	9.804	999.7	1.307	1.306
15	9.798	999.1	1.139	1.140
20	9.789	998.2	1.002	1.003
25	9.777	997.0	0.890	0.893
30	9.764	995.7	0.798	0.800

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995 pág. 1417

$$Re = \frac{v_p * b_c}{\vartheta}$$

Ecuación 23

Datos:

Re: Número de Reynolds (Adimensional)

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

b_c : Ancho del conducto o espaciamiento entre placas (m); 0.06 m (Valor considerado de la Tabla 11-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62)

ϑ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C; 1.003×10^{-6} m²/s (Valor considerado de la Tabla 12-3) (Metcalf & Eddy, 1995 pág. 1417)

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

$$Re = 55.93$$

Comparando el cálculo anterior con el rango del Número de Reynolds que se encuentra expuesta en la tabla 10-3 se llega a la conclusión que el diseño escogido es el correcto, ya que el flujo de agua es laminar.

- **Longitud de transición, L_t :**

Conocida también como longitud de rampa de peralta, es aquella que nos permite efectuar el cambio de una sección transversal con bombeo a una sección peraltada sin peligro de deslizamiento.

$$L_t = 0.013 * Re$$

Ecuación 24

Datos:

L_t : Longitud de transición, adimensional

Re: Número de Reynolds (Adimensional); 55.93

$$L_t = 0.013 * 55.93$$

$$L_t = 0.73$$

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

Es aquella longitud que sugiere que la materia se contrae en la dirección al movimiento.

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

Ecuación 25

Datos:

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

L_{rs} : Longitud relativa del sedimentador; 17

L_t : Longitud de transición; 0.73

$$L_{cr} = 17 - 0.73$$

$$L_{cr} = 16.27$$

- **Velocidad de sedimentación crítica; v_{sc} :**

Es la velocidad a la cual las partículas empiezan a asentarse en el fondo del sedimentador.

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

Ecuación 26

Datos:

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

S_c : Característica crítica de funcionamiento para láminas paralelas (*Valor considerado de la Tabla 10-3*) (Romero, J. 2004 pág. 635)

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

L_{cr} : Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición; 16.27

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

$$V_{SC} = \frac{1 * 80.78 \text{ m}/\text{día}}{\text{sen}60 + (16.27 * \text{cos}60)}$$

$$V_{SC} = 8.97 \text{ m}/\text{día}$$

$$V_{SC} = \mathbf{0.010 \text{ cm}/s}$$

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

Es el tiempo en que el volumen del agua residual se queda entre las placas del sedimentador.

$$t_{rp} = \frac{L_p}{v_p}$$

Ecuación 27

Datos:

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

L_p : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3*)
(*Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62*)

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

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

$$t_{rp} = 1069.52 \text{ s}$$

$$t_{rp} = \mathbf{18 \text{ min}}$$

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

Es el tiempo en que el volumen del agua residual se encuentra almacenado en el tanque sedimentador.

$$Tr_s = \frac{A_s * H_T}{Q_p}$$

Ecuación 28

Datos:

Trs: Tiempo de retención (min)

A_s: Área de sedimentación (m²); 24.69 m²

H_T: Altura total (m); 2 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62)*)

Q_p: Caudal de punta (m³/s); 0.02 m³/s

$$Trs = \frac{24.69 * 2 \text{ m}}{0.02 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Trs = 2469 \text{ s}$$

$$Trs = 41 \text{ min}$$

- Ancho del sedimentador, **b_s**:

$$b_s = \sqrt{\frac{A_s}{7}}$$

Ecuación 29

Datos:

b_s: Ancho del sedimentador (m)

A_s: Área del sedimentador (m²); 24.69 m²

$$b_s = \sqrt{\frac{24.69 \text{ m}^2}{7}}$$

$$b_s = 1.88 \text{ m}$$

- Longitud del sedimentador, **l_s**:

$$l_s = a * 2$$

Ecuación 30

Datos:

l_s: Longitud del sedimentador (m)

b_s: Ancho del sedimentador (m); 1.88 m

$$l_s = 1.88 \text{ m} * 2$$

$$l_s = 3.76 \text{ m}$$

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

Es la cantidad de placas utilizadas para la mezcla continua de efluente en el tanque sedimentador.

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

Ecuación 31

Datos:

N_p : Número de placas por modulo (Unidad)

l_s : Longitud del sedimentador (m); 3.76 m

S_p : Separación entre placas (m); 0.060 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62)*)

e_p : Espesor de las placas (m); 0.01 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3) (Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012 pág. 62)*)

θ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60° (*Valor considerado de la Tabla 10-3) (Romero, J. 2004 pág. 635)*)

$$N_p = \frac{(3.76\text{m} * \text{sen}60) + 0.060\text{m}}{0.060\text{m} + 0,01\text{m}}$$

$$N_p = 47.38$$

- **Volumen del sedimentador, V_s :**

$$V_s = l_s * b_s * h_s$$

Ecuación 32

Datos:

V_s : Volumen del sedimentador (m^3)

l_s : Longitud del sedimentador (m); 3.76 m

b_s : Ancho del sedimentador (m); 1.88 m

h_s : Altura del sedimentador (m); 3 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3*) (*Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012* pág. 62)

$$V_s = 3.76 \text{ m} * 1.88 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$V_s = 21.20 \text{ m}^3$$

- **Altura de las placas**

Es la altura de las placas hacia el fondo del tanque de sedimentación.

$$H_p = L_p * \text{sen}\theta$$

Ecuación 33

Datos:

H_p : Altura de las placas (m)

L_p : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1 m (*Valor considerado de la Tabla 11-3*) (*Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012* pág. 62)

θ : Angulo de inclinación de las placas (grados); 60° (*Valor considerado de la Tabla 10-3*) (*Romero, J. 2004* pág. 635)

$$H_p = 1 \text{ m} * \text{sen}60$$

$$H_p = 0.87 \text{ m}$$

- **Dimensionamiento de altura:**

H_{sp} : Altura del agua sobre las placas: 0.22m (*Valor considerado de la Tabla 11-3*) (*Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012* pág. 62)

H_{dp} : Altura del agua por debajo de las placas: 1.24m (*Valor considerado de la Tabla 11-3*) (*Manual de Operación y Mantenimiento de la Dirección Técnica del EMAPAG 2012* pág. 62)

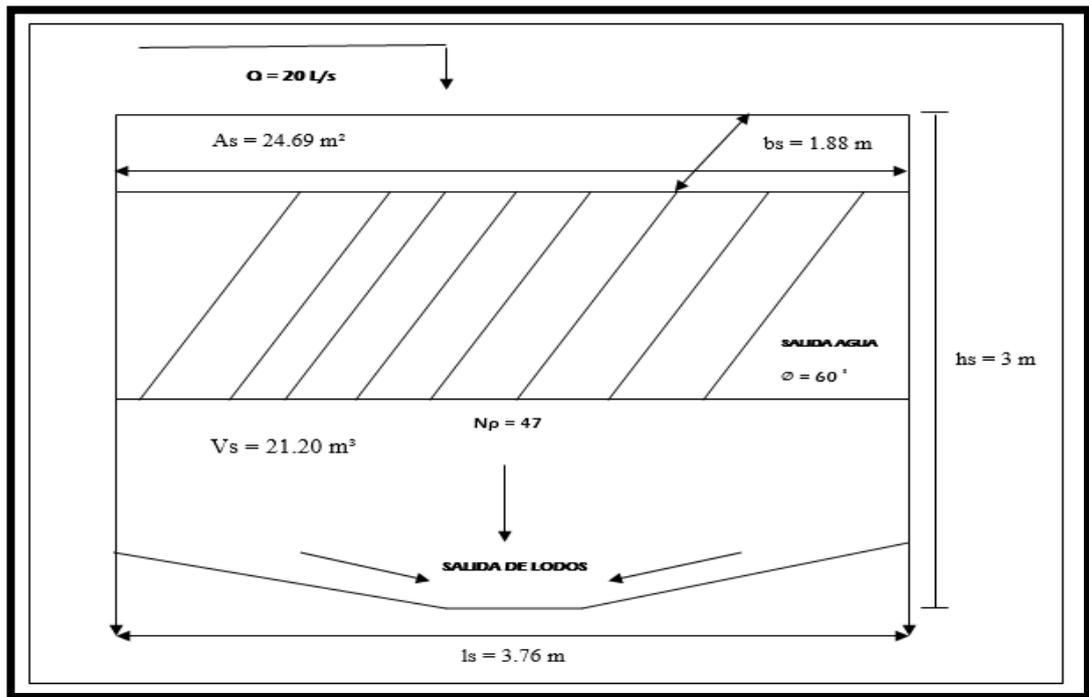


Figura 6-3: Dimensiones del sedimentador

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

A_s : Área de sedimentación (m^2)

h_s : Altura del sedimentador (m)

b_s : Ancho del sedimentador (m)

l_s : Longitud del sedimentador (m)

V_s : Volumen del sedimentador (m^3)

θ : Angulo de inclinación de las placas (grados)

N_p : Número de placas por modulo (Unidad)

3.2.3.7 Canal Parshall

El canal Parshall tiene normalmente dos propósitos; el primero, de servir como un medidor de caudal; y el segundo, de generar turbulencia y servir como punto de dosificación de químicos.

Un canal Parshall consta principalmente de cuatro partes principales:

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

3.2.3.7.1 Dimensionamiento del canal Parshall

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

Se determina el ancho del Canal Parshall para un caudal de 20 L/s, mediante la tabla 13-3

Tabla 13-3 Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal

ANCHO W	LIMITES DE CAUDAL (L/s)	
	Q máximo	Q mínimo
1"	5.67	0.28
2"	14.15	0.57
3"	28.31	0.85
6"	110.44	1.42
9"	252.00	2.58
12'	455.90	3.11
18'	696.50	4.24
24'	937.30	11.90
36'	1427.20	17.27
48'	1922.70	36.81
60'	2424.00	45.31
72'	2931.00	73.62

Fuente: Romero, Teoría y Principios de Diseño, 2008 pág. 88

Se determinó el ancho de la canaleta:

$$W = 42' = 1.06 \text{ m}$$

Donde:

W : Ancho del canal (m)

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

Tabla 14-3 Valores de K y n, según el tamaño de W

Ancho de la Garganta Parshall		N	K
Metros	Pulgadas – Pie		
0.075	3"	0.646	3.704
0.015	6"	0.636	1.842
0.2290	9"	0.633	1.486
0.305	1'	0.657	1.276
0.460	1 ¹ / ₂ '	0.650	0.966
0.610	2'	0.645	0.795
0.915	3'	0.639	0.608
1.22	4'	0.634	0.505
1.525	5'	0.630	0.436
1.83	6'	0.627	0.389
2.44	8'	0.623	0.324

Fuente: Cepis, 2012 capítulo II pág. 58

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

Ecuación 34

Datos:

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

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$

K : Constante (adimensional); 0.56 (Valor considerado de la Tabla 14-3) (Cepis, 2012 capítulo II pág. 58)

n : Constante (adimensional); 0.64 (Valor considerado de la Tabla 14-3) (Cepis, 2012 capítulo II pág. 58)

$$H_m = 0.56 * (0.02 \text{ m}^3/\text{s})^{0.64}$$

$$H_m = 0.05 \text{ m}$$

- Ancho entrada sección convergente, D' :

Tabla 15-3 Dimensiones estandarizadas de la canaleta Parshall

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

Fuente: Cepis, 2012 capítulo II pág. 59

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

Ecuación 35

Datos:

D': Ancho entrada sección convergente (m)

D: Dimensión de la canaleta (m); 2.49 m (*Valor considerado de la Tabla 15-3*) (Cepis, 2012 capítulo II pág. 59)

W: Ancho de la garganta (m); 1.06 m

$$D' = \frac{2}{3} * (2.49 - 1.06) + 1.06$$

$$D' = 2.01 \text{ m}$$

- **Velocidad en la sección de medición, V_0 :**

Es la velocidad inicial que el agua residual va a recorrer por el canal Parshall.

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

Ecuación 36

Datos:

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

H_m : Altura del agua en la sección de medición (m); 0.05 m

D' : Ancho de la sección de medición(m); 2.01 m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.02 m^3/s

$$V_0 = \frac{0.02 \text{ m}^3/s}{0.05 \text{ m} * 2.01 \text{ m}}$$

$$V_0 = 0.20 \text{ m/s}$$

- **Carga hidráulica disponible, E_{hd} :**

Es aquella energía en metros de la columna de agua que posee los sistemas, al encontrarse con la fuente de abastecimiento a un nivel superior respecto de un sitio en dirección al área de distribución.

$$E_{hd} = \frac{v_0^2}{2g} + H_m + N$$

Ecuación 37

Datos:

E_{hd} : Carga hidráulica disponible (m)

v_0 : Velocidad en la sección de medición (m/s); 0.20 m/s

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

H_m : Altura del agua en la sección de medición (m); 0.05 m

N : Dimensiones de la canaleta (m); 0.229 m (*Valor considerado de la Tabla 15-3) (Cepis, 2012 capítulo II pág. 59)*)

$$E_{hd} = \frac{(0.20 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} + 0.05 \text{ m} + 0.229 \text{ m}$$

$$E_{hd} = 0.28 \text{ m}$$

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

El caudal específico en la garganta de la canaleta es el flujo que tiene esta ya sea por minutos, horas o segundos. Es el caudal por unidad de superficie.

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

Ecuación 38

Datos:

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

W : Ancho de la garganta (m); 1.06 m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.02 m^3/s

$$Q_w = \frac{0.02 \text{ m}^3/s}{1.06 \text{ m}}$$

$$Q_w = 0.02 \text{ m}^3/s.m$$

- **Ángulo de inclinación, θ :**

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

Ecuación 39

Datos:

θ : Angulo de inclinación (grados)

Q_w : Caudal específico en la garganta de la canaleta ($m^3/s.m$); 0.02 $m^3/s.m$

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

E_{hd} : Carga hidráulica disponible (m); 0.28m

$$\theta = \cos^{-1} \left[- \frac{0.02 \text{ m}^3/s.m * 9.8 \text{ m/s}^2}{\left(\frac{2(9.8 \text{ m/s}^2) * 0.28 \text{ m}}{3} \right)^{1.5}} \right]$$

$$\theta = 94.54^\circ$$

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

Es la velocidad en el que el agua residual llega hacia la zona convergente de la canaleta Parshall.

$$v_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2E_{hd} * g}{3}\right) * \cos\left(\frac{\theta}{3}\right)}$$

Ecuación 40

Datos:

v_1 : Velocidad antes del resalto (m/s)

θ : Angulo de inclinación (grados); 94.54°

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

E_{hd} : Carga hidráulica disponible (m); 0.28 m

$$v_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2(0.28 \text{ m}) * 9.8 \text{ m/s}^2}{3}\right) * \cos\left(\frac{94.54^\circ}{3}\right)}$$

$$v_1 = 2.31 \text{ m/s}$$

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

Es la altura del agua antes de ingresar a la sección divergente del canal Parshall.

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

Ecuación 41

Datos:

h_1 : Altura de agua antes del resalto (m)

Q_w : Caudal de agua (m^3/sm); 0.02 $m^3/s.m$

v_1 : Velocidad antes del resalto (m/s); 2.31 m/s

$$h_1 = \frac{0.02 \text{ m}^3/s.m}{2.31 \text{ m/s}}$$

$$h_1 = 0.008 \text{ m}$$

- **Numero de Froude, F_r :**

Es un número adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y la fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido.

$$F_r = \frac{v_1}{(g * h_1)^{0,5}};$$

Ecuación 42

Datos:

F_r : Número de Froude (adimensional)

h_1 : Altura de agua antes del resalto (m); 0.008 m

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

v_1 : Velocidad antes del resalto (m/s); 2.31 m/s

$$F_r = \frac{2.31 \text{ m/s}}{(9.8 \text{ m/s}^2 * 0.008 \text{ m})^{0,5}}$$

$$F_r = 8.25$$

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

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

Ecuación 43

Datos:

h_2 : Altura de agua después del resalto (m)

F_r : Número de Froude (adimensional); 8.25

h_1 : Altura de agua antes del resalto (m); 0.008m

$$h_2 = \frac{0.008 \text{ m}}{2} * \left(\sqrt{1 + 8(8.25)^2} - 1 \right)$$

$$h_2 = 0.09 \text{ m}$$

Se considera una altura de $2h_2$ para mayor homogeneidad al dosificar los polímeros clarificadores.

$$h_2 = 0.18 \text{ m}$$

- **Velocidad de resalto, V_2 :**

Es el fenómeno que se genera cuando una corriente supercrítica, es decir, rápida y poco profunda, cambia súbitamente a subcrítica, esto es, se vuelve una corriente lenta y profunda.

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

Ecuación 44

Datos:

v_2 : Velocidad después del resalto (m/s)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); $0.02 m^3/s$

W : Ancho de la garganta (m); $1.06 m$

h_2 : Altura de agua después del resalto (m); $0.18 m$

$$v_2 = \frac{0.02 m^3/s}{0.18 m * 1.06 m}$$

$$v_2 = 0.10 m/s$$

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

Es la altura final a la que llega el agua residual.

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

Ecuación 45

Datos:

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

h_2 : Altura de agua después del resalto (m); $0.18 m$

N : Dimensiones de la canaleta (m); $0.229 m$ (*Valor considerado de la Tabla 15-3) (Cepis, 2012 capitulo II pág. 59)*)

K' : Dimensiones de la canaleta (m); $0.076 m$ (*Valor considerado de la Tabla 15-3) (Cepis, 2012 capitulo II pág. 59)*)

$$h_3 = 0.18m - (0.229m - 0.076m)$$

$$h_3 = 0.03 m$$

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

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

Ecuación 46

Datos:

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

h_3 : Altura en la sección de salida de la canaleta (m); 0.03m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.02 m^3/s

C : Dimensiones de la canaleta (m); 1.98 m (*Valor considerado de la Tabla 15-3*) (Cepis, 2012 capítulo II pág. 59)

$$v_3 = \frac{0.02 \text{ m}^3/s}{1.98\text{m} * 0.03 \text{ m}}$$

$$v_3 = 0.34 \text{ m/s}$$

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

Es la pérdida de presión que se produce en un efluente debido a la fricción de las partículas del efluente entre sí y contra las paredes del canal que las conduce.

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

Ecuación 47

Datos:

h_R : Perdida de carga en el resalto (m)

H_m : Altura del flujo de agua (m); 0.05 m

K' : Constantes adimensionales; 0.076 m (*Valor considerado de la Tabla 15-3*) (Cepis, 2012 capítulo II pág. 59)

h_3 : Altura en la sección de salida de la canaleta (m); 0.03m

$$h_R = 0.05 \text{ m} + 0.076 \text{ m} - 0.03\text{m}$$

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

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

$$T_R = \frac{2G'}{v_2 + v_3}$$

Ecuación 48

Datos:

T_R : Tiempo de mezcla en el resalto (s)

G' : Dimensión de la canaleta (m); 0.915 m (*Valor considerado de la Tabla 15-3*) (*Cepis, 2012 capítulo II pág. 59*)

v_2 : Velocidad de resalto (m/s); 0.10 m/s

v_3 : Velocidad en la sección de salida (m/s); 0.34 m/s

$$T_R = \frac{2(0.915 \text{ m})}{0.10 \text{ m/s} + 0.34 \text{ m/s}}$$

$$T_R = 4.16 \text{ s}$$

• **Gradiente de velocidad, G:**

Es cuando los fluidos no resisten los esfuerzos cortantes por lo que estos fluirán sin importar lo pequeño que sea el esfuerzo aplicado.

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

Ecuación 49

Datos:

G : Gradiente de velocidad (s^{-1})

γ : Peso específico (KN/m^3); 9.789 KN/m^3 (*Valor considerado de la Tabla 12-3*) (*Metcalf & Eddy, 1995 pág. 1417*)

μ : Viscosidad dinámica ($N.s/m^2$); $1.002 \times 10^{-3} N.s/m^2$ (*Valor considerado de la Tabla 12-3*) (*Metcalf & Eddy, 1995 pág. 1417*)

T_R : Tiempo de mezcla en el resalto (s); 4.16 s

h_R : Pérdida de carga en el resalto (m); 0.09 m

$$G = \sqrt{\frac{9.789 \text{ KN/m}^3}{1.002 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2}} * \left(\frac{0.09 \text{ m}}{4.16 \text{ s}}\right)^{0.5}$$

$$G = 14.54 s^{-1}$$

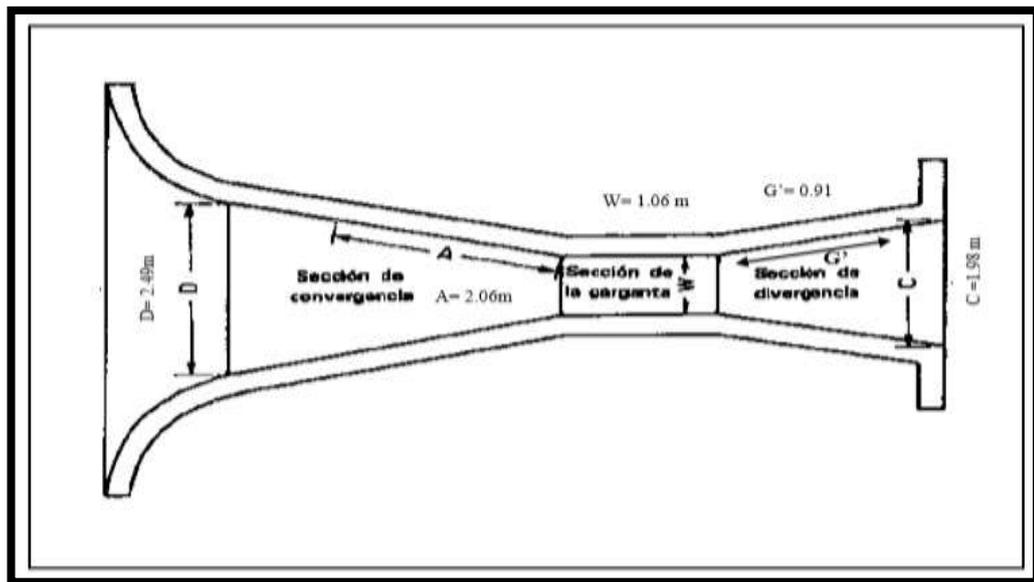


Figura 7-3: Dimensiones del canal Parshall

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

D: Dimensión de la canaleta (m)

A: Longitud de paredes sección convergente (m)

G': Dimensión de la canaleta (m)

W: Ancho de la garganta (m)

C: Ancho de la salida (m)

3.2.3.8 Tanque mezclador

“Es un tanque donde se retiene el agua por un determinado tiempo, hasta alcanzar un volumen determinado e inicia el proceso de coagulación, los agitadores de turbina son muy utilizados, con las variables óptimas, generan las mejores condiciones para que se formen el coagulo.” (Martinez, 1992)

3.2.3.8.1 Dimensionamiento del tanque mezclador

Para el dimensionamiento del tanque mezclador se utiliza el caudal punta ($0.02 \text{ m}^3/\text{s}$) con una pérdida del 10% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado ($0.018 \text{ m}^3/\text{s}$).

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

Tabla 16-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

Parámetros	Unidades	Medida
Tiempo de retención	(min)	1-60
Gradiente de velocidad	(s^{-1})	500-1000

Fuente: Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 1992 pág. 86

Tabla 17-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

Parámetro	Datos	Unidades	Expresión
Relación Geométrica (alfa)	$\frac{DT}{D} = 2$	-----	a
Relación Geométrica (beta)	$\frac{H}{D} = 1$	-----	b

Fuente: Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 1992 pág. 86

$$V_{TM} = Q_p * Trh$$

Ecuación 50

Datos:

V_{TM} : Volumen del tanque (m^3)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); $0.018 \text{ m}^3/\text{s}$

Trh : Tiempo de retención (s); 1320 s (Valor considerado de la Tabla 16-3) (Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86)

$$V_{TM} = 0.018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1320 \text{ s}$$

$$V_{TM} = 23.76 \text{ m}^3$$

- **Diámetro de la cámara de mezcla, D_{cm} :**

Es una línea recta que pasa por el centro de la cámara de mezcla y une dos puntos opuestos.

$$D_{cm} = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{TM} * a}{\pi * b}}$$

Ecuación 51

Datos:

D_{cm} : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

V_{TM} : Volumen del tanque sedimentador (m^3); $23.76 m^3$

a : Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*Valor considerado de la Tabla 17-3*) (*Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86*)

b : Relación geométrica (*adimensional*); 1 (*Valor considerado de la Tabla 17-3*) (*Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86*)

$$D_{cm} = \sqrt[3]{\frac{4 * 23.76 m^3 * 2}{\pi * 1}}$$

$$D_{cm} = 3.92 m \cong 4m$$

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

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

Ecuación 52

Datos:

H_M : Profundidad de la cámara de mezcla (m)

D_{cm} : Diámetro de la cámara de mezcla (m); $4 m$

a : Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*Valor considerado de la Tabla 17-3*) (*Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86*)

b : Relación geométrica (*adimensional*); 1 (*Valor considerado de la Tabla 17-3*) (*Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86*)

$$H_M = 1 * \frac{4 \text{ m}}{2}$$

$$H_M = 2 \text{ m}$$

- **Diámetro de la turbina, DT :**

$$DT = \frac{D_{cm}}{a}$$

Ecuación 53

Datos:

DT : Diámetro de la turbina (m)

D_{cm} : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 4 m

a : Relación geométrica (*adimensional*); 2 (*Valor considerado de la Tabla 17-3*) (*Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86*)

$$DT = \frac{4 \text{ m}}{2}$$

$$DT = 2 \text{ m}$$

- **Anchura de los deflectores, W_d :**

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

Ecuación 54

Datos:

W_d : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

DT : Diámetro de la turbina (m); 2 m

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

$$W_d = 0.20 \text{ m}$$

- **Dimensiones de las paletas**

- **Longitud de la paleta, B_P :**

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

Ecuación 55

Datos:

B_P : Longitud de la paleta (m)

DT : Diámetro de la turbina (m); 2 m

$$B_P = \frac{2 \text{ m}}{4}$$

$$B_P = 0.50 \text{ m}$$

- **Alto de la paleta, W_P :**

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

Ecuación 56

Datos:

W_P : Alto de la paleta (m)

D : Diámetro de la turbina (m); 3 m

$$W_P = \frac{3 \text{ m}}{4}$$

$$W_P = 0.75 \text{ m}$$

- **Potencia aplicada al agua residual, P_{AR} :**

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

$$P_{AR} = v * V_{TM} * G^2$$

Ecuación 57

Datos:

P_{AR} : Potencia aplicada al agua residual (Watt)

ν : Viscosidad dinámica del agua a 20°C ($\frac{Ns}{m^2}$); 0.001003 $\frac{Kg}{m \cdot s}$ (Valor considerado de la Tabla 12-3) (Metcalf & Eddy, 1995 pág. 1417)

V_{TM} : Volumen del tanque mezclador (m^3); 23.76 m^3

G : Gradiente de velocidad (s^{-1}); 1000 s^{-1} (Valor considerado de la Tabla 16-3) (Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 199 pág. 86)

$$P_{AR} = 0.001003 \frac{Kg}{m \cdot s} * 23.76 m^3 * (1000 s^{-1})^2$$

$$P = 23831.3 \text{ Watt}$$

$$P_{AR} = 2.38 \times 10^4 \text{ Watt}$$

- **Velocidad de rotación, N_R :**

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

Tabla 18-3 Número de potencia para diferente tipo de impulsores

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

Fuente: Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 1992 pág. 83

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

Ecuación 58**Datos:**

P : Potencia (Watt); 2.38×10^4 Watt

K : Número de potencia (adimensional); 6.3 (Valor considerado de la Tabla 18-3) (Programa Regional HPE/OPS/CEPIS, 1992 pág. 83)

ρ : Densidad del agua a 20°C ($\frac{Kg}{m^3}$); 998.2 $\frac{Kg}{m^3}$ (Valor considerado de la Tabla 12-3) (Metcalf & Eddy, 1995 pág. 1417)

DT : Diámetro de la turbina (m); 2 m

$$N_R = \sqrt[3]{\frac{2.38 \times 10^4 \text{ Watt}}{6.3 * 998.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (2\text{m})^5}}$$

$$N = 0.34 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N_R = 20.40 \text{ rpm}$$

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

$$q_i = \frac{DT}{5}$$

Ecuación 59

Datos:

q_i : Anchura de las paletas de impulsor (m)

DT : Diámetro de la turbina (m); 2 m

$$q_i = \frac{2 \text{ m}}{5}$$

$$q_i = 0.4 \text{ m}$$

- **Diámetro del disco central, D_S :**

$$D_S = \frac{D_{cm}}{4}$$

Ecuación 60

Datos:

D_S : Diámetro del disco central (m)

D_{cm} : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 4 m

$$D_S = \frac{4 \text{ m}}{4}$$

$$D_S = 1.00 \text{ m}$$

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

$$h_i = \frac{DT}{1}$$

Ecuación 61

Datos:

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

DT : Diámetro de la turbina (m); 2 m

$$h_i = \frac{2m}{1}$$

$$h_i = 2 \text{ m}$$

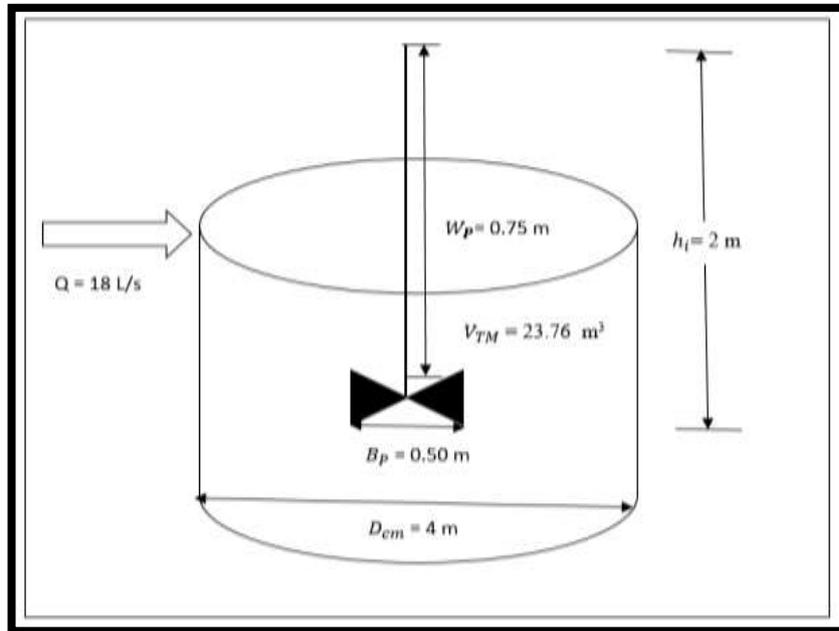


Figura 8-3: Dimensiones del tanque mezclador

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

V_{TM} : Volumen del tanque (m^3)

D_{cm} : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

B_p : Longitud de la paleta (m)

W_p : Alto de la paleta (m)

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

3.2.3.8.2 Dosificación de productos químicos

- **Dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)**

$$D_{PAC} = \frac{V_{TM} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P\ Jarras}}$$

Ecuación 62

Datos:

D_{PAC} : Dosis de PAC para la coagulación (ml)

V_{TM} : Volumen del tanque agitador (L) ; $23.76\ m^3 = 23760\ L$

$D_{PAC\ Jarras}$: Dosis de PAC óptimo en la prueba de jarras (ml) ; 240 ml (*Valor considerado de la Tabla 5-1*)

$V_{P\ Jarras}$: Volumen de referencia de la prueba de jarras (L); 1 L

$$D_{PAC} = \frac{23760\ L * 240\ ml}{1L}$$

$$D_{PAC} = 5702400\ ml$$

$$D_{PAC} = 5702\ L/dia$$

- **Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)**

$$C_{PAC} = Conc_{PAC} * D_{PAC}$$

Ecuación 63

Datos:

C_{PAC} : Cantidad de PAC (g/día)

$Conc_{PAC}$: Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras (g/L) ; 0.04 g/L (*Valor considerado de la Tabla 5-1*)

D_{PAC} : Dosis de PAC para la coagulación (L/día) ; $5702\ \frac{L}{dia}$

$$C_{PAC} = 0.04\ \frac{g}{L} * 5702\ \frac{L}{dia}$$

$$C_{PAC} = 288.08 \approx 288\ \frac{g}{dia}$$

$$C_{PAC} = 0.288\ \frac{kg}{dia}$$

- **Dosificación de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

$$D_{N-100} = \frac{V_{TA} * D_{N-100 \text{ Jarras}}}{V_{P \text{ Jarras}}}$$

Ecuación 64

Datos:

D_{N-100} : Dosis de Chemfloc N-100 para la coagulación (ml)

V_{TM} : Volumen del tanque agitador (L) ; $23.76 \text{ m}^3 = 23760 \text{ L}$

$D_{N-100 \text{ Jarras}}$: Dosis de Chemfloc N-100 óptimo en la prueba de jarras (ml) ; 20 ml (Valor considerado de la Tabla 5-1)

$V_{P \text{ Jarras}}$: Volumen de referencia de la prueba de jarras (L); 1 L

$$D_{N-100} = \frac{23760 \text{ L} * 20 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$D_{N-100} = 475200 \text{ ml}$$

$$D_{N-100} = 475.20 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

- **Cantidad de Auxiliar de Coagulación (Chemfloc N-100)**

$$C_{N-100} = \text{Conc}_{N-100} * D_{N-100}$$

Ecuación 65

Datos:

C_{N-100} : Cantidad de Chemfloc N-100(g/día)

Conc_{N-100} : Concentración de Chemfloc N-100 óptimo en la prueba de jarras (g/L); $0.80 \text{ g/L} = 800 \text{ ppm}$ (Valor considerado de la Tabla 5-1)

D_{N-100} : Dosis de Chemfloc N-100 para la coagulación (L/día); 475.20 L/día

$$C_{N-100} = 0.80 \frac{\text{g}}{\text{L}} * 475.20 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

$$C_{N-100} = 380 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

$$C_{N-100} = 0.380 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

3.2.3.9 Filtro lento de arena FLA

“Aun después de la floculación y la sedimentación quedan sólidos e impurezas presentes en el agua, ya que existen partículas no sedimentables de Floc, el proceso de filtración implica la eliminación de partículas en suspensión, haciendo pasar el agua a través de un lecho filtrante, el cual es una cama de material poroso o granular como por ejemplo arena y antracita, durante que el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión. “ (Spellman, Frank R., 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.

El filtro más ampliamente usado para remover sólidos suspendidos es el filtro de grava y arena y se le llama así precisamente porque es un lecho de grava y arena el que retiene las partículas suspendidas en el agua.

3.2.3.9.1 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 mezclador ($0.018 \text{ m}^3/\text{s}$), con una pérdida del 10% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado ($0.016 \text{ m}^3/\text{s}$).

Tabla 19-3 Condiciones para el diseño del Filtro lento de Arena

Parámetro	Rango	Unidad
Tasa de filtración	0.9-2	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
Velocidad en la tubería	11.95-12	m/s
Velocidad en el orificio	1.5-3.00	m/s
Número de laterales por lado	0.5-3	m
Diámetro de los orificios laterales	2-6	mm
Separación entre laterales	0.5-1.50	m
Longitud de cada lateral	2.00-3.00	m
Número de laterales por lado	2-4	-----
Separación entre orificio	0.025-0.1	m

Fuente: (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

- Superficie filtrante requerida, S_f :

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

Ecuación 66

Datos:

Sf: Superficie filtrante requerida (m^2)

Q_{punta}: Caudal punta (m^3/h); $0.016 m^3/s$; $57.60 m^3/h$

Tf: Tasa de filtración (m^3/m^2h); $1.5 m^3/m^2h$ (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero, 2014 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

$$Sf = \frac{57.60 \frac{m^3}{h}}{1.5 \frac{m^3}{m^2h}}$$
$$Sf = 38.4 m^2$$

- **Área de filtración, Af:**

$$Af = \frac{Sf}{n}$$

Ecuación 67

Datos:

Af: Área de filtración (m^2)

Sf: Superficie filtrante requerida (m^2); $64 m^2$

n: Número de filtros deseados; 2 unidades

$$Af = \frac{38.4m^2}{2}$$
$$Af = 19.2 m^2$$

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

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

Ecuación 68

Datos:

nf: Número de módulos de filtración (unidad)

Af: Área filtrante (m^2); $19.2 m^2$

$$nf = 0.5 * \sqrt[3]{19.2}$$
$$nf = 1.55 \cong 2 \text{ unidades}$$

- **Área de cada unidad, A_i :**

$$A_i = \frac{A_f}{n_f}$$

Ecuación 69

Datos:

A_i : Área de cada unidad (m^2)

A_f : Área filtrante (m^2); $19.2 m^2$

n_f : Número de filtros calculado; *2 unidades*

$$A_i = \frac{19.2 m^2}{2}$$

$$A_i = 9.6 m^2$$

- **Determinación de las dimensiones del filtro**

- **Longitud de la unidad, L_f :**

$$L_f = \left(\frac{2 * n_f * A_i}{2 * n_f} \right)^{0,5}$$

Ecuación 70

Datos:

L_f : Longitud de la unidad (m)

A_i : Área de la unidad (m^2); $9.6 m^2$

n_f : Número total de unidades de filtración; *2 unidades*

$$L_f = \left(\frac{2 * 2 * 9.6 m^2}{2 * 2} \right)^{0,5}$$

$$L_f = 3 m$$

- **Ancho de la unidad; b_f :**

$$b_f = \left[\frac{(n_f + 1) * A_i}{2 * n_f} \right]^{0,5}$$

Ecuación 71

Datos:

bf: Ancho de la unidad (m)

AI: Área de la unidad (m^2); 9.6

nf: Número total de unidades de filtración; 2 unidades

$$bf = \left[\frac{(2 + 1) * 9.6 \text{ m}^2}{2 * 2} \right]^{0,5}$$
$$bf = 2.68m$$

- **Diámetro de la tubería a la entrada del filtro, D_f :**

$$D_f = \sqrt{\frac{4 * Q_p}{v * \pi}}$$

Ecuación 72

Datos:

D_f : Diámetro de la tubería en la entrada del filtro (mm)

Q_p : Caudal punta para cada filtro (m^3/s); 0.059 m^3/s

v : Velocidad en la tubería (m/s); 12 m/s (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero, 2014 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

$$D_f = \sqrt{\frac{4 * 0.016 \frac{m^3}{s}}{12 \frac{m}{s} * \pi}}$$
$$D_f = 0.04 m$$
$$D_f = 40mm$$

- **Altura del filtro, Z_f :**

Tabla 20-3 Condiciones para el diseño del Filtro lento de Arena

Parámetro	Rango	Unidad
Altura de la grava	0.3	m
Altura de la arena	0.5-1.0	m
Altura de la capa de agua	1	m
Altura del lecho filtrante	0.60-0.75	m
Altura de la capa de soporte	0.30-0.45	m
Altura del drenaje	0.10-0.25	m
Factor de seguridad	10	%
Coficiente de uniformidad	1.8-2.0	Adimensional
Diámetro efectivo	0.15-0.35	mm
Tiempo de lavado	5-15	min
Tamaño efectivo del medio	0.15-0.35	mm

Fuente: Romero 2004 pág. 657)-(OPS, 2005 pág. 112

$$Z_f = F_s(C_A + L_A + C_S + F_C)$$

Ecuación 73

Datos:

Z_f : Altura del filtro (m)

F_s : Factor de seguridad (%); 10 % (Valor considerado de la Tabla 20-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 112)

C_A : Altura de la capa de agua (m); 1 m (Valor considerado de la Tabla 20-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 112)

L_A : Altura del lecho filtrante (m); 0.60 m (Valor considerado de la Tabla 20-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 112)

C_S : Altura de la capa de soporte (m); 0.30 m (Valor considerado de la Tabla 20-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 112)

F_C : Altura de drenaje (m); 0.10 m (Valor considerado de la Tabla 20-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 112)

$$Z_f = 1.10(1m + 0.60m + 0.30m + 0.10m)$$

$$Z_f = 2.20 \text{ m}$$

- **Volumen del filtro, V_f :**

$$V_f = L_f * b_f * Z_f$$

Ecuación 74

Datos:

V_f: Volumen del filtro (m^3)

L_f: Longitud del filtro (m); 3 m

b_f: Ancho del filtro (m); 2.68 m

Z_f: Altura del filtro (m); 2.20 m

$$V_f = 3 \text{ m} * 2.68 \text{ m} * 2.20 \text{ m}$$
$$V_f = 18 \text{ m}^3$$

• **Determinación del sistema de drenaje**

Se utilizara una tubería de 80 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, D_l:**

El diámetro es de 6 mm;(Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

$$D_l = 6 \text{ mm}$$

- **Área de cada orificio, A_o:**

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

Ecuación 75

Datos:

A_o: Área de cada orificio (m^2)

D_l: Diámetro de los orificios laterales (m)

$$A_o = \frac{\pi * (0.006 \text{ m})^2}{4}$$
$$A_o = 2.82 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

- Caudal que ingresa a cada orificio, Q_o :

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 76

Datos:

v_o : Velocidad en el orificio (m/s); $3 m/s$ (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

A_o : Área de cada orificio (m^2); $2.82 \times 10^{-5} m^2$

$$Q_o = 2.82 \times 10^{-5} m^2 * 3 \frac{m}{s}$$

$$Q_o = 8.48 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

- Número de laterales, # *laterales*:

$$\# \text{ laterales} = n * \frac{L_{tp}}{Sel}$$

Ecuación 77

Datos:

L_{tp} : Longitud total del filtro (m); $25.84 m$

n : Número de laterales por lado; 2 (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

Sel : Separación entre laterales (m); $1 m$ (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

$$\# \text{ laterales} = 2 * \frac{25.84 m}{1 m}$$

$$\# \text{ laterales} = 52$$

- Separación entre orificios

$$\# \text{ orificios} / \# \text{ laterales} = 2 * \frac{L_l}{e}$$

Ecuación 78

Datos:

L_l : Longitud de cada lateral (m); 2.5m (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

e : Espacio entre orificios (m); 0.075 m (Valor considerado de la Tabla 19-3) (Romero ,2004 pág. 657) – (OPS, 2005 pág. 110)

$$\frac{\#orificios}{\# laterales} = 2 * \frac{2.5 m}{0.075 m}$$

$$\#orificios / \# laterales = 67$$

- Número total de orificios

$$\#total de orificios = \#laterales - \#orificios / \# laterales$$

Ecuación 79

Datos:

Laterales = 100

#orificios/ Lateral = 67m

$$\#total de orificios = 100 * 52$$

$$\#total de orificios = 5200 orificios$$

- Área total de orificios, A_{to} :

$$A_{to} = A_o * \#total de orificios$$

Ecuación 80

Datos:

A_o : Área de cada orificio (m^2); $2.82 \times 10^{-5} m^2$

#total de orificios = 5200 orificios

$$A_{to} = 2.82 \times 10^{-5} m^2 * 5200$$

$$A_{to} = 0.15 m^2$$

- Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0.0015-0.005)

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0.15}{19.2} = 0.001 \rightarrow \text{si cumple}$$

Ecuación 81

Datos:

A_{to} : Área total de orificios = $0.15 m^2$

A_f : Área de filtración = $19.2 m^2$

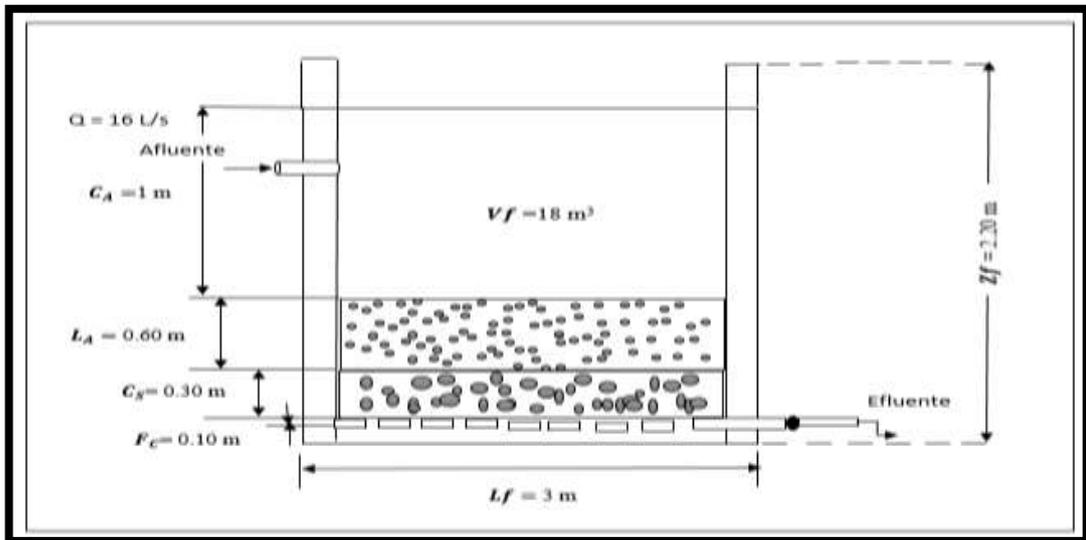


Figura 9-3: Dimensiones del filtro lento de Arena y Grava

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

C_A : Altura de la capa de agua (m)

L_A : Altura de la capa de arena (m)

C_S : Altura de la capa de grava (m)

F_C : Altura de drenaje (m)

L_f : Longitud del filtro (m)

Z_f : Altura del filtro (m)

V_f : Volumen del filtro (m^3)

3.2.3.10 Lecho de secado

“Son sistemas sencillos y de bajo costo, cuya función es la deshidratación de los lodos resultantes en el tratamiento, su acción se da mediante la evaporación por acción del sol. El residuo final, después de ser estabilizado, puede ser utilizado en el acondicionamiento de suelos o trasladados hacia un vertedero” (Romero, 2004)

El lecho de secado habitualmente es uno de los últimos componentes en un sistema de tratamiento de aguas residuales, debido a que la mayor cantidad de lodos provienen de los últimos procesos como: tanques mezcladores, sedimentadores, o de un filtro anaeróbico de flujo ascendente.

3.2.3.10.1 Dimensionamiento del lecho de secado

Al realizar el Test de jarras en 1000 ml de agua tratada se aplicó el polímero Policloruro de Aluminio PAC-P25A y el auxiliar aniónico chemfloc N-100, en el cual se obtuvo un volumen de fangos de 57.17 ml realizando un estimado para un caudal de diseño, obteniéndose un volumen de lodos digeridos de 604.62 L/día .

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

Tabla 21-3 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 pág. 17

$$V_{LE} = \frac{V_{DL} * t_D}{1000}$$

Ecuación 82

Datos:

V_{DL} : Volumen diario de lodos digeridos L/día ; 604.62 L/día

t_D : Tiempo de digestión (días); 40 días (Valor considerado de la Tabla 21-3) (OPS/CEPIS/05.163 pág. 17)

$$V_{LE} = \frac{604.62 \text{ L/día} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 24.19 \text{ m}^3$$

- **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 0.40 m.

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

Ecuación 83

Datos:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3); 24.19 m^3

H_a : Profundidad de aplicación (m); 0.40 m (Valor considerado del criterio de diseño del lecho de secado OPS/CEPIS 05,163 pág. 19)

$$A_{LS} = \frac{24.19 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 60.48 \text{ m}^2$$

- **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 m de ancho.

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

Ecuación 84

Datos:

A_{LS} : Área del lecho de secado (m^2); 60.48 m^2

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); 6 m (Valor considerado del criterio de diseño del lecho de secado OPS/CEPIS 05,163 pág. 19)

$$L_{LS} = \frac{60.48 \text{ m}^2}{6 \text{ m}}$$

$$L_{LS} = 10.08 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 85

Datos:

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m); 10.08 m

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

H_a : Profundidad de aplicación (m); 0.40 m

$$V_{TL} = 10.08 \text{ m} * 6 \text{ m} * 0.40 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 24.19 \text{ m}^3$$

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

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

Ecuación 86

Datos:

V_{TL} : Volumen del tanque (m^3); 24.19 m^3

Q_P : Caudal punta (m^3/s); 0.016 m^3/s

$$T_{DL} = \frac{24.19 \text{ m}^3}{0.016 \text{ m}^3/s}$$

$$T_{DL} = 1472.50 \text{ s} = 24.54 \text{ min}$$

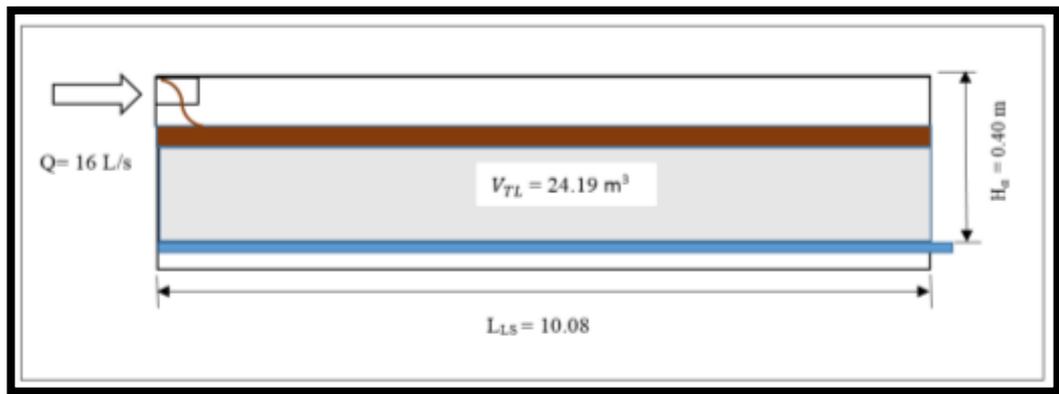


Figura 10-3: Dimensiones del Lecho de Secado

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Donde:

H_S : Profundidad de aplicación (m)

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m)

V_{TL} : Volumen del tanque (m^3)

3.2.3.11 Resultados

a. Caudal de diseño

Tabla 22-3 Determinación caudal punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal punta	Q	m ³ /s	0.02

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

b. Diseño de rejillas

Tabla 23-3 Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Separación entre barras	S	m	0.025
Velocidad de flujo	V	m/s	0.35
Área libre al paso del agua	A _L	m ²	0.05
Altura del tirante en el canal	h _{a'}	m	0.10
Altura del tirante de construcción	h _a	m	1.60
Ancho del canal	B	m	0.50
Ángulo de inclinación	α	°	60
Longitud de barras	L _b	m	2
Espesor de las barras	E	m	1.27x10 ⁻²
Número de barras	N _{bs}	Unidades	13
Pérdida de carga	H _c	m	0.03

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

c. Diseño de un canal de entrada

Tabla 24-3 Dimensionamiento de un canal de entrada

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho del canal	b	m	0.50
Altura total del canal	H_T	m	0.44
Altura máxima del agua	h_{max}	m	0.14
Área de la sección transversal	A_t	m^2	0.04
Velocidad media del canal	v_m	m/s	0.48
Radio hidráulico	RH	m	0.15

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

d. Diseño de un tanque sedimentador

Tabla 25-3 Dimensionamiento de un tanque sedimentador

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Velocidad de sedimentación crítica	v_{SC}	cm/s	0.010
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	v_P	cm/s	0.0935
Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa	θ	Grados	60
Área de sedimentación	A_s	m^2	24.69
Número de Reynolds	Re	-----	55.93
Longitud relativa del sedimentador	L_{rs}	-----	17
Longitud de transición	L_t	-----	0.73
Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición	L_{cr}	-----	16.27
Tiempo de retención en las placas	t_{rp}	min	18
Altura de ubicación de las placas	H_p	m	0.87
Tiempo de retención en el tanque sedimentador	Tr_s	min	41
Longitud del sedimentador	l_s	m	3.76
Ancho del sedimentador	b_s	m	1.88
Número de placas	N_p	unidades	47
Altura del sedimentador	h_s	m	3
Volumen del sedimentador	V_s	m^3	21.20

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

e. Diseño de un canal Parshall

Tabla 26-3 Dimensionamiento de un canal Parshall

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho de la garganta	W	m	1.06
Altura del agua en la sección de medición	H_m	m	0.05
Dimensiones de la Canaleta			
Longitud de paredes sección convergente	A	m	2.06
Longitud sección convergente	B	m	2.02
Ancho de la salida	C	m	1.98
Ancho entrada sección convergente	D	m	2.49
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	2.01
Velocidad de la sección de medición	V_0	m/s	0.20
Angulo de inclinación	θ	Grados	94.54
Carga hidráulica disponible	E_{hd}	m	0.28
Velocidad antes del resalto	v_1	m/s	2.31
Numero de Froude	F_r	-----	8.25
Altura de agua antes del resalto	h_1	m	0.008
Altura del agua después del resalto	h_2	m	0.18
Velocidad del resalto	v_2	m/s	0.10
Velocidad en la sección de salida	v_3	m/s	0.34
Altura en la sección de salida de la canaleta	h_3	m	0.03
Gradiente de velocidad	G'	s^{-1}	14.54
Perdida de carga en el resalto	h_R	m	0.09
Tiempo de mezcla en el resalto	T_R	s	4.16

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

f. Diseño de un tanque mezclador

Tabla 27-3 Dimensionamiento del mezclador lento mecánico de turbina

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Diámetro de la cámara de mezcla	D_{cm}	<i>m</i>	4
Alto de paleta	W_p	<i>m</i>	0.75
Anchura de los deflectores	W_d	<i>m</i>	0.20
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	h_i	<i>m</i>	2
Anchura de las paletas del impulsor	q_i	<i>m</i>	0.4
Diámetro del disco central	D_S	<i>m</i>	1
Longitud de la paleta	B_p	<i>m</i>	0.50
Diámetro de la turbina	DT	<i>m</i>	2
Potencia aplicada al agua residual	P_{AR}	<i>Watt</i>	2.38×10^4
Velocidad de rotación	N_r	<i>rpm</i>	20.40
Profundidad de la cámara de mezcla	H_M	<i>m</i>	2
Volumen del tanque	V_{TM}	m^3	23.76

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

g. Dosificación de productos químicos

Tabla 28-3 Dosificación de productos químicos

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Concentración de PAC-P25A optimo	$Conc_{PAC}$	<i>g/L</i>	0.04
Dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)	D_{PAC}	<i>L/dia</i>	5702
Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)	C_{PAC}	<i>kg/dia</i>	0.28
Concentración de Chemfloc N-100 optimo	$Conc_{N-100}$	<i>g/L</i>	0.80
Dosificación de Auxiliar de coagulación (de Chemfloc N-100)	D_{N-100}	<i>L/dia</i>	475.20
Cantidad de auxiliar de coagulación (de Chemfloc N-100)	C_{N-100}	<i>kg/dia</i>	0.38

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

h. Diseño de un filtro lento

Tabla 29-3 Dimensionamiento de filtro lento de arena

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de filtración	A_f	m^2	19.2
Área de cada unidad	A_i	m^2	9.6
Ancho de la unidad de filtración	b_f	m	2.68
Longitud de unidad de filtración	L_f	m	3
Diámetro de la tubería al ingreso	D_f	mm	40
Superficie filtrante requerida	S_f	m^2	38.4
Altura del filtro	Z_f	m	2.20
Volumen del filtro	V_f	m^3	18
Sistema de drenaje			
Caudal ingreso a cada orificio	Q_o	m^3/s	8.48×10^{-5}
Área total de orificios	A_{to}	m^2	0.15
Área de cada orificio	A_o	m^2	2.82×10^{-5}
Número de módulos de filtración	nf	<i>unidades</i>	2
Número de laterales	# Laterales	.....	100
Separación entre orificios	#Orificios/# Laterales	.....	67
Número total de orificios	#total Orificios	<i>unidades</i>	5200

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

i. Diseño de un lecho de secado

Tabla 30-3 Dimensionamiento del lecho de secado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho	b_{LS}	m	6
Longitud	L_{LS}	m	10.08
Área	A_{LS}	m^2	60.48
Profundidad	H_a	m	0.40
Tiempo para desalojar el lodo	T_{DL}	<i>min</i>	24.54
Volumen del tanque	V_{TL}	m^3	24.19

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.2.3.12 Análisis del agua residual tratada

Tabla 31-3 Resultados promedios del agua residual y tratada -San Simón Octubre y Noviembre

PARAMETROS	UNIDAD	A. RESIDUAL		MUESTRA COMPUESTA	AGUA TRATADA	Norma TULSMA
		OCTUBRE	NOVIEMBRE			Lim.Max.Per
COLOR	UTC	25.00	68.00	46.50	1.00	.....
TURBIEDAD	NTU	108.09	212.67	160.38	0.79	.....
pH	.....	7.55	8.17	7.86	7.11	6 a 9
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	247.25	637.16	442.21	159.36	.....
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	144.14	406.56	275.35	30.50	130
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	576.57	1626.23	1101.40	81.56	1600
TEMPERATURA	° C	18.34	17.96	18.15	17.78	.....
ACEITES Y GRASAS	mg/L	5.89	7.72	6.81	0.73	30.0
TENSOACTIVOS	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.08	0.5
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	63.03	62.33	62.68	13.02	50.0
FOSFORO TOTAL (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	2.90	4.03	3.47	1.11	10.0
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.61	0.60	0.60	0.43	30
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	14.00	13.80	13.90	1.50	1000
FLUORUROS (F)	mg/L	1.82	2.09	1.96	0.68	5.0
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	1.69	2.37	2.03	0.55	10.0
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	1.87	1.91	1.89	0.58	2.0
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.04	0.5
COBRE (Cu)	mg/L	0.06	0.07	0.07	0.06	1.0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	114.00	174.00	144.00	49.00	.....
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.007	0.007	0.007	0.007	5.0
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	3.52	4.73	4.13	0.56	1000
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.023	0.03	0.03	0.01	2.0
COBALTO (Co)	mg/L	0.07	0.07	0.07	0.06	0.5
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	5.0
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.09	0.1
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.1
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.52	3.26	2.89	0.575	2.0
BROMO (Br)	mg/L	0.08	0.08	0.08	0.08	.....
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	3.35	2.81	3.08	2.04	.....
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.21	0.26	0.24	0.01	.....
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	3.80	2.65	3.23	6.31	.....
DBO ₅	mg/L	284.13	368.26	326.19	23.54	100
DQO	mg/L	2512.13	2460.94	2486.54	34.74	200
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	5048.4	4736.00	4842.2	< 1	2000

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

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

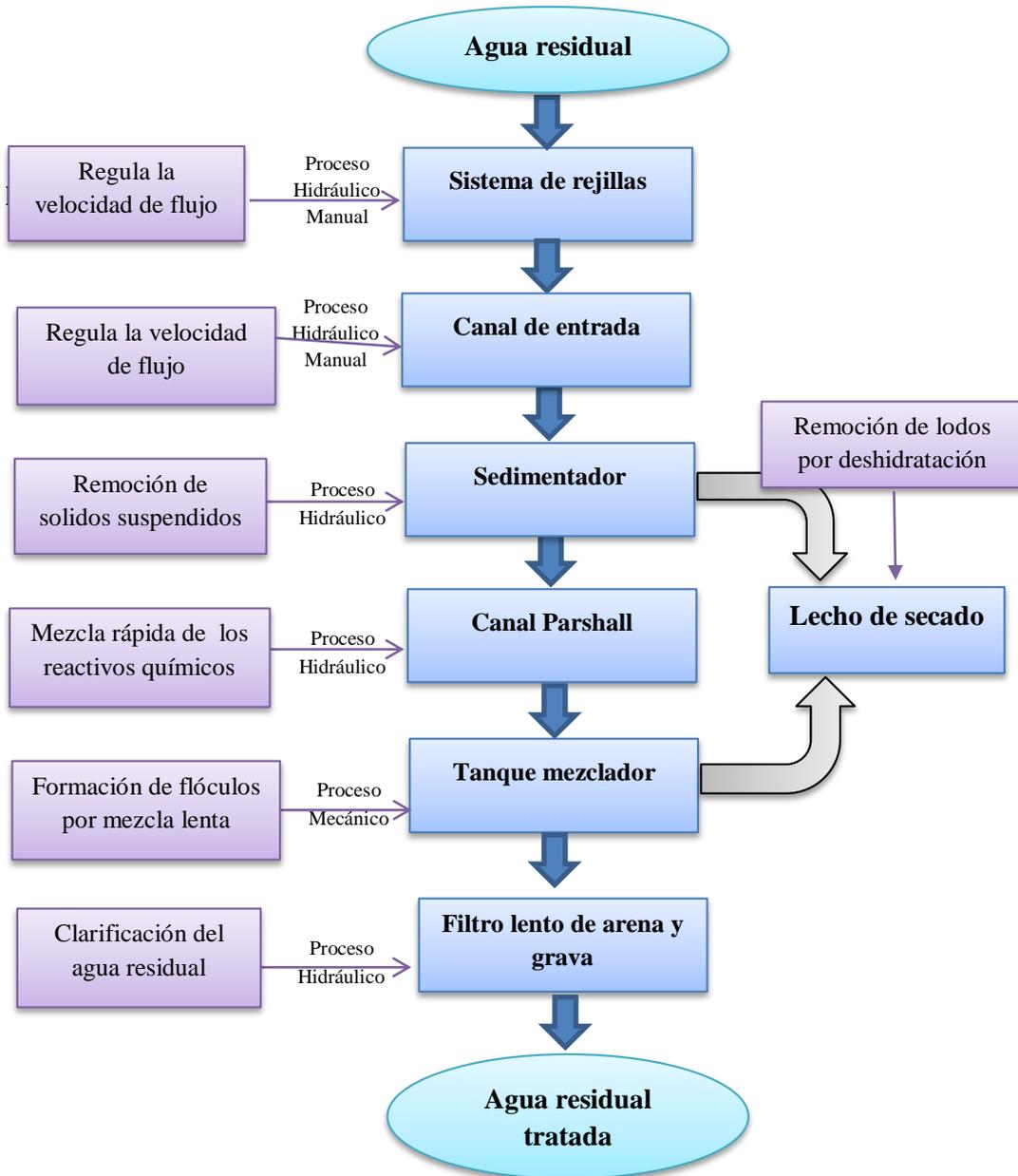


Figura 11-3: Sistema de Tratamiento

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

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 32-3 Materiales de muestreo y recolección de información

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Está fundamentada 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">• Borosilicato para caracterizaciones físico - químico.• Recipientes de vidrio.• Bolsas estériles Whirl - Pak para caracterizaciones bacteriológicas.	<ul style="list-style-type: none">• Se procede a recolectar dos muestras por un intervalo de tiempo de 15 minutos para luego transformar a una muestra compuesta, se toma las muestras en las horas pico.

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

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

Tabla 33-3 Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
Botas de caucho	GPS
Libreta	Cronómetro
Mascarilla	Cámara fotográfica
Lápiz	
Guantes	
Mandil impermeable	
Balde graduado de 120 litros	

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

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

En la siguiente tabla nos indica los equipos, materiales y reactivos necesarios para la caracterización del agua residual:

Tabla 34-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual

Análisis Físicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Kitasato	Turbidímetro	Formazin 800 FNU
Cronómetro	Destilador	Buffer pH 7.0
Buretas	Balanza analítica	Formazin20 FNU
Cámara fotográfica	Colorímetro	Buffer pH 4.0
Buchner	Estufa	Formazin <0.1 FNU
Escobilla de cerdas		Formazin4000 FNU
Guantes	Conductímetro	Formazin 100 FNU
Esferográfico	Fotómetro	Formazin 200 FNU
Mandil	Phmetro	Formazin 1000 FNU
Mascarilla		
Vasos de precipitación		
Pipetas		
Soporte universal		
Paños absorbentes		

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 35-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual

Análisis Químicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Matraz Erlenmeyer	Estufa	Ascorbic acid
Probeta milimetrada	Espectrofotómetro	Aluver
Botellones plásticos	Fotómetro	Alkaline cyanide
Vasos de precipitación	Baño María	Bleaching 3
Cámara fotográfica		Cromo 1
Cronómetro		Chromater 3
Embudo de vidrio		Cromo 2
Gradilla		Cyanurate ammonium
Cubetas		Cuver 1
Guantes		DPD cloro total
Mascarillas		EDTA 0.020 N
Libreta		EDTA (Sobres)
Paños absorbentes		Ferover
Papel filtro		MolyVer 3
Parafilm		MolyVer 2
Pera de succión		MolyVer 1
Pipeta		Nitraver 5
Pat absorbente		Nitriver
Pipeta volumétrica		Pan indicador sln 0.3 %
Tubos de ensayo		Pads absorbente
Pinza		Pan indicador sln 0.1 %
Varilla		Phosver
Frascos cuenta gotas con tetina		Reactivo acido cromo
		Phthalate-fosfato
		Reagent acid cromo
		Salicylate ammonium
		Reagent Spands

		Sulfater 4 Solución férrica Tiocianato mercúrico THM Plus reagent 4 THM Plus reagent 3 THM Plus reagent 1 THM Plus reagent 2
--	--	--

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 36-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual

Análisis Microbiológicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Lente de aumento Pinza Capsula de Petri Esfero Matraz Libreta Mandil Guantes Mascarilla Cofia Toallas absorbentes	Reverbero Bomba de succión Espectrofotómetro Incubadora Autoclave	Ampollas m-coliblu Filtros de membrana Alcohol antiséptico 70° Ampollas endo

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Para la caracterización de las muestras de agua residual, los parámetros con sus pertinentes métodos se detallan a continuación:

Tabla 37-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Método
Ph	-----	Potenciométrico. REF1001/S503.
Conductividad	μS/cm	Conductimétrico. REF1001/S501.
Color	UTC	Colorimétrico. REF1001/S502.
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505.
Temperatura	°C	Conductimétrico/ Potenciométrico. REF1001/S501.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504.

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 38-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua

Parámetro	Unidad	Método
Nitrógeno amoniacal (NH ₃ -N)	mg/L	Espectrofotométrico (Nesslerización). REF1001/S516.
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Diazotación). REF1001/S515.
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido ascórbico). REF1001/S511.
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Reducción cadmio). REF1001/S514.
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Sulfaver 4). REF1001/S517.
Hierro total (Fe)	mg/L	Espectrofotométrico (Ferrover). REF1001/S512.
Fluoruros (F)	mg/L	Espectrofotométrico (Spands). REF1001/S510.
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (PAN). REF1001/S513.
Cobre (Cu)	mg/L	Espectrofotométrico(Bicinchoninato) REF1001/S507.
Cromo Hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	Espectrofotométrico (1,5 Dinitilcarbohidacida). REF1001/S508.
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Aluminón). REF1001/S518.
Níquel (Ni)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S526.
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Tiocianato mercurio). REF1001/S522.
Cobalto (Co)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S523.
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	Fotométrico (Zinc). REF1001/S531.
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	Fotométrico (4- piridil-2-azo-resorcina). REF1001/S529.
Plata (Ag ⁺)	mg/L	Fotométrico. REF1001/S528.
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	Fotométrico. REF1001/S521
Bromo (Br)	mg/L	Espectrofotométrico (DPD). REF1001/S520.
Bario (Ba ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S519.
Cromo total (Cr)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina). REF1001/S524.
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido mercaptoacético). REF1001/S525.
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Fotométrico (DOO REF985830)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	Fotométrico (DBO ₅ REF985822)
Oxígeno disuelto (O ₂)	mg/L	Fotométrico (O ₂ REF931288)

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 39-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes totales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S601. Standard Methods No.36002
Coliformes fecales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S602. Standard Methods No.36013

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.5 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

Tabla 40-3 Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Precio Global(\$)
REJILLAS				
Marco de hierro	U	5	35.00	175.00
Limpieza y desbroce	m ²	21	1.00	21.00
Canal	m ²	1.00	210.00	210.00
			Subtotal	406.00
CANAL DE ENTRADA				
Limpieza y desbroce	m ²	0.90	1.00	0.90
Replanteo y nivelación	m ²	0.80	6.20	4.96
Excavación manual para canal.	m ³	1.00	9.50	9.50
Replanteo de H.S. 140kg/cm ²	m ³	1.00	295.50	295.50
Hormigón Simple F' C= 210 Kg/cm ²	m ³	1.00	190.20	190.20
			Subtotal	501.06
SEDIMENTADOR DE ALTA TASA				
Limpieza y desbroce	m ²	180.25	1.00	180.25
Replanteo y nivelación	m ²	150.25	6.20	931.55
Excavación manual	m ³	270.60	9.50	2570.70
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	8.2	95.50	783.10
Hormigón simple F' C= 210Kg/cm ²	m ³	60.54	190.20	11514.71
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	289.65	9.45	2737.19
Encofrado de madera	m ²	100.02	9.00	900.18
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	250.02	6.90	1725.14
			Subtotal	21342.82

CANAL PARSHALL				
Limpieza y desbroce	m ²	18.25	1.00	18.25
Replanteo y nivelación	m ²	16.25	6.20	100.75
Excavación manual	m ³	16.60	9.50	157.70
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	0.9	95.50	85.95
Hormigón simple F'C= 210Kg/cm ²	m ³	4.60	190.20	874.92
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	6.51	9.45	61.52
Encofrado de madera	m ²	12.02	9.00	108.18
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	150.58	6.90	1039.01
			Subtotal	2446.28
TANQUE MEZCLADOR				
Limpieza y desbroce	m ²	81.50	1.00	81.50
Replanteo y nivelación	m ²	81.50	6.20	505.30
Excavación manual	m ³	170.50	9.50	1619.75
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	14.80	95.50	1413.40
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm ²	m ³	15.75	190.20	2995.65
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	160.00	9.45	1512.00
Encofrado con madera	m ²	140.00	9.00	1260.00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	490.50	6.90	3384.45
			Subtotal	12772.05
FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA				
Limpieza y desbroce	m ²	94.25	1.00	94.25
Replanteo y nivelación	m ²	94.25	6.20	584.35
Excavación manual	m ³	60.60	9.50	575.70
Grava	m ³	22.20	48.50	1076.70
Hormigón simple F'C= 210Kg/cm ²	m ³	48.54	190.20	9232.31
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	128.65	9.45	1215.74
Encofrado de madera	m ²	90.02	9.00	810.18
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	80.02	6.90	552.14
Arena	m ³	38.30	20.40	781.32
			Subtotal	13847.07
LECHO DE SECADO				
Excavación manual	m ³	65.20	9.50	619.40
Replanto de H.S. f' c=180kg/cm ²	m ³	1.6	95.50	152.80

Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm2.	m ³	10.85	190.20	2063.67
Pintura de cemento blanco, para exteriores	m ²	78.76	9.60	756.09
			Subtotal	3591.96
PRECIO TOTAL DEL SISTEMA FÍSICO DE TRATAMIENTO				54907.24

Fuente: Ingeniero Civil del EP.EMAPA-G

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 41-3 Determinación de los costos de dosificación

Detalle	Unidad	Consumo (día)	Costo por unidad (\$)	Costo por día (\$)	Costo por mes (\$)	Costo anual (\$)
Policloruro de aluminio PAC-025	kg	0.288	0.90	0.26	7.80	93.60
Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	kg	0.380	9.00	3.42	102.60	1231.20
TOTAL				3.68	110.40	1342.80

Fuente: JP Química ubicada en la Urb Molinos de Viento, Casa 36, Calle Sancho Panza y Shyris – Vía Sangolquí- Amaguaña . Quito

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.6 Porcentaje de remoción

Tabla 42-3 Determinación del % de remoción promedio de la muestra compuesta-Octubre y Noviembre

Parámetro	Agua residual	Agua tratada	Unidad	% de remoción
Color	46.5	1	Und Co/Pt	97.27
Turbiedad	160.38	079	UNT	99.46
Solidos suspendidos totales	275.35	30.50	mg/L	86.91
Nitrógeno total	62.68	13.02	mg/L	79.22
Bario	2.89	0.58	mg/L	79.98
DBO ₅	326.19	23.54	mg/L	92.71
DQO	2486.54	34.74	mg/L	98.61
Coliformes fecales	4842.20	0.09	NMP/100ml	99.99

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.6.1 Parámetros físico-químicos y bacteriológicos fuera de Norma

3.6.1.1 Parámetros Físicos

Tabla 43-3 Caracterización físico del color agua residual y tratada

Agua Residual (UTC)	Agua Tratada (UTC)	Limite permisible (UTC)	Remoción (%)
46.5	1	.....	97.27

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

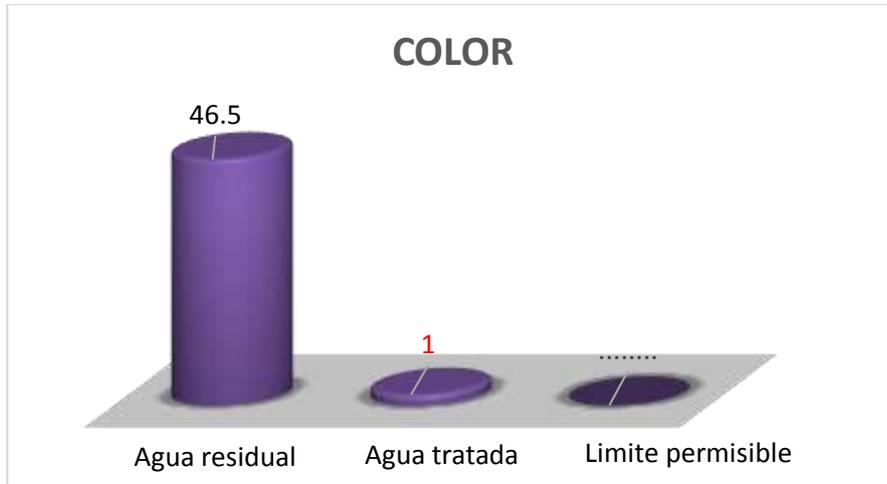


Gráfico 2-3. Disminución de concentración del color

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 44-3 Caracterización físico de la turbiedad agua residual y tratada

Agua Residual (NTU)	Agua Tratada (NTU)	Limite permisible (NTU)	Remoción (%)
160.38	0.79	.....	99.46

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 3-3. Disminución de concentración de la turbiedad

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 45-3 Caracterización química de los sólidos suspendidos totales agua residual y tratada

Agua Residual (mg/L)	Agua Tratada (mg/L)	Limite permisible (mg/L)	Remoción (%)
275.35	30.5	130	86.91

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 4-3. Disminución de concentración de los sólidos suspendidos totales

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.6.1.2 Parámetros Químicos

Tabla 46-3 Caracterización química del nitrógeno total agua residual y tratada

Agua Residual (mg/L)	Agua Tratada (mg/L)	Limite permisible (mg/L)	Remoción (%)
62.68	13.02	50.00	79.22

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 5-3. Disminución de concentración del nitrógeno total

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 47-3 Caracterización química del bario agua residual y tratada

Agua Residual (mg/L)	Agua Tratada (mg/L)	Limite permisible (mg/L)	Remoción (%)
2.89	0.58	2.00	79.98

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 6-3. Disminución de concentración del bario

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 48-3 Caracterización química de la DBO₅ agua residual y tratada

Agua Residual (mg/L)	Agua Tratada (mg/L)	Limite permisible (mg/L)	Remoción (%)
326.19	23.54	100	92.71

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 7-3. Disminución de concentración de la DBO₅

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

Tabla 49-3 Caracterización química de la DQO agua residual y tratada

Agua Residual (mg/L)	Agua Tratada (mg/L)	Limite permisible ((mg/L)	Remoción (%)
2486.54	34.74	200	98.61

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 8-3. Disminución de concentración de la DQO

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.6.1.3 Parámetros Microbiológicos

Tabla 50-3 Caracterización bacteriológica de coliformes fecales agua residual y tratada

Agua Residual (NMP/100ml)	Agua Tratada (NMP/100ml)	Limite permisible (NMP/100ml)	Remoción (%)
4842.20	0.09	2000	99.99

Realizado por: Sindia Jaya, 2017



Gráfico 9-3. Disminución de concentración de coliformes fecales

Realizado por: Sindia Jaya, 2017

3.7 Análisis

La obtención de los resultados se basó tomando en cuenta que la parroquia de San Simón por lo general posee un clima variado por lo que presenta variaciones en las precipitaciones pluviales, percutiendo en el aumento del efluente contaminante al unirse con las aguas residuales domésticas generadas por la población, posteriormente estas son descargadas directamente al Río Guaranda a través del alcantarillado, siendo un problema que debe ser solucionado, el aforo del caudal del agua residual se realizó por medio del método volumétrico en los meses de Octubre y Noviembre, especificado en la Tabla 1-1, así como la toma de muestras del agua residual para su respectivo análisis se efectuó en los meses anteriormente mencionados.

Para efectuar las tabulaciones de la caracterización físico – químico y microbiológico del agua residual se determinó dos muestras compuestas, obteniendo los resultados para poder efectuar la remoción de los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de cada muestra compuesta basado en la norma TULSMA, LIBRO VI, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Mediante el Test de jarras se realizó la tratabilidad de los parámetros que no se apegaron a la norma, aplicando un tratamiento físico-químico al efluente con dosificaciones a diferentes concentraciones del coagulante (Policloruro de aluminio, floculante (chemfloc), permitiendo bajar las concentraciones que se encuentran fuera de los límites permisibles, a la vez se consideró parámetros que no se encuentran establecidos bajo la norma vigente que repercute en la estética del líquido como son el color, turbiedad, así también la presencia de microorganismo por coliformes totales.

La muestra compuesta que presenta una turbiedad de 160.38 NTU y un color de 46.50 UTC, los parámetros que se encontraban fuera de la norma eran los sólidos suspendidos totales con una concentración de 275.35 mg/L siendo su límite permisible 130 mg/L, nitrógeno total con una concentración de 62.68 mg/L siendo su límite permisible 50 mg/L, bario con una concentración de 2.89 mg/L siendo su límite permisible 2 mg/L, DBO5 con una concentración 326.19 mg/L siendo su límite permisible 100 mg/L, DQO con una concentración de 2486.54 mg/L siendo el límite permisible 200 mg/L, coliformes fecales 4842.20 NMP/100mL siendo el límite permisible 2000 NMP/100mL, como se indica en la Tabla 3-1.

Posteriormente luego del test de jarras se simuló a nivel laboratorio los ensayos de tratamiento obteniéndose como resultado las concentraciones de sólidos suspendidos de 30.50 mg/L, Nitrógeno total de 13.02 mg/L, bario de 0.58 mg/L, DBO5 de 23.54 mg/L, DQO de 34.74 mg/L, coliformes fecales <1** NMP/100mL, turbiedad 0.79 NTU y color 1 UTC, obteniéndose una remoción del: 97.27 % para el color, 99.46 % turbiedad, 86.91 % sólidos suspendidos totales, 79.22 % nitrógeno total, 79.98 % bario, 92.71 % DBO, 98.61 % BQO y más del 99% de Coliformes fecales como se indica en la Tabla 42-3.

CONCLUSIONES

- Según la caracterización inicial física, química y microbiológica de las aguas residuales provenientes de la parroquia San Simón de las dos muestras compuestas realizadas, determino los parámetros que se encuentran fuera de norma TULSMA, Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Siendo el promedio de estos: Color 46.50 UTC, Turbiedad 160.38 NTU, Sólidos suspendidos totales 275.35 mg/L, Nitrógeno total 62.68 mg/L, Bario 2.90 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno 326.19 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 2486.54 mg/L, Coliformes Fecales 4842 NPM/100mL.
- Las variables identificadas apropiadas para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales fueron: el caudal punta $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$, se considera la población futura estimada 6497 habitantes para una vida útil de 15 años.
- Se realizaron los cálculos según criterios de diseño obteniendo un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia San Simón que consta de los siguientes procesos: rejillas, canal de entrada, sedimentador, canal Parshall, tanque mezclador, filtro lento de arena y grava, y lecho de secado. Estos procesos resultaron eficientes para cumplir con los parámetros que están fuera de norma.
- El costo estimado para la implementación y ejecución del proyecto es de 54907.24 dólares (cincuenta y cuatro mil novecientos siete dólares con veinte y cuatro centavos) este valor abarca materiales de construcción con sus respectivos accesorios Así también el costo mensual de los productos químicos para el tratamiento del agua residual es de \$ 110.40 (ciento diez con cuarenta centavos).
- Con el diseño del tratamiento planteado y el uso de la relación del índice de biodegradabilidad se comprobó mediante la experimentación y caracterización físico-químico y microbiológica final del efluente contaminado, la disminución de una gran cantidad de contaminantes teniendo como resultado Color 97.27%, Turbiedad 99.46%, Sólidos suspendidos totales 86.91%, Nitrógeno total 79.22%, Bario 79.98%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 92.71%, Demanda Química de Oxígeno 98.61% y más del 99% de Coliformes fecales. El diseño seleccionado del Sistema de Tratamiento de aguas residuales fue validado con los resultados de los parámetros analizados (Observar Tabla 31-3) en relación a la norma TULSMA, LIBRO

VI Acuerdo ministerial 097A del 30 de Julio 2015. Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

RECOMENDACIONES

- Realizar la implementación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Parroquia San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar para minimizar el grado de contaminación en el río Guaranda.
- Adquirir equipos de campo para determinar los parámetros puntuales que permitan llevar un cuantío de calidad adecuado del sistema de tratamiento.
- Se recomienda realizar la caracterización físico químico y microbiológico periódicamente de la descarga del agua residual y de esta manera 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.
- Debido que las rejillas es de limpieza manual se deben limpiar cada que se observe mayor acumulación de materia orgánica o solidos de gran tamaño que obstruyen el paso del efluente hacia la planta, la materia sólida que es limpiada se debe colocar en un lugar adecuado como en un botadero de basura.
- Realizar un estudio de impacto ambiental con la finalidad de saber que medio físico y biótico se verá afectado con la construcción del sistema de tratamiento, y así tomar las debidas precauciones de construcción y protección al ambiente.
- Los lodos obtenidos por procesos físicos actúan segregando especies iónicas o moleculares , procedentes de flujos de residuos de composición múltiple es decir no requieren reacciones químicas para ser efectivos mientras que los lodo obtenidos por procesos físicos químicos producen una modificación de la estructura molecular de los componentes peligrosos de dichos residuos y requieren de una reacción química . Los lodos están formados por sustancias contaminantes y peligrosas para la salud por tal motivo deben ser estabilizados, espesados y desinfectados, ante de llevarlo a su disposición final. Por lo que recomendaría que los lodos que se generaron durante el proceso de tratamiento deben ser utilizados como abono o compost para los suelos del mismo sector, haciéndolos fértiles debido a que son ricos en materia orgánica y de esta manera mejorando la actividad agrícola y obteniendo productos de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **CABANILLA & Frank.** Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos. Obtenido [En línea] 10 de Septiembre de 2015. [Citado el: 04 de Junio de 2016.]
2. **CRITES, R.** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.* Bogotá-Colobia : McGraw Hil, 2000.
3. **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE SAN SIMÓN.** (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.* Obtenido en [En línea] 2015-2021.
4. **METCALF & EDDY.** *Ingenieria de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilizacion.* Madrid-España : s.n., 1995.pp.172-174-1417
5. **METCALF & EDDY.** *Ingeniería de Aguas residuales.* Madrid-España : San Cristobal, 2005.
6. **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.** *Tratamiento de Aguas residuales.* Ecuador-Guaranda : E.P-Emapag, 2012,pp.48-62
7. **MARTINEZ.** *Termodinamica Basica y Aplicada.* Madrir : s.n., 1992.
8. **PERÚ, GTZ-OPS/OMS-HPE-CEPIS.,** *Proyecto Educación Continua en Tecnologías Apropriadas en Agua y Saneamiento para Profesores Universitarios en América Latina., HPE-CEPIS.* 1992.pp.85-86
9. **RAMALHO,R.,** *Tratamiento de Aguas Residuales.2ed., Sevilla-España. Revete S.A* 2003.
10. **RAS.** Reglamento Tecnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas. [En línea] 2000. [Citado el: 07 de Junio de 2016.] http://cra.gov.co/apc-aafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf.
11. **ROJAS, R.** *Sistemas de tratamiento de aguas residuales: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales .* Lima-Perú : CEPIS/OPS-OMS, 2002.
12. **ROMERO, J.** *Tratamiento de aguas residuales, Teoria y principios de diseño.* Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2004, pp. 635-657
13. **ROMERO, Jairo.** *Calidad del Agua:Teoria y Principios de Diseño.* Bogota-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, pp. 88
14. **SPELLMAN, Frank R.** *Manual de Agua potable.* 2004.
15. **TULSMA .** *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislacion Secundaria.* Obtenido [En línea] 4 de Mayo de 2015.

ANEXOS

Anexo A. ANEXO 1 DEL LIBRO VI TABLA 9. ACUERDO MINISTERIAL 097A DEL 30 DE JULIO 2015 .LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución:1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno(5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0

Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	<i>mg/l</i>	0,05
Compuestos organofosforados	Organofosforados Totales	<i>mg/l</i>	0,1
Plata	Ag	<i>mg/l</i>	0,1
Plomo	Pb	<i>mg/l</i>	0,2
Potencial Hidrógeno	Ph		6-9
Selenio	Se	<i>mg/l</i>	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	<i>mg/l</i>	130
Sólidos Totales	ST	<i>mg/l</i>	1600
Sulfatos	SO_4^{-2}	<i>mg/l</i>	1000
Sulfuros	S^{-2}	<i>mg/l</i>	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	<i>mg/l</i>	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de carbono	<i>mg/l</i>	1,0

FUENTE: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Tabla 9 Acuerdo Ministerial 097A del 30 de Julio 2015.

Anexo B. CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL (MES OCTUBRE)

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA CUERPO RECEPTOR (HORAS PICO)								
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MONITOREADA					PROMEDIO
		Lim.Max.Per	01-oct	06-oct	13-oct	22-oct	28-oct	
COLOR	UTC	Ina. En dis	30,00	20,00	15,00	35,00	25,00	25,00
TURBIEDAD	NTU	.....	110,34	100,27	94,63	130,86	104,37	108,09
pH	.....	6-9	7,56	7,26	7,91	7,65	7,37	7,55
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	uS/cm	.....	264,37	220,07	190,60	310,57	250,64	247,25
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	150,64	123,69	95,38	180,67	170,33	144,14
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	602,56	494,76	381,52	722,68	681,32	576,57
TEMPERATURA	°C	.....	18,95	18,06	17,98	18,67	18,05	18,34
ACEITES Y GRASAS	mg/L	30,00	0,75	7,20	7,40	7,10	7,00	5,89
TENSOACTIVOS	mg/L	0,50	0,08	0,12	0,16	0,18	0,19	0,15
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	61,20	53,47	68,70	63,42	68,34	63,026
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	2,65	3,86	3,60	1,70	2,69	2,90
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	30	0,25	0,86	0,75	0,46	0,72	0,608
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	10,00	12,00	12,00	22,00	14,00	14,0
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	1,81	1,80	1,69	1,97	1,82	1,818
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	1,68	1,75	1,64	1,71	1,66	1,688
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	1,89	1,94	1,74	1,82	1,95	1,868
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,034	0,043	0,052	0,042	0,064	0,047
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05	0,06
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	140,00	100,00	120,00	110,00	100,00	114,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,0074
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	3,40	3,23	3,64	3,45	3,87	3,518
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,019	0,022	0,025	0,028	0,021	0,023
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,070	0,065	0,069	0,072	0,068	0,0688
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,98	3,24	2,12	2,16	2,12	2,524
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,076
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	2,35	3,95	3,54	3,36	3,54	3,348
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,21	0,19	0,20	0,25	0,21	0,212
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	4,00	3,00	3,00	4,00	5,00	3,8
DBO ₅	mg/L	100	234,56	330,65	270,64	304,13	280,67	284,13
DCO	mg/L	200	2560,98	2260,43	2584,05	2614,57	2540,63	2512,13
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	2000	4640	5430	4350	5452	5370	5048,4

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, TABLA 10, DESCARGA A UN CUERPO DOLCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G



ING. RAUL ALLAN
Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G



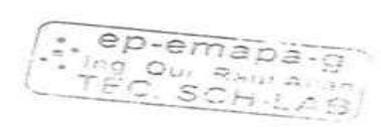
Anexo C. CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL (MES NOVIEMBRE)

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO								
AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA CUERPO RECEPTOR (HORAS PICO)								
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MONITOREADA					PROMEDIO
		Lim. Max. Per	02-nov	12-nov	17-nov	24-nov	26-nov	
COLOR	UTC	ina. En dis	90,00	70,00	50,00	85,00	45,00	68,00
TURBIEDAD	NTU	.....	220,69	216,07	170,64	315,25	140,68	212,67
pH	.....	6-9	8,45	8,13	7,98	8,05	8,24	8,17
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	762,63	637,28	542,67	765,19	478,05	637,16
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	462,28	408,64	326,59	589,37	245,91	406,56
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	1849,12	1634,56	1306,36	2357,48	983,64	1626,23
TEMPERATURA	°C	.....	17,96	18,05	17,68	18,13	17,97	17,96
ACEITES Y GRASAS	mg/L	30,00	8,04	7,41	7,94	7,81	7,41	7,72
TENSOACTIVOS	mg/L	0,50	0,15	0,13	0,17	0,18	0,14	0,15
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	63,20	65,92	64,23	50,81	67,48	62,33
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	3,74	4,16	4,60	3,70	3,96	4,03
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₄ -N)	mg/L	30	0,34	0,56	0,83	0,78	0,47	0,60
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	12,00	16,00	11,00	17,00	13,00	13,80
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	2,14	1,96	1,87	2,06	2,43	2,09
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	2,65	2,08	2,46	2,17	2,49	2,37
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	1,95	1,93	1,98	1,73	1,96	1,91
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,045	0,052	0,048	0,053	0,047	0,05
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	160,00	140,00	170,00	190,00	210,00	174,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,006	0,007	0,008	0,008	0,006	0,01
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	4,56	4,27	5,12	4,64	5,07	4,73
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,024	0,027	0,032	0,028	0,030	0,03
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,072	0,070	0,070	0,068	0,075	0,07
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	3,25	3,46	3,09	3,34	3,18	3,26
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	2,45	2,96	2,58	3,07	2,97	2,81
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,24	0,27	0,24	0,30	0,26	0,26
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	2,00	3,50	2,57	2,13	3,07	2,65
DBO ₅	mg/L	100	360,58	343,76	357,96	380,64	398,34	368,26
DOO	mg/L	200	2964,57	2250,34	2240,98	2481,72	2367,64	2460,94
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	2000	5726	4520	5430	3680	4324	4736,00

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, TABLA 10, DESCARGA A UN CUERPO DULCE
 NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G

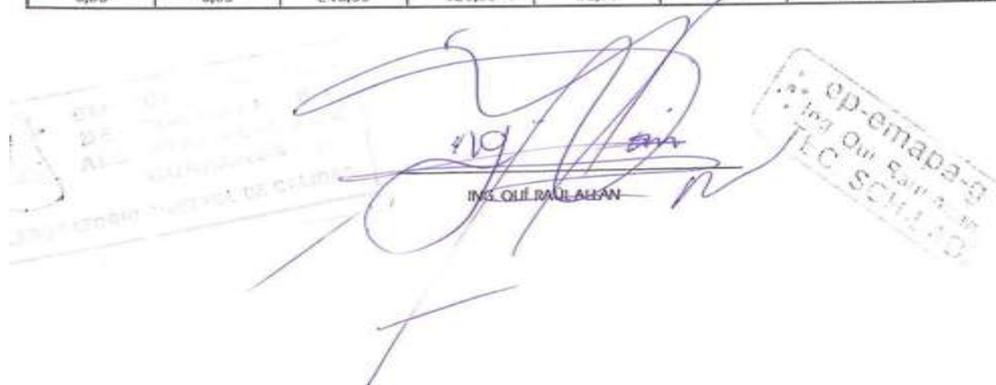


Ing. Qui. Raul Allan
 Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G



Anexo D. PRUEBA DEL TEST DE JARRAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS

TURBIEDAD 160.38 NTU, [pHo=7.81, pHf=7.11], 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	16,00	9,60	60,28	62,41
0,80	0,02	120,00	60,00	18,00	14,40	56,31	64,89
0,80	0,02	180,00	90,00	20,00	20,00	52,34	67,37
0,80	0,02	240,00	120,00	21,00	25,20	48,37	69,84
0,80	0,03	60,00	35,00	24,00	19,20	44,40	72,32
0,80	0,03	120,00	60,00	27,00	18,90	40,43	74,79
0,80	0,03	180,00	90,00	28,00	11,20	36,46	77,27
0,80	0,03	240,00	120,00	34,00	17,00	32,49	79,74
0,80	0,04	60,00	35,00	35,00	21,00	28,52	82,22
0,80	0,04	120,00	60,00	39,00	11,70	24,55	84,69
0,80	0,04	180,00	90,00	10,00	5,00	20,58	87,17
0,80	0,04	240,00	120,00	15,00	10,50	0,79	99,51
0,80	0,05	60,00	35,00	17,00	15,30	58,29	63,66
0,80	0,05	120,00	60,00	22,00	17,60	62,26	61,18
0,80	0,05	180,00	90,00	26,00	15,60	66,23	58,70
0,80	0,05	240,00	120,00	32,00	19,20	70,20	56,23


 The image shows a handwritten signature in blue ink over a stamp. The stamp is rectangular and contains the text 'ep-emapa-g' at the top, 'Ing Qui Saul' in the middle, and 'TEC SCL 100' at the bottom. To the left of the signature, there is some faint, partially legible text that appears to be 'DEPARTAMENTO DE AGUAS Y SANEAMIENTO' and 'INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS'.

Anexo E. CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL (MES OCTUBRE-NOVIEMBRE)

CALIDAD DEL AGUA (RESIDUAL VS TRATADA) LUEGO DE ENSAYOS						
PARAMETROS	UNIDAD	A. RESIDUAL		MUESTRA COMPUESTA	AGUA TRATADA	Norma TULSMA
		OCTUBRE	NOVIEMBRE			Lim.Max.Per
COLOR	UTC	25.00	68.00	46.50	1.00	.....
TURBIEDAD	NTU	108.09	212.67	160.38	0.79	.....
pH	.....	7.55	8.17	7.86	7.11	6 a 9
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	247.25	637.16	442.21	159.36	.....
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	144.14	406.56	275.35	30.50	130
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	576.57	1626.23	1101.40	81.56	1600
TEMPERATURA	° C	18.34	17.96	18.15	17.78	.....
ACEITES Y GRASAS	mg/L	5.89	7.72	6.81	0.73	30.0
TENSOACTIVOS	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.08	0.5
NITRÓGENO TOTAL [N]	mg/L	63.03	62.33	62.68	13.02	50.0
FOSFORO TOTAL [P-PO ₄ ³⁻]	mg/L	2.90	4.03	3.47	1.11	10.0
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.61	0.60	0.60	0.43	30
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	14.00	13.80	13.90	1.50	1000
FLUORUROS (F)	mg/L	1.82	2.09	1.96	0.68	5.0
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	1.69	2.37	2.03	0.55	10.0
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	1.87	1.91	1.89	0.58	2.0
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.04	0.5
COBRE (Cu)	mg/L	0.06	0.07	0.07	0.06	1.0
DUREZA TOTAL [CaCO ₃]	mg/L	114.00	174.00	144.00	49.00	.....
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.007	0.007	0.007	0.007	5.0
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	3.52	4.73	4.13	0.56	1000
NIOQUEL (Ni)	mg/L	0.023	0.03	0.03	0.01	2.0
COBALTO (Co)	mg/L	0.07	0.07	0.07	0.06	0.5
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	5.0
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.09	0.1
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.1
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.52	3.26	2.89	0.575	2.0
BROMO (Br)	mg/L	0.08	0.08	0.08	0.08	.....
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	3.35	2.81	3.08	2.04	.....
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.21	0.26	0.24	0.01	.....
OXIGENO DISUELTO [O ₂]	mg/L	3.80	2.65	3.23	6.31	.....
DBO ₅	mg/L	284.13	368.26	326.19	23.54	100
DOO	mg/L	2512.13	2460.24	2486.54	34.74	200
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	5048.4	4736.00	4842.2	< 1	2000

ING. QUI RAÚL ALLÁN
Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G

ep-emapa-g
Ing. Qui Raúl Allán
TEC. SCHILLAS

Anexo F. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Equipo	Conductímetro
	Materiales	-Vasos de precipitación, agua destilada, muestra de agua y limpiadores.
	Procedimiento	-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.
COLOR	Equipo	Colorímetro
	Materiales	-Agua destilada, muestra de agua, limpiadores y cubetas.
	Procedimiento	-Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo. -Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo. -Proceder a medir en el instrumento.
POTENCIAL HIDROGENO	Equipo	Potenciómetro
	Materiales	-2 vasos de vidrio y limpiadores.
	Procedimiento	-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 . -Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla. -Registre el valor. -Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar
TURBIDEZ	Equipo	Turbidímetro
	Materiales	-Cubetas de vidrio, limpiadores, aceite de silicona y muestra de agua.
	Procedimiento	-Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo. -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. -Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar READ , esperar que se estabilice el instrumento.
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	Equipo	-Conductímetro -Electrodos
	Materiales	-Vasos de precipitación, agua destilada, muestra de agua y limpiadores.
	Procedimiento	-Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. -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. -Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800

CLORO	Materiales y Reactivos	-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	-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	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo cromo ChromaVer 3 en polvo -Limpiadores y muestra de agua
	Procedimiento	-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 Cr ⁶⁺ . -Seleccionar en la pantalla: Medición . El resultado aparecerá en mg/L Cr ⁶⁺ .
DUREZA	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-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.
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.

COBALTO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Solución de reactivo EDTA en polvo -Solución del indicador PAN al 3% -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 110 Cobalto. -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 Co_, 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. -Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Fe. -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Fe.
ALUMINIO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo de Acido Ascórbico, AluVer 3, Bleaching 3 -Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores
	Procedimiento	-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 10 Aluminio, Alumin. -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). -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. -Preparar la muestra: Llenar la cubeta cuadrada con 10 mL de la solución A, limpiar bien el exterior de la cubeta. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Al ³⁺ -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Al ³⁺
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
		-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml

SULFATOS	Materiales y Reactivos	-Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo -Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores
	Procedimiento	-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate. -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. -Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. -Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. -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. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L SO42-. -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. -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L SO42-.
NITRATOS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo de Nitra Ver 5 en polvo -Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores
	Procedimiento	-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 355 N Nitrato. -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 Nitra Ver 5 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. -Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. -Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. -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. -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L NO3-.
NITRITOS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo de NitraVer 3 en polvo, 10ml -Agua destilada, pipeta, muestra de agua y limpiadores
	Procedimiento	-Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 371 N Nitrito RB PP. -Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas. -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. -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.. -Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L NO2-N. -Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. -Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L NO2-N.

Fuente: MÉTODO HACH 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización “Chaquishca”

Anexo G. 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
COLIFORMES FECALES	Equipo	-Cámara Incubadora y equipo de filtración
	Materiales y Reactivos	-Membranas de filtro 0.47 -Medio de cultivo Lauryl Sulfato -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	- 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 C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C
--	--	---

Fuente: MÉTODO HACH 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización “Chaquishca”

Anexo H. FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amagaña, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Santiago

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:

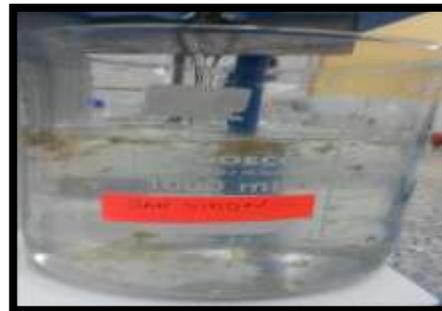
- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

Anexo I. CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA



CONTIENE	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR		
CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> INFORMACION	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SINDIA IRENE JAYA GUILCAPI	LAMINA	ESCALA	FECHA
	1	1:10			

Anexo J. TEST DE JARRAS



CONTIENE	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR		
CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SINDIA IRENE JAYA GUILCAPI	LAMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		1	1:10	
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> INFORMACION				

Anexo K. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO



CONTIENE	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR		
CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SINDIA IRENE JAYA GUILCAPI	LAMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		1	1:10	
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> INFORMACION				

Anexo K. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

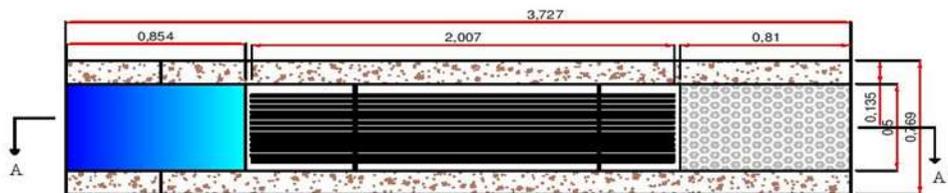


CONTIENE	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR		
FILTRO DE CARBON ACTIVADO	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SINDIA IRENE JAYA GUILCAPI	LAMINA	ESCALA	FECHA
	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		3	1:10	
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> INFORMACION				

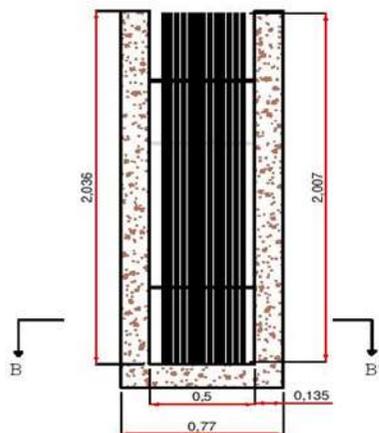
Anexo L. PLANOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REJILLAS

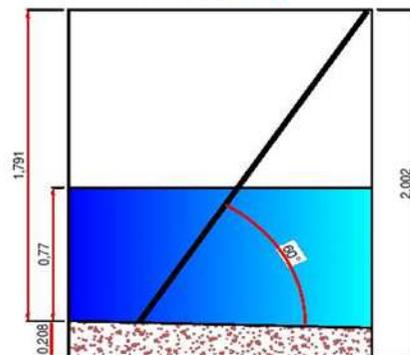
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



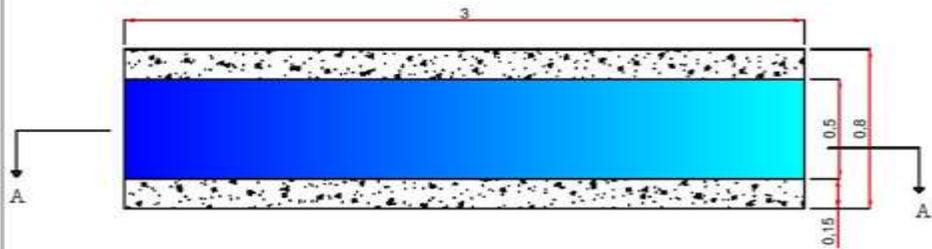
CORTE A-A'



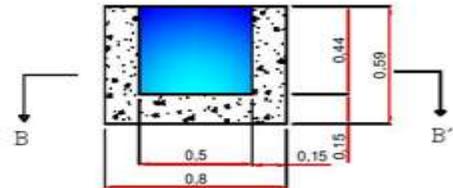
	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR	
CONTIENE: REJILLAS, VISTA PLANTA Y CORTES		
ELABORADO POR: SINDIA IRESE JAYA GUILCAH	REVISADO POR: ING. HUGO CALDERÓN DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:200	FECHA: 16-08-2017	LAMINA: 01/02

CANAL DE ENTRADA

VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



DESIGNO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN
GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR

CONTIENE: CANAL DE ENTRADA, VISTA PLANTA Y CORTES

ELABORADO POR:
INGENIERA WENDY JAYÁ OSULCAPI

REVISADO POR:
ING. HUGO CALDERÓN
DR. GERARDO LEÓN

ESCALA: 1:500

FECHA: 16-09-2017

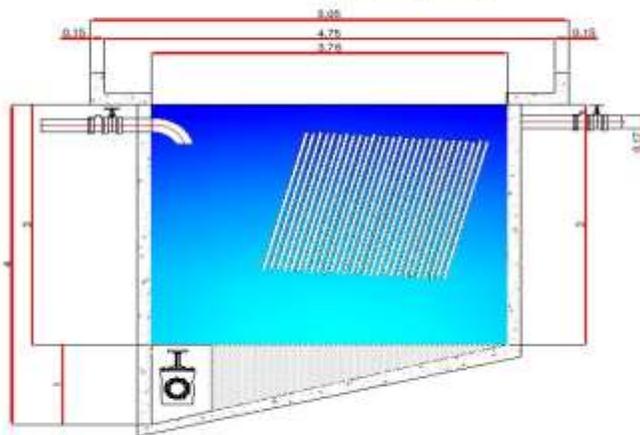
LÁMINA: 02/02

SEDIMENTADOR DE TASA ALTA

VISTA PLANTA



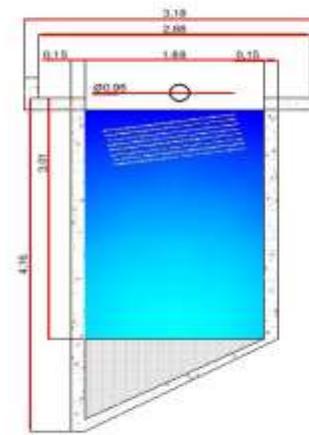
CORTE A-A'



PLACAS



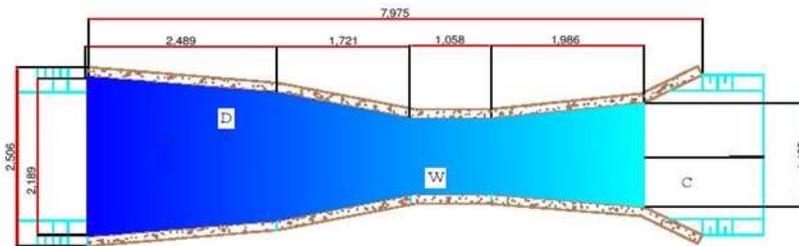
CORTE B-B'



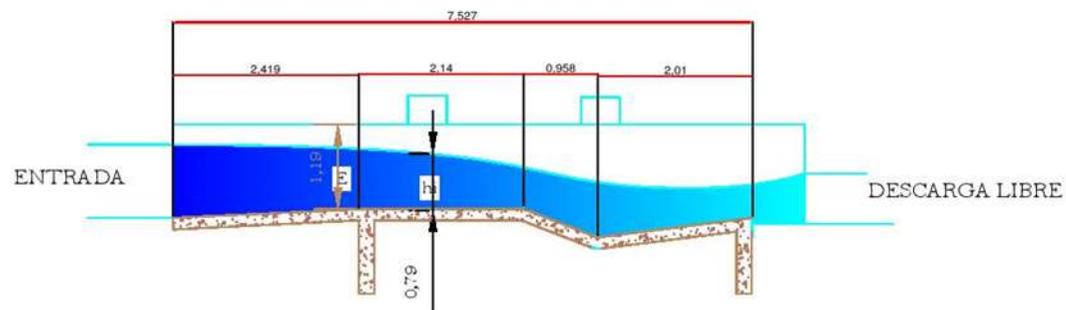
 MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES PARA LA FAMILIA RURAL DEL CAUQUE -GUATEMALA, PROYECTO DE SUSTENTABILIDAD		
DISEÑO: SEDIMENTADOR DE TASA ALTA, VISTA PLANTA Y CORTE		
ELABORADO POR: ING. DAVID ANA GUZMÁN	REVISADO POR: ING. HÉCTOR CALDEÓN DR. GUARACLOS	
ESCALA: 1:50	FECHA: 27-08-2017	LÁMINA: 00-00

CANAL PARSHALL

VISTA PLANTA



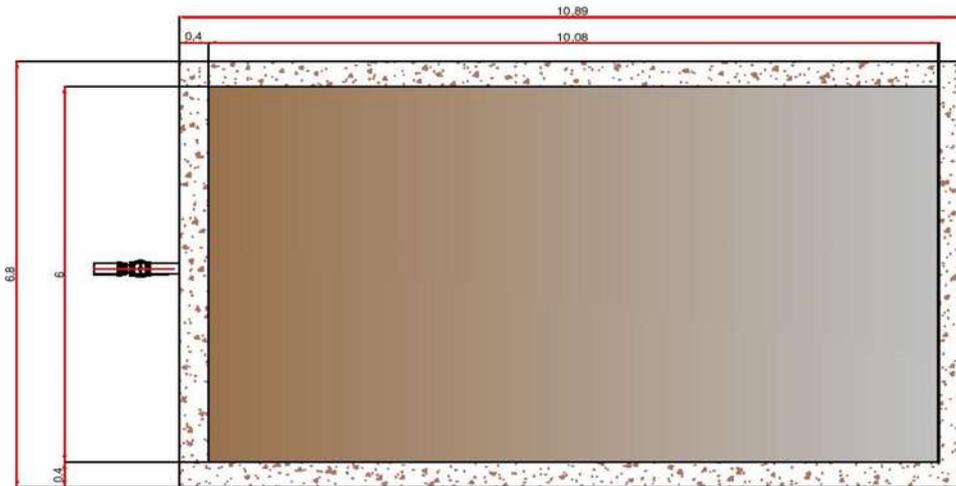
CORTE A-A'



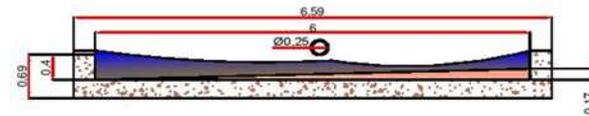
	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR
CONTIENE: CANAL PARSHALL, VISTA PLANTA Y CORTE	
ELABORADO POR: SIBERIA TRINIE JAYA OUILCAPI	REVISADO POR: ING HUGO CALDERÓN DR. GERARDO LEÓN
ESCALA: 1:500	FECHA: 17-08-2017
LÁMINA: 04/09	

LECHO DE SECADO

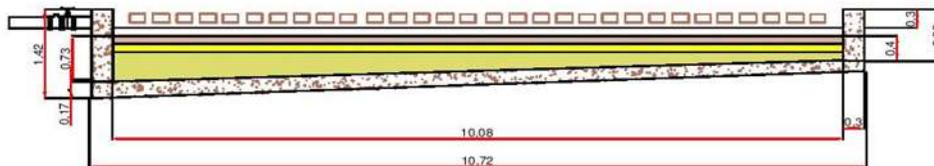
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

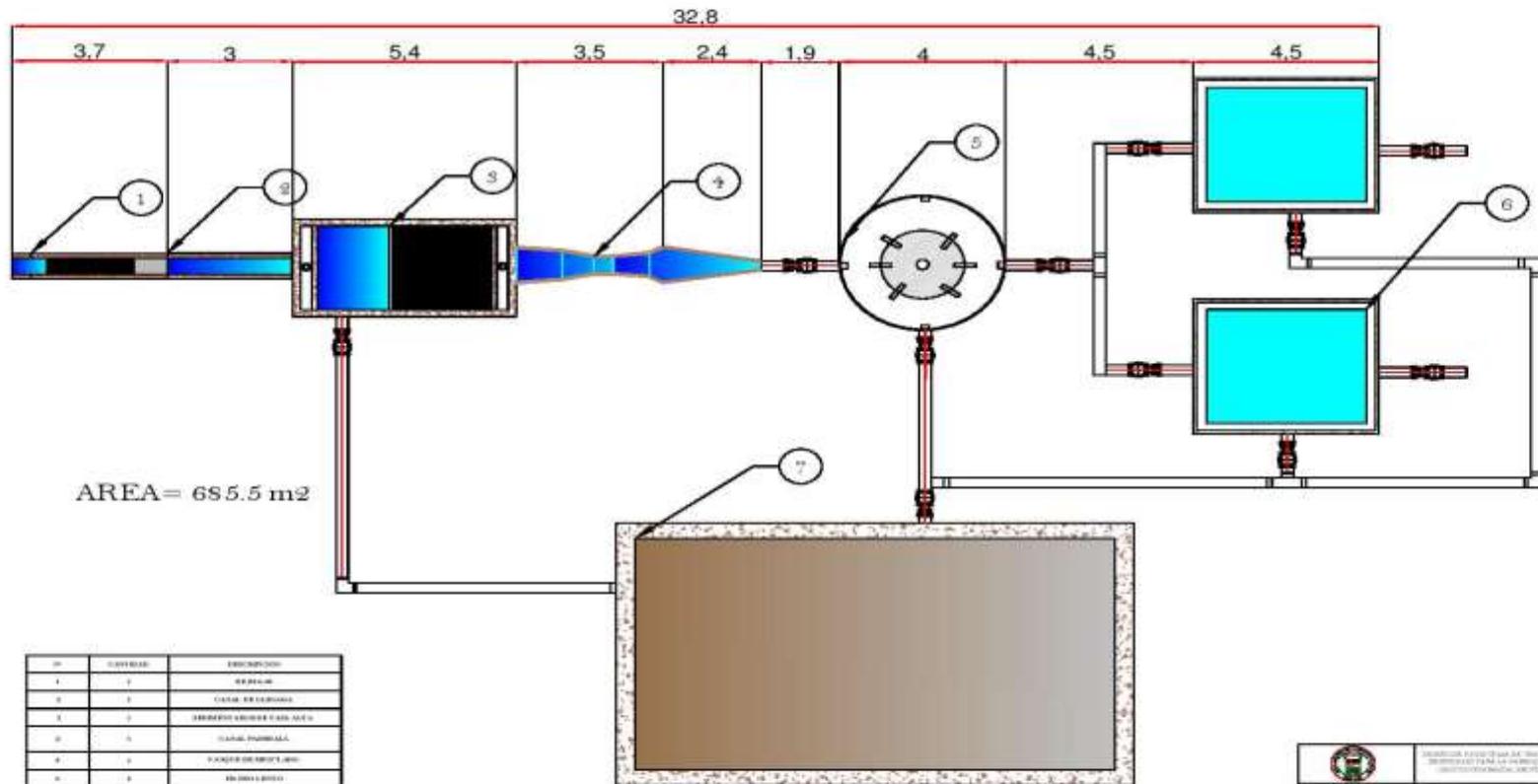


CORTE A-A'



	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN SIMÓN DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR	
	CONTIENE: LECHO DE SECADO, VISTA PLANTA Y CORTES	
ELABORADO POR: SINDIA IRENE JAYA OUILCAPI	REVISADO POR: ING. HUGO CALDERÓN DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:300	FECHA: 18-09-2017	LAMINA: 07/09

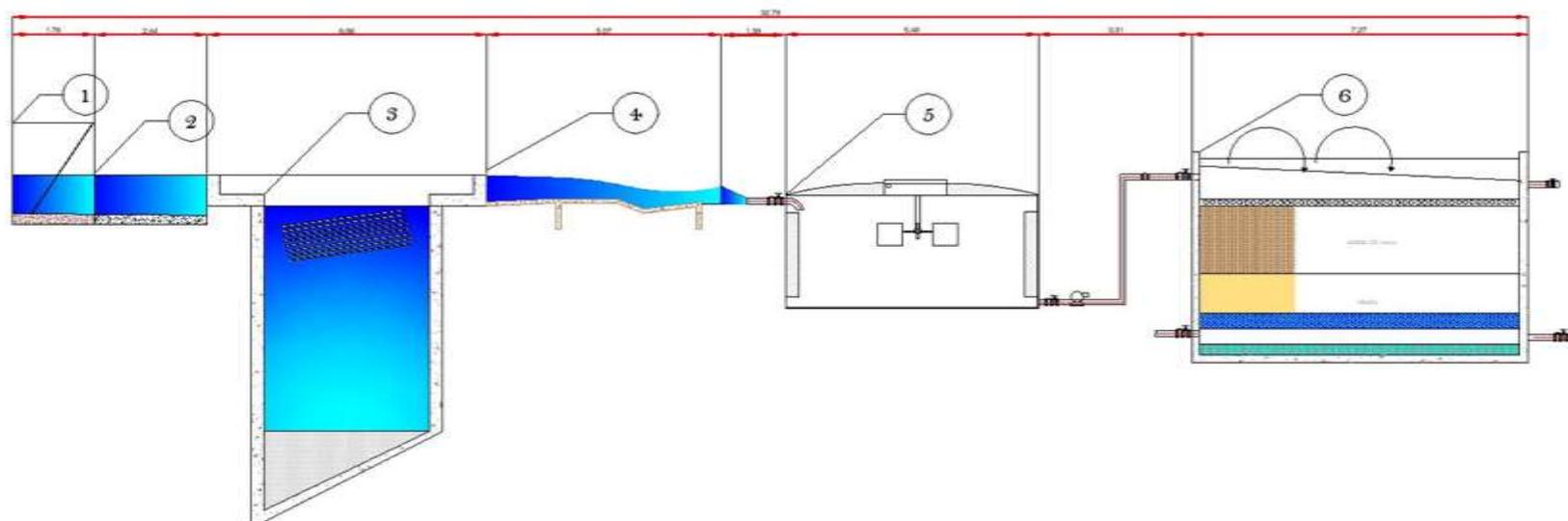
VISTA PLANTA CORTE A-A



INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE EDUCACIÓN TÉCNICA SUPERIOR TECNOLÓGICA "INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES"	
CORTE A-A	
AUTOR: []	REVISOR: []
FECHA: []	LUGAR: []

CORTE LONGITUDINAL

CORTE B-B'



Nº	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	REJILLA
2	1	CANAL DE LLEGADA
3	1	SEDIMENTADOR DE T.M.A. ALTA
4	1	CANAL PARALELO
5	1	TANQUE DE MEZCLADO
6	2	FILTRO LENTO

		OFICINA DE INGENIERIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS REGIONAL PARA LA FABRICA DE CEMENTO DEL CENTRO OROYLA, PROVINCIA DE HUANCA
CORTES LONGITUDINALES		
ELABORADO POR: INGENIERO WILSON	REVISADO POR: DR. JOSE GUILLERMO DE USABANCHE	
BOCA 1000	BOCA 1000	BOCA 1000