



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL
CANTÓN GUANO”**

TIPO: TRABAJO TÉCNICO

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA QUÍMICA**

AUTORA: MARÍA FERNANDA ARROBA ARROBA
TUTORA: ING. MÓNICA ANDRADE

Riobamba – Ecuador

2016

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

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo técnico de **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN GUANO”** de responsabilidad de la señorita María Fernanda Arroba Arroba ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada así su presentación.

Ing. Mónica Andrade
DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Ing. Danielita Borja
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Fernanda Arroba Arroba, 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, 15 de Abril del 2016

María Fernanda Arroba Arroba
0603326430

“Yo, María Fernanda Arroba Arroba, 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”

MARÍA FERNANDA ARROBA ARROBA

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico a Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

De igual forma dedico este trabajo de manera especial a mi madre, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para culminar con mi carrera universitaria. Me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi hermano, que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

Al hombre que me dio la vida, el cual a pesar de haberle perdido a muy temprana edad, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

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

A mi esposo, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesto a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A mi hija Rossmey, quien ha sido y es mi motivación, inspiración y felicidad.

Fernanda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi mami Salvadora, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre brindándome su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

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

A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

Agradezco a mis hermanas, quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

A mi padrastro, por su apoyo absoluto que ha venido ayudando en el transcurso de mi vida estudiantil.

.

A Jorge Quintanilla, por su apoyo incondicional en el transcurso de este arduo camino y compartir conmigo momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con él.

A mi hija Rossmly, por darme un día más de vida lleno de alegría, gracias a tus locuras que haces día tras día, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas a cada día superarme en la carrera para ofrecerte siempre lo mejor.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guano en conjunto con el Departamento de Obras Publicas por abrir las puertas a este proyecto de investigación y de igual forma al Lic. Oswaldo Estrada por la atención brindada durante el tiempo de investigación.

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

A la Ing. Mónica Andrade y a la Ing. Danielita Borja por toda la colaboración brindada, para la culminación de este trabajo.

A mis profesores, que me impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de mi vida estudiantil y que me ayudaron de una u otra forma para hacer posible la realización de este trabajo.

A mis amigas y amigos y a todas las personas que me incentivaron y me motivaron para seguir adelante con los objetivos de este propósito.

Fernanda

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
1. CAPÍTULO 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
1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación.....	2
1.3.2 Estado actual del sistema de tratamiento de agua residual.....	2
1.3.3 Tipo de estudio.....	3
1.3.4 Métodos y Técnicas	3
1.3.4.1 Métodos.....	3
1.3.4.2 Técnicas	3
1.3.5 Método de Muestreo.....	4
1.3.5.1 Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual	4
1.3.5.2 Parámetros analizados.....	4
1.3.6 Pruebas de tratabilidad	11
1.3.6.2 Análisis del agua residual tratada	14
1.3.7 Determinación del caudal.....	15
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	18
1.4.1 Directos.....	18
1.4.2 Indirectos.....	18
2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	18
2.1 Objetivo General.....	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO	19
3.1 Localización del proyecto	19
3.1.1 Localización Geográfica	19
3.1.2 Superficie de Servicio.....	20

3.1.3.	<i>Clima de la Zona</i>	20
3.1.4.	<i>Topografía general de la Zona</i>	21
3.1.5.	<i>Hidrología</i>	21
3.2	Ingeniería del Proyecto	22
3.2.1	<i>Aguas residuales</i>	22
3.2.1.2	<i>Composición</i>	22
3.2.1.3	<i>Tipos de aguas residuales</i>	22
3.2.1.4	<i>Caracterización de aguas residuales</i>	23
3.2.1.5	<i>Indicadores de contaminación orgánica</i>	24
3.2.2	Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales	25
3.2.2.1	<i>Cálculo de la población futura</i>	25
3.2.2.2	<i>Cálculo de la dotación del agua consumida a partir de la medición del caudal</i>	26
3.2.2.3	<i>Cálculos del caudal</i>	26
3.2.2.4	<i>Sistema de rejillas</i>	30
3.2.2.4.1	<i>Dimensionamiento del sistema de rejillas</i>	31
3.2.2.5	<i>Canal de entrada</i>	34
3.2.2.5.1	<i>Dimensionamiento de un canal</i>	35
3.2.2.6	<i>Tanque IMHOFF</i>	38
3.2.2.6.1	<i>Dimensionamiento del tanque IMHOFF</i>	40
3.2.2.6.1.1	<i>Cámara de sedimentación</i>	40
3.2.2.6.1.2	<i>Cámara de digestión</i>	43
3.2.2.7	<i>Tanque mezclador</i>	45
3.2.2.7.1	<i>Dimensionamiento del tanque mezclador</i>	46
3.2.2.7.2	<i>Cálculo de la dosificación de productos químicos</i>	52
3.2.2.8	<i>Filtro lento de arena FLA</i>	54
3.2.2.8.1	<i>Dimensionamiento del filtro lento de Arena y Grava</i>	55
3.2.2.9	<i>Tanque de desinfección</i>	62
3.2.2.9.1	<i>Dimensionamiento del tanque de desinfección</i>	63
3.2.2.9.2	<i>Dosificación en el hipoclorito</i>	64
3.2.2.10	<i>Lecho de secado</i>	66
3.2.2.10.1	<i>Dimensionamiento del lecho de secado</i>	67
3.2.2.11	<i>Resultados</i>	71
3.3	Proceso de producción	76
3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	78
3.4.1	<i>Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales</i>	78

3.4.2	<i>Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico y microbiológico del agua residual.....</i>	<i>78</i>
3.5	Análisis de Costo/beneficio del proyecto	83
3.5.1	<i>Porcentaje de remoción.....</i>	<i>86</i>
3.5.2	<i>Análisis</i>	<i>88</i>
3.5.3	<i>Conclusiones</i>	<i>89</i>
3.5.4	<i>Recomendaciones</i>	<i>90</i>
3.6	Cronograma del proyecto.....	91

BIBLIOGRFÍA

ANEXOS

ÍDICE DE ABREVIATURAS

COT	Carbono orgánico total
Q_p	Caudal punta
$Q_{servida}$	Caudal servido
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
$Conc_{PAC}$	Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras
C	Carga en función de la contribución per cápita
K_1	Constante para el caudal medio diario
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
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
D_c	Dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal
f_{cr}	Factor capacidad relativa
FLA	Filtro lento de arena
G	Gradiente de velocidad
HTH	Hipoclorito de calcio
Pa	Población actual
Pf	Población futura
RH	Radio hidráulico
S.T. A.R	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
SS	Sólidos en suspensión
TULSMA	Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente
Trh	Tiempo de retención
Vd	Volumen del digestor
V_{TM}	Volumen del tanque mezclador en litros
$V_{P\ Jarras}$	Volumen vaso de precipitación prueba de jarras

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1.	Desfogue de las Aguas Residuales de la parroquia de San Andrés.....	2
Ilustración 2-3.	Cabecera Parroquial de San Andrés	19
Ilustración 3-3.	Mapa de la Parroquia de San Andrés	20
Ilustración 4-3.	Vista general de la cabecera Parroquial de San Andrés	21
Ilustración 5-3.	Tipos de aguas residuales.....	23
Ilustración 6-3.	Sistema de Desbaste-rejillas.....	30
Ilustración 7-3.	Diferentes formas de rejillas	33
Ilustración 8-3.	Canal rectangular abierto	34
Ilustración 9-3.	Representación de un tanque IMHOFF.....	38
Ilustración 10-3.	Esquema de un tanque mezclador	46
Ilustración 11-3.	Esquema de un Filtro lento de arena	55
Ilustración 12-3.	Esquema de un Tanque de Desinfección.....	62
Ilustración 13-3.	Esquema de un Lecho de secado.....	67
Ilustración 14-3.	Sistema de Tratamiento.....	76
Ilustración 15-3.	Sistema de Tratamiento en corte longitudinal.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Toma y recolección de muestras.....	4
Tabla 2-1	Caracterización inicial del agua residual San Andrés-Primera semana	5
Tabla 3-1	Valores promedios de la caracterización-semana uno	6
Tabla 4-1	Caracterización inicial del agua residual de San Andes-semana dos.....	8
Tabla 5-1	Valores promedios de la caracterización-semana dos.....	9
Tabla 6-1	Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad-semana uno	11
Tabla 7-1	Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad-semana dos	11
Tabla 8-1	Tratabilidad con pruebas de Jarra-semana uno	13
Tabla 9-1	Tratabilidad con prueba de Jarra-semana dos	14
Tabla 10-1	Resultado de las pruebas de Tratabilidad.....	14
Tabla 11-1	Aforo de caudal del agua residual Semana 1	16
Tabla 12-1	Aforo de caudal del agua residual Semana 2	17
Tabla 13-1	Aforo de caudal del agua residual Semana 3	17
Tabla 14-1	Aforo de caudal del agua residual Semana 4	17
Tabla 15-3	Tabla Características Geográficas de San Andrés	19
Tabla 16-1	Distribución de la Parroquia de San Andrés	20
Tabla 17-3	Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual.....	23
Tabla 18-3	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	30
Tabla 19-3	Coefficiente de pérdida para rejillas.....	33
Tabla 20-3	Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos	35
Tabla 21-3	Coefficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento	35
Tabla 22-3	Condiciones para determinar el borde libre de un canal	37
Tabla 23-3	Condiciones de diseño recomendadas para tanques IMHOFF	39
Tabla 24-3	Valores del factor de capacidad relativa	43
Tabla 25-3	Parámetros de diseño para mezcladores de turbina	47
Tabla 26-3	Número de potencia para diferente tipo de impulsores.....	50
Tabla 27-3	Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas.....	51
Tabla 28-3	Tiempo requerido para digestión del Lodo	69
Tabla 29-3	Determinación del caudal de diseño	71
Tabla 30-3	Dimensionamiento del sistema de rejillas.....	71
Tabla 31-3	Dimensionamiento de un canal de entrada	72
Tabla 32-3	Dimensionamiento de un tanque IMHOFF.....	72
Tabla 33-3	Dimensionamiento del mezclador rápido mecánico de turbina	73

Tabla 34-3	Dimensionamiento de filtro lento de arena	74
Tabla 35-3	Dimensionamiento del tanque de desinfección.....	74
Tabla 36-3	Dimensionamiento del lecho de secado	75
Tabla 37-3	Equipos de muestreo y recolección de información	78
Tabla 38-3	Materiales y equipos para medición del caudal	78
Tabla 39-3	Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual	79
Tabla 40-3	Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación.....	80
Tabla 41-3	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua.....	81
Tabla 42-3	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua.....	81
Tabla 43-3	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua	83
Tabla 44-3	Determinación de los costos de dosificación	83
Tabla 45-3	Determinación de los costos de dosificación	83
Tabla 46-3	Determinación Del % remoción	88

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Lugar de investigación y toma de muestra
- Anexo B.** Solución de Policloruro de Aluminio
- Anexo C.** Método de test de Jarra
- Anexo D.** Proceso de Filtración con grava
- Anexo E.** Caracterización inicial del agua residual-semana uno y dos
- Anexo F.** Características finales del agua trata semana uno y dos
- Anexo G.** Fichas Técnicas de Productos Químicos
- Anexo H.** Planos del Sistema de Tratamiento
- Anexo I.** Norma de Legislación Ambiental

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Andrés del cantón Guano con el objetivo de cumplir con la normativa ambiental y obtener agua tratada con los parámetros dentro de los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. La composición de los efluentes se torna variables debido a las actividades de los habitantes es por ello que se optó por una muestra compuesta comprendida de muestras simples por dos semanas; la caracterización físico, químico y microbiológica permitió identificar a los siguientes parámetros que se encuentran fuera del rango según la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1: Color, Turbiedad, Conductividad, Nitrógeno total, Plata, Bario, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Coliformes totales y Coliformes fecales. Se precedió a realizar pruebas de tratabilidad por el método de test de jarra con Policloruro de aluminio y Chemfloc, para la eliminación de microorganismos patógenos el Hipoclorito de calcio. Al identificar las variables de diseño se dimensionaron los equipos acorde a los tratamientos físico-químicos del agua residual, las cuales son: Canal de entrada, sistema de rejillas, Tanque IMHOFF, Tanque de mezclador, Filtro lento de arena y grava, Tanque de desinfección y un Lecho de secado El diseño seleccionado fue validado con los resultados de la caracterización final del agua residual y los porcentajes de remoción de los parámetros semana uno y dos son: Color 97,37;98,72%, Turbiedad 99,65;99,85 %, Conductividad 71,26;74,31 %, Nitrógeno total 89,45;92,06 %, Plata 96,5%, Bario 96,5;98,94%, Demanda bioquímica de oxígeno 94,86;89,09%, Demanda química de oxígeno 98,69;99,42%, Coliformes totales y fecales 99,93% . Se recomienda implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación del Río aledaño a la parroquia San Andrés.

Palabras claves: <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <SAN ANDRÉS [PARROQUIA]> < GUANO [CANTÓN]> <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO AMBIENTE [TULSMA]> <AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA> <METODO TEST DE JARRA > <REJILLAS> <TANQUE IMHOFF > <TANQUE MEZCLADOR> <TANQUE DE DESINFECCIÓN>

SUMMARY

A sewage treatment system was designed for the parish San Andres of Guano canton aiming to fulfill the environmental regulation and obtaining fresh water with the parameters considering the allowed limits of Unified Text of Secondary Legislation of the Environment Ministry. The components of the fluids turn variable due to the activities of the inhabitants for instance it was taken a mixed sample made up of simple samples for two weeks; the physical, chemical and microbiological characterization, allowed to identify the following parameters found out of the rate according to the environmental Quality Norm for Sewage: Resource Water, Book VI, Annex 1: Color, Blur, Conductivity, total Nitrogen, Silver, Barium, Oxygen Chemical Requirement, total Coliforms and fecal coliforms. Purifying test were performed by means of the test of the jug with Poly chlorine of aluminum and Chemfloc, for the elimination of pathogen microorganisms the hypo chlorine of calcium. When identifying the design variables, the equipment was dimensioned according to the physical-chemical treatment of the sewage water which are: Entrance channel, grid system, IMHOFF tank, mixing tank, sand and gravel slow filter, disinfection tank, and a drying pot. The chosen design was validated with the results of the final characterization of the sewage water and the removing percentages parameters week one and two are: Color 97,37;98,72%, Blur 99,65;99,85%, Conductivity 71,26;74,31%, Total Nitrogen 89,45;92,06%, Silver 96,5%, Barium 95,13;98,94%, Oxygen Biochemical Requirement 94,86;89,09%, Oxygen Chemical Requirement 98,69;99,42%, total and fecal Coliforms 99,93%. The implementation of the sewage system is recommended to avoid the pollution of the river nearby San Andrés parish.

Key words: <SEWAGE SYSTEM> <SAN ANDRES [PARISH]> <GUANO [CANTON]>
<UNIFIED TEXT OF SECONDARY LEGISLATION OF THE ENVIRONMENT MINISTRY [UTSLEM]> <DOMESTIC SEWAGE> <JUG TEST METHOD> <GRID> <IMHOFF TANK>
<MIXING TANK> <DISINFECTION TANK>

1. CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

Actualmente la parroquia San Andrés no cuenta con un adecuado sistema de alcantarillado, lo que ocasiona peligros a la salud pública, contaminación al suelo y vegetales, daño en el hábitat para la vida acuática por la acumulación de sólidos. La mayoría de viviendas desecha sus aguas residuales sin previo tratamiento, mediante una tubería que solo es para la transportación de aguas pluviales.

La problemática que presenta San Andrés, es que, al no poseer un Sistema de Tratamiento el Río Guaico se ve afectado ya que se desemboca directamente las aguas residuales, por ende los cultivos del sector utiliza el agua del río para regar sus tierras fértiles que se están siendo afectadas ya que la producción agrícola no es la misma.

1.2 Justificación del proyecto

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

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

La parroquia San Andrés al momento no cuenta con un sistema de tratamiento, esto disminuye la calidad de vida de los habitantes y pone en riesgo la salud de los mismos.

Dentro de las competencias de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado de San Andrés se encuentra dotar de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado a todas sus comunidades de la parroquia. El presente proyecto consiste en estudiar, analizar y sobre todo proponer opciones y alternativas que sean factibles para dar solución al problema de la descarga de aguas residuales generadas en la parroquia San Andrés, mediante el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

Por los motivos mostrados anteriormente justifica proponer un “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN GUANO**”, para cumplir con las expectativas que requiere la parroquia, y estar a la altura con las exigencias que hacen los organismos de regulación, ajustando los parámetros a las normas exigidas por el TULSMA (texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente), Libro VI, Anexo I. Recurso agua.

1.3 Línea de base del Proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación

En el trabajo de investigación se realizó un recorrido previo al muestreo y monitoreo del caudal, después de establecer un dialogo con los representantes de la parroquia se identificó que el actual sistema de alcantarillado fue construido hace más de 23 años, además se verifico al momento de la evaluación que existe problemas en la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales, la descarga de esta agua es decir de las aguas residuales tanto pluviales como domesticas se desfogan en el rio Guaico.

1.3.2 Estado actual del sistema de tratamiento de agua residual

La parroquia de San Andrés no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual, posee un solo alcantarillado donde se recogen las aguas de origen sanitario y pluvial, mismas que son conducidas mediante una tubería de 200 mm a un canal rectangular, que luego se descargan al cuerpo receptor que es el rio Guaico, estas aguas residuales colapsan, debido que dicho canal en época de invierno y verano no tiene la capacidad adecuada.



Ilustración 1-1. Desfogue de las Aguas Residuales de la parroquia de San Andrés

Realizado por. Fernanda Arroba 2016

1.3.3 Tipo de estudio

Este es un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo pues se recolectarán datos o componentes sobre diferentes aspectos a estudiar y se realizará un análisis y medición de los mismos mediante la aplicación de métodos volumétrico y gravimétricos así como también la correlación de las variables, fundamentándose en la estrategia para la recolección de datos, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación, donde se identificaran las leyes que se relacionan al estudio empleando mediciones sistemáticas para el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y los objetivos previamente hechas.

1.3.4 Métodos y Técnicas

1.3.4.1 Métodos

El diseño experimental de este estudio se realizó al tomar las muestras de las aguas residuales domésticas, utilizando como métodos: inductivo, deductivo y experimental ya que es necesario conocer el tipo de contaminantes presentes en las aguas residuales que son descargadas directamente a un cuerpo de agua dulce e identificar así cuales se encuentren fuera de norma la cual nos ayudara a determinar el tratamiento más adecuado y que se ajuste a las necesidades del sector. La parte experimental de este estudio se efectuó al tomar las muestras de aguas residuales y hacer sus correspondientes análisis, para obtener resultados que nos ayudarán a diseñar el sistema de tratamiento más adecuado para la Parroquia San Andrés haciendo que los parámetros cumplan con lo establecido en el Texto Unificado Secundario de Legislación de Medio ambiente (TULSMA).

1.3.4.2 Técnicas

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

1.3.5 Método de Muestreo

La muestra se recolectó de forma manual y muestras simple para luego homogenizar y al final obtener una muestra completa para una mejor apreciación de resultados al momento de realizar los análisis de laboratorio. El cronograma de muestreo se puede apreciar a continuación:

Tabla 1-1 Toma y recolección de muestras

DÍAS	MUESTRA	HORA	LUGAR
Miércoles	3	7:00 am 13:00 pm 19:00 pm	Descarga al río
Viernes	3	7:00 am 13:00 pm 19:00 pm	Descarga al río
Sábado	3	7:00 am 13:00 pm 19:00 pm	Descarga al río
Domingo	1	12:00 pm	Descarga al río
Total de Muestra	10		

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

1.3.5.1 Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual

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

El agua residual de muestra compuesta de la parroquia San Andrés se dejó en el Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

1.3.5.2 Parámetros analizados

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

Tabla 2-1 Caracterización inicial del agua residual San Andrés-Primera semana

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA CUERPO RECEPTOR							
PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	SEMANA MONITOREADA				
		Lim.Max.Per	07-oct	12-oct	14-oct	19-oct	21-oct
Color	UTC	Ina. en dis	25,00	28,00	37,00	40,00	60,00
Turbiedad	NTU	.....	125,20	167,48	140,28	157,60	152,64
Ph	.....	5--9	7,98	7,54	8,12	7,96	7,83
Conductividad	uS/cm	.....	264,31	324,60	310,57	366,85	380,09
Sólidos totales disueltos	mg/L	.....	140,68	156,96	146,03	170,71	180,84
Sólidos sedimentables	mg/L	1,0	0,80	0,92	0,89	0,95	0,81
Sólidos suspendidos	mg/L	.....	0,49	0,45	0,43	0,44	0,45
Temperatura	° C	< 35	18,09	17,95	18,46	18,32	18,51
Nitrógeno total (n)	mg/L	15	22,140	26,58	20,47	22,58	22,43
Fosfatos (p-po ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	0,74	0,68	0,63	0,71	0,69
Nitrogeno amoniacal (nh ₃ -n)	mg/L	.....	0,52	0,68	0,57	0,64	0,7
Aceites y grasas	mg/L	0,3	0,02	0,02	0,05	0,032	0,02
Detergente	mg/L	0,5	0,3	0,42	0,38	0,39	0,4
Sulfatos (so ₄ ²⁻)	mg/L	1000	8,00	10,00	6,00	11,00	7,00
Fluoruros (f)	mg/L	5,0	1,18	0,80	0,69	0,97	0,82
Hierro total (fe)	mg/L	10,0	0,68	0,75	0,64	0,71	0,66
Manganeso (mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,89	0,94	0,74	0,82	0,90
Cromo (cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,026	0,034	0,025	0,030	0,029
Cobre (cu)	mg/L	1,0	0,05	0,08	0,05	0,07	0,08
Dureza total (caco ₃)	mg/L	.....	120,00	80,00	100,00	110,00	90,00
Aluminio (al ³⁺)	mg/L	5,0	0,009	0,007	0,007	0,008	0,008
Cloruros (cl ⁻)	mg/L	1000	4,30	3,32	3,80	4,25	3,64
Niquel (ni)	mg/L	2,0	0,016	0,020	0,018	0,025	0,019

Cobalto (co)	mg/L	0,5	0,064	0,070	0,058	0,069	0,058
Plomo (pb ²⁺)	mg/L	.....	< 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
Plata (ag ⁺)	mg/L	.....	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Cianuro (cn ⁻)	mg/L	0,1	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Bario (ba ²⁺)	mg/L	2,0	18,00	20,00	10,00	16,00	12
Bromo (br)	mg/L	.....	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07
Molibdeno (mo ⁶⁺)	mg/L	.....	3,60	1,95	2,54	3,36	2,54
Cromo total (cr)	mg/L	0,5	0,12	0,10	0,18	0,15	0,19
Oxígeno disuelto (o ₂)	mg/L	.....	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00
DBO ₅	mg/L	100	225,34	226,89	230,47	229,06	234,64
DQO	mg/L	250	524,12	530,54	533,69	528,47	567,30
Coliformes totales	NMP/100 mL	.....	1400	1300	2000	1700	900
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Rem. Al 99%	720	840	900	600	460

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

Tabla 3-1 Valores promedios de la caracterización-semana uno

PARAMETROS	UNIDAD	PROMEDIO	Norma TULSMA
			Lim.Max.Per
Color	UTC	38,00	Ina. en dis
Turbiedad	NTU	148,64	.....
Ph	.....	7,886	5--9
Conductividad	uS/cm	329,28	.....
Sólidos totales disueltos	mg/L	159,04	.....
Sólidos sedimentables	mg/L	0,87	1,0
Sólidos suspendidos	mg/L	0,45	.....
Temperatura	° C	18,27	< 35

Nitrógeno total (n)	mg/L	22,84	15
Fosfatos (p-po ₄ ³⁻)	mg/L	0,69	10,0
Nitrogeno amoniacal (nh ₃ -n)	mg/L	0,622	.....
Aceites y grasas	mg/L	0,03	0,3
Detergente	mg/L	0,38	0,5
Sulfatos (so ₄ ²⁻)	mg/L	8,4	1000
Fluoruros (f)	mg/L	0,892	5,0
Hierro total (fe)	mg/L	0,688	10,0
Manganeso (mn ²⁺)	mg/L	0,858	2,0
Cromo (cr ⁺⁶)	mg/L	0,0288	0,5
Cobre (cu)	mg/L	0,066	1,0
Dureza total (caco ₃)	mg/L	100	.....
Aluminio (al ³⁺)	mg/L	0,0078	5,0
Cloruros (cl ⁻)	mg/L	3,862	1000
Niquel (ni)	mg/L	0,0196	2,0
Cobalto (co)	mg/L	0,0638	0,5
Plomo (pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	.....
Zinc (zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	5,0
Plata (ag ⁺)	mg/L	< 0.20	.....
Cianuro (cn ⁻)	mg/L	< 0.02	0,1
Bario (ba ²⁺)	mg/L	15,2	2,0
Bromo (br)	mg/L	0,07	.....
Molibdeno (mo ⁶⁺)	mg/L	2,798	.....
Cromo total (cr)	mg/L	0,148	0,5
Oxigeno disuelto (o ₂)	mg/L	2,4	.....
DBO ₅	mg/L	229,28	100
DQO	mg/L	536,824	250

Coliformes totales	NMP/100 mL	1460	.....
Coliformes fecales	NMP/100 mL	704	Rem. Al 99%

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

Tabla 4-1 Caracterización inicial del agua residual de San Andes-semana dos

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO							
AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA CUERPO RECEPTOR							
PARAMETROS	UNIDAD	Norma	SEMANA MONITOREADA				
		TULSMA	08-oct	13-oct	22-oct	27-oct	29-oct
		Lim.Max.Per					
Color	UTC	Ina. en dis	45,00	80,00	55,00	70,00	90,00
Turbiedad	NTU	.....	269,34	301,64	284,62	294,73	296,03
Ph	.....	5--9	8,94	8,47	9,56	8,64	9,40
Conductividad	uS/cm	.....	394,61	324,60	310,57	366,85	380,09
Sólidos totales disueltos	mg/L	.....	190,57	156,96	146,03	170,71	180,84
Sólidos sedimentables	mg/L	1,0	0,83	0,98	0,87	0,90	0,83
Sólidos suspendidos	mg/L	.....	0,48	0,46	0,43	0,44	0,42
Temperatura	° C	< 35	16,54	17,95	18,46	18,32	18,51
Nitrógeno total (n)	mg/L	15	32,05	26,580	20,470	22,58	22,43
Fosfatos (p-po ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	1,16	0,68	0,63	0,71	0,69
Nitrogeno amoniacal (nh ₃ -n)	mg/L	.....	0,85	0,68	0,57	0,64	0,7
Aceites y grasas	mg/L	0,3	0,025	0,02	0,06	0,035	0,046
Detergente	mg/L	0,5	0,27	0,37	0,30	0,21	0,23
Sulfatos (so ₄ ²⁻)	mg/L	1000	14,00	10,00	6,00	11,00	7,00
Fluoruros (f)	mg/L	5,0	2,25	0,80	0,69	0,97	0,82
Hierro total (fe)	mg/L	10,0	0,83	0,75	0,64	0,71	0,66
Manganeso (mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,96	0,94	0,74	0,82	0,90
Cromo (cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,047	0,034	0,025	0,030	0,029
Cobre (cu)	mg/L	1,0	0,08	0,08	0,05	0,07	0,08
Dureza total (caco ₃)	mg/L	.....	240,00	80,00	100,00	110,00	90,00
Aluminio (al ⁺³)	mg/L	5,0	0,008	0,009	0,009	0,009	0,008

Cloruros (cl ⁻)	mg/L	1000	10,25	9,68	7,63	8,82	6,47
Niquel (ni)	mg/L	2,0	0,024	0,038	0,027	0,045	0,041
Cobalto (co)	mg/L	0,5	0,125	0,185	0,146	0,138	0,129
Plomo (pb ²⁺)	mg/L	.....	< 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
Plata (ag ⁺)	mg/L	.....	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Cianuro (cn ⁻)	mg/L	0,1	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Bario (ba ²⁺)	mg/L	2,0	20,00	18,00	15,00	19,00	22,00
Bromo (br)	mg/L	.....	0,12	0,09	0,11	0,10	0,13
Molibdeno (mo ⁶⁺)	mg/L	.....	6,42	3,85	4,62	7,69	4,61
Cromo total (cr)	mg/L	0,5	0,21	0,19	0,20	0,24	0,23
Oxigeno disuelto (o ₂)	mg/L	.....	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
DBO ₅	mg/L	100	486,72	554,61	503,97	560,09	620,32
DQO	mg/L	250	856,42	876,45	923,65	890,64	825,64
Coliformes totales	NMP/100 mL	.....	2200	1100	1400	1600	1500
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Rem. Al 99%	1000	462	600	320	400

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

Tabla 5-1 Valores promedios de la caracterización-semana dos

PARAMETROS	UNIDAD	PROMEDIO	Norma TULSMA
			Lim.Max.Per
Color	UTC	68,00	Ina. en dis
Turbiedad	NTU	289,27	.....
Ph	.....	9,00	5--9
Conductividad	uS/cm	355,34	.....
Sólidos totales disueltos	mg/L	169,02	.....
Sólidos sedimentables	mg/L	0,88	1,0
Sólidos suspendidos	mg/L	0,45	.....

Temperatura	° C	17,96	< 35
Nitrógeno total (n)	mg/L	24,82	15
Fosfatos (p-po ₄ ³⁻)	mg/L	0,77	10,0
Nitrogeno amoniacal (nh ₃ -n)	mg/L	0,69	.....
Aceites y grasas	mg/L	0,04	0,3
Detergente	mg/L	0,28	0,5
Sulfatos (so ₄ ²⁻)	mg/L	9,60	1000
Fluoruros (f)	mg/L	1,11	5,0
Hierro total (fe)	mg/L	0,72	10,0
Manganeso (mn ²⁺)	mg/L	0,87	2,0
Cromo (cr ⁺⁶)	mg/L	0,03	0,5
Cobre (cu)	mg/L	0,07	1,0
Dureza total (caco ₃)	mg/L	124,00	.....
Aluminio (al ³⁺)	mg/L	0,01	5,0
Cloruros (cl ⁻)	mg/L	8,57	1000
Niquel (ni)	mg/L	0,04	2,0
Cobalto (co)	mg/L	0,14	0,5
Plomo (pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	.....
Zinc (zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	5,0
Plata (ag ⁺)	mg/L	< 0.20	.....
Cianuro (cn ⁻)	mg/L	< 0.02	0,1
Bario (ba ²⁺)	mg/L	18,80	2,0
Bromo (br)	mg/L	0,11	.....
Molibdeno (mo ⁶⁺)	mg/L	5,44	.....
Cromo total (cr)	mg/L	0,21	0,5
Oxigeno disuelto (o ₂)	mg/L	2,20	.....
DBO ₅	mg/L	545,14	100

DQO	mg/L	874,56	250
Coliformes totales	NMP/100 mL	1560,00	.....
Coliformes fecales	NMP/100 mL	556,40	Rem. Al 99%

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

1.3.6 Pruebas de tratabilidad

– Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad representa la naturaleza del efluente entonces:

La relación de $DQO/DBO_5 = 1,5$ materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.

La relación de $DQO/DBO_5 = 2$ materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.

La relación de $DQO/DBO_5 = 10$ materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

La caracterización del agua residual descrita en la Tabla 3-1 y Tabla 5- 1 nos indica que los parámetros iniciales analizadas tanto el DBO_5 y el DQO se encuentra fuera de normas (TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 12), lo que nos permite evaluar el índice de biodegradabilidad tanto en la semana uno como en la semana dos.

Tabla 6-1 Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad-semana uno

Parámetro	Unidad	Resultado	TULSMA/Tabla 12
DBO5	mg O2/l	229,28	100,0
DQO	mg/l	536,824	250,0

Fuente: (Laboratorio De Servicios Ambientales UNACH, 2016 & Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P – EMAPA-G)

Tabla 7-1 Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad-semana dos

Parámetro	Unidad	Resultado	TULSMA/Tabla 12
DBO5	mg O2/l	545,14	100,0
DQO	mg/l	874,56	250,0

Fuente: (Laboratorio De Servicios Ambientales UNACH, 2016 & Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P – EMAPA-G)

- Considerando el índice de biodegradabilidad DQO/DBO₅ en la semana uno:

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

$$\frac{DQO}{DBO_5} = \frac{536,824}{229,28}$$

$$\frac{DQO}{DBO_5} = 2,3$$

- Considerando el índice de biodegradabilidad DQO/DBO₅ en la semana dos:

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

$$\frac{DQO}{DBO_5} = \frac{874,56}{545,14}$$

$$\frac{DQO}{DBO_5} = 1,6$$

Entonces, la relación DQO/DBO₅ en la semana uno es de 2,3 y en la semana dos es de 1,6 por lo tanto haciendo un promedio de la relación de las dos semanas da un valor de 2,0 entonces lo que nos indica que los compuestos del efluente son de naturaleza moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.

- Prueba de Jarras

Para la realización de la prueba de jarras se utilizó el polímero Policloruro de Aluminio PAC – P25A y el auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100), se consideró dos muestras compuestas en donde la turbiedad oscilaba entre (148,64– 289,27) NTU, que permitió la eliminación de olores que emanaban de las muestras, la dosificación de estos productos químicos se efectuó a diferentes concentraciones, mismos que se muestran en la Tabla 8-1 y Tabla 9-1.

Además se utilizó para las pruebas un vaso de precipitación con agua residual esto nos sirve como control, se determinó la turbiedad antes y después de cada etapa.

También se realizó la caracterización general al inicio y final de cada prueba para determinar el rendimiento de remoción.

Para tener las dosis optimas se realizó la preparación de las disoluciones del PAC-P25A (Poli cloruro de aluminio) y el auxiliar de coagulación Chemfloc N-100 a diferentes sugerido por la técnica respectiva.

Para la utilización del equipo se realizó en una mezcla rápida de 100rpm, donde se inyectaron los reactivos mediante una jeringuilla hipodérmica, luego se suspendió la agitación y se dejó reposar las jarras durante 10 minutos, finalmente se tomó las muestras para realizar los análisis respectivos de cada muestra.

Tabla 8-1 Tratabilidad con pruebas de Jarra-semana uno

PRUEBAS DE JARRAS REALIZADAS A MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIOS DE LAS TURBIEDADES PRESENTADAS							
TURBIEDAD 148.64 NTU, (pHo=7.89, pHf=7.09), rpm=100							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,01	20,00	10,00	1,86	2,04	3,72	97,50
0,80	0,01	40,00	20,00	2,91	3,79	4,16	97,20
0,80	0,01	60,00	30,00	4,15	6,22	4,61	96,90
0,80	0,01	80,00	40,00	5,56	9,45	5,05	96,60
0,80	0,02	20,00	10,00	7,15	3,57	5,50	96,30
0,80	0,02	40,00	20,00	8,92	6,24	5,95	96,00
0,80	0,02	60,00	30,00	10,87	9,78	6,39	95,70
0,80	0,02	80,00	40,00	12,99	4,55	6,84	95,40
0,80	0,03	20,00	10,00	15,30	5,66	7,28	95,10
0,80	0,03	40,00	20,00	17,78	6,93	7,73	94,80
0,80	0,03	60,00	30,00	1,30	2,60	0,52	99,65
0,80	0,03	80,00	40,00	3,30	7,26	1,10	99,26
0,80	0,04	20,00	10,00	4,06	9,74	1,16	99,22
0,80	0,04	40,00	20,00	4,88	12,68	1,22	99,18
0,80	0,04	60,00	30,00	5,75	16,11	1,28	99,14
0,80	0,04	80,00	40,00	6,69	20,07	1,34	99,10

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

Realizado por: Fernanda Arroba

Tabla 9-1 Tratabilidad con prueba de Jarra-semana dos

TURBIEDAD 289.27 NTU, (pH₀=9.00, pH_f=7.07), rpm=100							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,01	20,00	10,00	1,34	1,60	1,21	99,58
0,80	0,01	40,00	20,00	1,73	2,42	1,33	99,54
0,80	0,01	60,00	30,00	2,17	3,47	1,45	99,50
0,80	0,01	80,00	40,00	2,66	3,19	1,56	99,46
0,80	0,02	20,00	10,00	3,19	3,51	1,68	99,42
0,80	0,02	40,00	20,00	3,77	5,27	1,79	99,38
0,80	0,02	60,00	30,00	4,39	5,27	1,91	99,34
0,80	0,02	80,00	40,00	5,06	5,57	2,02	99,30
0,80	0,03	20,00	10,00	5,78	6,94	2,14	99,26
0,80	0,03	40,00	20,00	4,29	5,57	2,26	99,22
0,80	0,03	60,00	30,00	4,98	6,97	2,37	99,18
0,80	0,03	80,00	40,00	5,47	3,83	2,49	99,14
0,80	0,04	20,00	10,00	5,99	5,39	2,60	99,10
0,80	0,04	40,00	20,00	6,53	5,22	2,72	99,06
0,80	0,04	60,00	30,00	1,08	2,60	0,43	99,85
0,80	0,04	80,00	40,00	4,96	3,97	2,26	99,22

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

Realizado por: Fernanda Arroba

*1.3.6. 2 Análisis del agua residual tratada***Tabla 10-1** Resultado de las pruebas de Tratabilidad

MUESTRAS COMPUESTAS DE AGUA RESIDUAL VS AGUA TRATADA					
PARAMETROS	UNIDAD	MUESTRA COMPUESTA 1	MUESTRA TRATADA	MUESTRA COMPUESTA 2	MUESTRA TRATADA
COLOR	UTC	38,00	1,00	68,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	148,64	0,52	289,27	0,43
Ph	.....	7,89	7,09	9,00	7,07
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	329,28	94,63	355,34	91,28
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	159,04	41,06	169,02	39,69
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	0,87	0,21	0,88	0,18
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	0,45	0,1	0,45	0,1

TEMPERATURA	° C	18,27	17,85	17,96	17,93
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	22,84	2,41	24,82	1,95
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,69	0,19	0,77	0,23
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0,62	0,02	0,69	0,02
ACEITES Y GRASAS	mg/L	0,03	0,025	0,04	0,02
DETERGENTE	mg/L	0,38	0,11	0,28	0,09
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	8,40	1,00	9,60	1,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,89	0,75	1,11	0,88
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,69	0,68	0,72	0,86
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0,858	0,009	0,872	0,008
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,029	0,01	0,033	0,01
COBRE (Cu)	mg/L	0,066	0,02	0,072	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	100	160,00	124	120,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0,008	0,007	0,009	0,008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	3,86	3,48	8,57	2,450
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,020	0,25	0,035	0,19
COBALTO (Co)	mg/L	0,064	0,32	0,145	0,27
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	0,008	< 0.01	0,007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	0,19	< 0.10	0,14
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.20	0,007	< 0.20	0,007
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	0,008	< 0.02	0,006
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	15,20	0,74	18,80	0,20
BROMO (Br)	mg/L	0,07	0,009	0,11	0,009
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	2,80	0,006	5,44	0,007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,15	0,12	0,21	0,16
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	2,40	7,00	2,20	6,53
DBO ₅	mg/L	229,28	25	545,142	28
DOO	mg/L	536,82	7	874,56	5
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1460	< 1**	1560	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	704	< 1**	556,4	< 1**

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

Realizado por: Fernanda Arroba

1.3.7 Determinación del caudal

Para la determinación del caudal se utilizó el método volumétrico, ya que el caudal del agua residual que genera la parroquia de San Andrés no tiene un flujo contante por esta razón se utilizó dicho método siguiendo los siguientes paso:

- Se realizó aforaciones directas del agua residual que llega a través de una tubería a un canal rectangular que luego se descargan al cuerpo receptor, con la ayuda de una balde graduado de 40 litros y un cronometro se determina el tiempo de llenado.
- Las aforaciones se realizó en horas pico, donde se debe considerando el mayor volumen de agua residual generada, desde las 07H00 – 08H00, 13H00 – 14H00 y 19H00 – 20H00, en intervalos de tiempo de 15 minutos.
- La determinación del aforo se realizó los días miércoles, viernes, sábados y domingos tomando en cuenta que es una parroquia grande y que estos días son de mayor movimiento social y económico, el mes monitoreado fue el mes de noviembre.
- Con los datos obtenidos se realizó la tabulación de los registros para su posterior consolidación por días, semanas y según lo establecido en lo programado.
- Se calculó el caudal punta a partir de las tabulaciones y consolidaciones, fundamentando el promedio del caudal más alto y se incrementó el 4 % por presencia de imprevistos que suelen presentarse en la época invernal.

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

Tabla 11-1 Aforo de caudal del agua residual Semana 1

SEMANA 1 AFORO				
DÍA AFORADOS	MIÉRCOLES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Hora pico	7	9	10	11
07H00-08H00	26	25	30	30
13H00-14H00	27	28	26	29
19H00-20H00	29	25	33	30
Promedio	27.33	26.00	29.67	29.67
		CAUDAL PROM.		28.17

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 12-1 Aforo de caudal del agua residual Semana 2

SEMANA 2 AFORO				
DÍA AFORADOS	MIÉRCOLES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Hora pico	14	16	17	18
07H00-08H00	21	19	24	28
13H00-14H00	23	21	26	30
19H00-20H00	27	18	28	30
Promedio	23.67	19.33	26.00	29.33
		CAUDAL PROM.		24.58

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 13-1 Aforo de caudal del agua residual Semana 3

SEMANA 3 AFORO				
DÍA AFORADOS	MIÉRCOLES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Hora pico	21	23	24	25
07H00-08H00	24	29	28	29
13H00-14H00	29	27	29	30
19H00-20H00	25	30	33	35
Promedio	26.00	28.67	30.00	31.33
		CAUDAL PROM.		29.00

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 14-1 Aforo de caudal del agua residual Semana 4

SEMANA 4 AFORO				
DÍA AFORADOS	MIÉRCOLES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Hora pico	28	29	30	31
07H00-08H00	26	27	29	29
13H00-14H00	25	29	27	32
19H00-20H00	29	28	33	30
Promedio	26.67	28.00	29.67	30.33
		CAUDAL PROM.		28.67

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

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

1.4.2 Indirectos

Los beneficiario indirectos, son los habitantes de la parroquia San Andrés, ya que cuenta con una población de 13481 hab, el 100% de la población es mestiza según la cultura y su etnia, el 98.7% de la población es rural y el 1.30% de población es urbana, la producción agrícola es abundante, entre ellos se destaca el: maíz, papas, rábano, arveja, etc. la mayoría de las familias poseen ganado bovino, pero esto solamente para la provisión de leche y de sus derivados al interior de la familia.

2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales en la parroquia San Andrés del cantón Guano.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físico – química y microbiológica de las aguas residuales de la Parroquia San Andrés del cantón Guano, basadas en los límites de descarga de la norma de calidad ambiental Recurso Agua del TULSMA Libro VI Anexo I. Tabla 12
- Identificar las variables de proceso apropiadas para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales según los resultados obtenidos en la caracterización del efluente.
- Validar el diseño propuesto considerando la caracterización físico – química y microbiológica del agua tratada, en base a los límites de descarga del TULSMA libro VI Anexo I Tabla 12.

- Estimar los costos que demanda el estudio técnico del diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales.

3. CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización Geográfica

El presente trabajo de investigación técnico se efectuó en la parroquia San Andrés que se encuentra ubicada en la sierra central del país, al noroeste de la Provincia de Chimborazo, perteneciente al cantón Guano, a 8 Km de la ciudad de Riobamba por la Panamericana salida a Quito.

Tabla 15-3 Tabla Características Geográficas de San Andrés

Límites		Rango Altitudinal	Clima
Norte: Provincia de Tungurahua	Sur: Calpi, San Juan – Riobamba	Oscila entre 2800 a 6310 m.s.n.m.	Varia 8 a 20°C
Este: Guano y San Isidro	Oeste: San Juan y Provincia Bolívar		

Fuente. Plan De Ordenamiento Territorial de San Andrés.

Elaborado por. Fernanda Arroba 2016



Ilustración 2-3. Cabecera Parroquial de San Andrés

Elaborado por: Fernanda Arroba 2016

3.1.2. Superficie de Servicio

La parroquia de San Andrés posee una superficie total 15990 Ha, de las cuales 108 Ha son urbanas las mismas que van a ser servidas con el presente proyecto.

Tabla 16-1 Distribución de la Parroquia de San Andrés

SAN ANDRES							
ÁREA	UNID.	URBANO	%	Rural	%	Total	%
	Ha	108	1.30	15882	98.7	15990	100
	Km ²	1.08	1.30	158.82	98.7	159.90	100

Fuente. Equipo técnico de la Consultoría

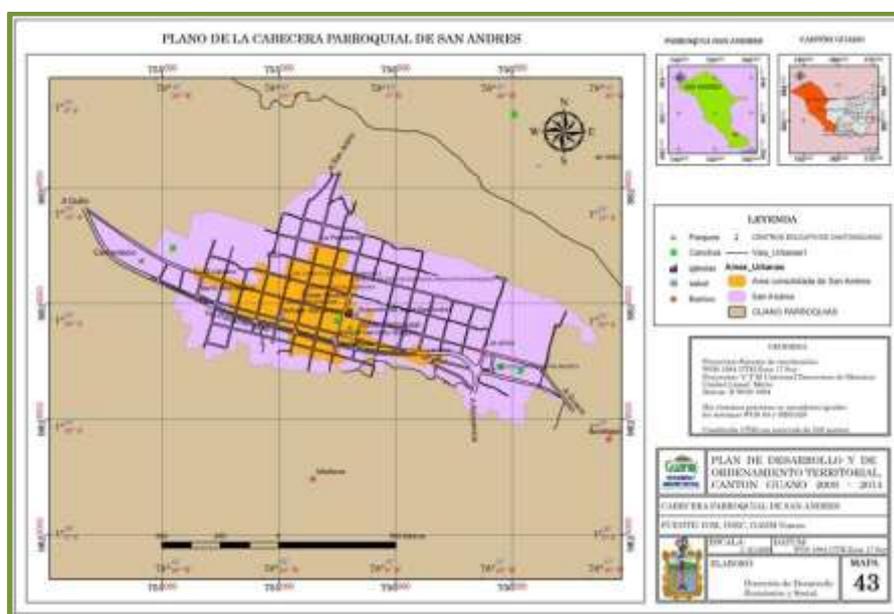


Ilustración 3-3. Mapa de la Parroquia de San Andrés

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial el Cantón Guano

Elaborado por: Fernanda Arroba 2015

3.1.3. Clima de la Zona

La parroquia presenta una variedad de climas que van desde el glaciario en el volcán Chimborazo, frío en las faldas del mismo y templado en la cabecera parroquial, con temperaturas medias que fluctúan entre una mínima de 4°C y una máxima de 20°C, en tanto que la temperatura media anual es de 11°C.

Según datos de la estación M408 ubicada en Guano la misma que fue instalada 1979, en una latitud 01°36'19" S y longitud 78°37'11" W, el período lluvioso corresponde a los meses de febrero, marzo, abril, y parte de mayo, la precipitación promedio mensual es de 31.15 mm.

3.1.4. Topografía general de la Zona

La Parroquia de San Andrés., se encuentra ubicada en la zona Media del Cantón Guano, su topografía es bastante regular teniendo pendientes que van desde los 2 hasta aproximadamente los 20°.

Los suelos de la parroquia son de tipo inceptisol los mismos que se caracterizan por un débil desarrollo de horizontes, origen volcánico reciente y ocurrencia típica en zonas recientemente deglaciadas. Los Inceptisoles se presentan en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes, depresiones o superficies geomorfológicas jóvenes.

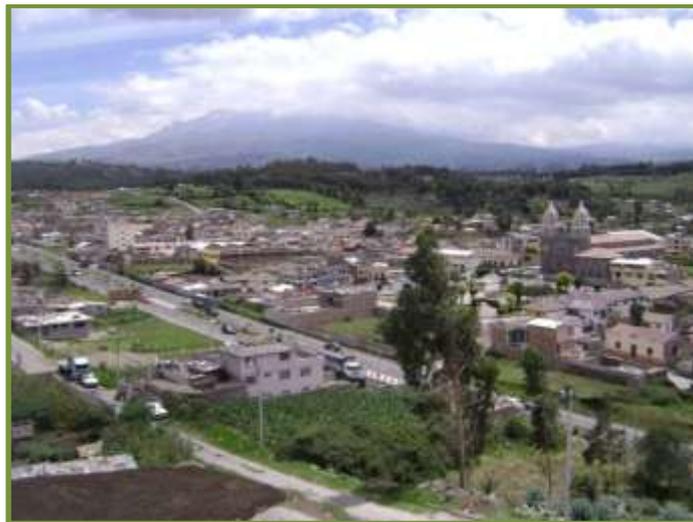


Ilustración 4-3. Vista general de la cabecera Parroquial de San Andrés

Elaborado por: Fernanda Arroba 2015

3.1.5. Hidrología

Según la división hidrográfica del Ecuador el agua pertenece al Sistema # 28, Cuenca #76, Subcuenca # 04, Microcuenca # 17 de la carta de Guano.

En la Parroquia San Andrés según datos proporcionado por la SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua) existen 205 vertientes de agua que nacen desde sus páramos y de los deshielos del Chimborazo, de las cuales 87 se utilizan para riego y 82 se utilizan para consumo humano y 36

vertientes son adjudicadas para abrevadero de los animales, estas vertientes además forman varios ríos como son: Río Guaico, que nace en las faldas del Chimborazo por sus filtraciones que hace su recorrido por el límite entre San Andrés y San Isidro, y al pasar por el Cantón Guano toma el nombre de río Guano, el río Batzacón de igual forma nace de los deshielos del Chimborazo realiza un recorrido por el Oeste de la parroquia, es de gran importancia ya que sirve como fuente de riego para muchas comunidades de la Parroquia, otro de los ríos que tiene su origen en las faldas del Chimborazo son el río Chibunga y el río Mocha, además existen un sin número de pequeñas lagunas, sobre todo en los páramos. Esta son utilizadas para riego y para el uso doméstico en las comunidades de la parroquia y en otros cantones como Riobamba, Guano, Mocha y Quero, lo cual hace falta formar alianzas estratégicas con los Municipios de estos cantones para preservar el medio Ambiente.

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1 Aguas residuales

De acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, se conoce como agua residual a aquella agua de composición variable que ha sufrido degradación de su calidad inicial y que procede de descargas de usos domésticos, municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, etc. (TULSMA, 2015).

Estas aguas residuales, antes de volver a la naturaleza, deben ser depuradas. Para ello se conducen a las plantas o estaciones depuradoras, donde se realiza el tratamiento más adecuado para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles.

3.2.1.2 Composición

Se componen básicamente del 99,9% de agua potable y el 0,1% de sólidos ya sean disueltos o suspendidos. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido.

3.2.1.3 Tipos de aguas residuales

El agua contaminada proviene de diferentes sectores y actividades que realizan los seres humanos, y estas son vertidas por alcantarillado u otras vías de desagüe hacia una fuente hídrica, tenemos:

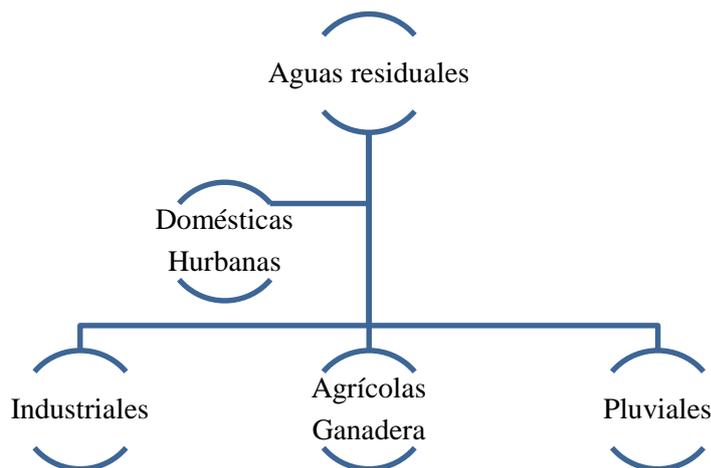


Ilustración 5-3. Tipos de aguas residuales

Realizado por: Fernanda Arroba

3.2.1.4 Caracterización de aguas residuales

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

Tabla 17-3 Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual

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

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

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

3.2.1.5 Indicadores de contaminación orgánica

Se les considera a los parámetros que determinan el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. Se aprovecha la capacidad de algunas sustancias de combinarse con el oxígeno.

- *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*. Este indicador determina la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia de contenido orgánico. La prueba DBO más utilizada es la DBO₅, aquella que se realiza mediante la incubación de una muestra de agua en el laboratorio para la medición del consumo de oxígeno por los microorganismos presentes al cabo de 5 días; y los resultados se reportan en mg/l de oxígeno consumido. (Sierra, 2011, pp. 50-51)
- *Demanda química de oxígeno (DQO)*. Esta prueba mide la materia orgánica oxidada utilizando un agente químico como oxidante que es el dicromato de potasio, K₂Cr₂O₇. Este análisis demora 3 horas y determina si las sustancias de la muestra son degradables o no; por lo tanto al relacionar DQO y DBO su diferencia aumentará con la presencia de sustancias tóxicas resistentes a la degradación. Se expresa también en mg/l.

- *Carbono orgánico total (COT)*. Este parámetro mide el grado de combustión completa de la materia orgánica presente en una muestra de agua. Se utiliza un horno a alta temperatura y el dióxido de carbono formado se determina cuantitativamente a través de un catalizador infrarrojo. La concentración de COT es una medida del grado de contaminación de una muestra de agua y por lo tanto puede correlacionarse con la DQO y DBO de la siguiente manera:

$DBO/DQO < 0,2$ Contaminantes de naturaleza no biodegradable.

$DBO/DQO > 0,4$ Contaminantes de naturaleza biodegradable (Doménech & Peral Pérez, 2006, p. 190).

A esta relación se la conoce como índice de biodegradabilidad:

$DQO/DBO = 1,5$ Materia orgánica muy degradable.

$DQO/DBO = 2$ Materia orgánica moderadamente degradable.

$DQO / DBO = 10$ Materia orgánica poco degradable (Cisterna & Peña, 2015, <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>).

La relación DQO/DBO_5 representa la biodegradabilidad de un efluente, por tanto se tiene que:

- Cuando $DQO/DBO_5 < 2,5$ corresponde a un efluente o compuesto biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos como lodos activados o lechos bacterianos.
- Cuando $2,5 < DQO/DBO_5 < 5$ es biodegradable siendo recomendable el empleo de lechos bacterianos (Cisterna & Peña, 2015, <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>)

- *Oxígeno disuelto*. El oxígeno disuelto representa la concentración de oxígeno medida en el agua. Este parámetro indica la cantidad de material procedente de la descomposición de vegetación, el crecimiento microbiano y sus actividades metabólicas, y también de compuestos químicos.

3.2.2 Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales

3.2.2.1 Cálculo de la población futura

El diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales, requiere de un tiempo estimado de vida útil de 15 a 30 años, establecida por la norma INEN 005-9-1 (1992), es por ello, que los datos otorgados por el GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUANO, Dirección de Saneamiento

Ambiental, Memoria Técnica, tienen como base un periodo de diseño de 15 años. (MEMORIA TÉCNICA SAN ANDRÉS). Por tanto el periodo de vida útil será hasta el año 2030.

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

Ecuación 1

Datos:

Pa : Población actual (hab); 13481 hab

r : Índice de crecimiento anual (%); 2,28% ((índice de crecimiento intercensal determinado en el Censo de Población y Vivienda en la Parroquia San Andrés INEC 2010).

t : Periodo de diseño (años); 15 años

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

$$Pf = 13481(1 + 0.0228)^{15}$$

$$Pf = 18905,27 \text{ hab}$$

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

Mediante la medición promedio del caudal realizado, se tiene que 27,60 L/s equivale a 2384,64 m³/día. Por lo tanto, para calcular la cantidad de agua que consume la parroquia de San Andrés en (L/ hab*día) se realiza con la siguiente ecuación:

$$Dc = \frac{Q_{promedio} * 1000 \text{ L/m}^3}{Pa}$$

Ecuación 2

Datos:

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

Q_{promedio} : Caudal promedio (m³/día)

Pa : Población actual (hab); 13481 hab

$$Dc = \frac{2384,64 \text{ m}^3/\text{día} * 1000 \text{ L/m}^3}{13481 \text{ hab}}$$

$$Dc = 176,89 \text{ L/hab.día}$$

3.2.2.3 Cálculos del caudal

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

El caudal servido se determina mediante la población futura para el año 2030 dando 18905,27 habitantes y se realiza con la siguiente ecuación:

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

Ecuación 3

Datos:

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

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

Pf : Población futura (hab)

$$Q_m = \frac{18905,27 \text{ hab} * 176,89 L/hab.dia}{1000 L/m^3}$$

$$Q_m = 3344,13 \text{ m}^3/dia$$

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

El caudal medio diario (Q_{md}) se calcula con valor de K_1 de 0,8. Se calcula mediante la ecuación:

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

Ecuación 4

Datos:

K_1 : Constante para el caudal medio diario

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

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

$$Q_{md} = 0,8 * 3344,13 \text{ m}^3/dia$$

$$Q_{md} = 2675,32 \text{ m}^3/dia$$

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

El caudal de diseño, expresado en (m^3/h) se obtiene mediante la ecuación:

$$Q_{diseño} = \frac{Q_{md}}{24}$$

Ecuación 5

Datos:

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

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

$$Q_{diseño} = \frac{2675,32 \text{ m}^3/día}{24}$$

$$Q_{diseño} = 111,47 \text{ m}^3/h$$

- **Cálculo del caudal máximo diario, $Q_{máx}$:**

Caudal máximo diario ($Q_{máx}$) maneja un valor para K_p de 1,5 y se obtiene mediante la ecuación:

$$Q_{máx} = K_p * Q_{md}$$

Ecuación 6

Datos:

K_p : Constante para el caudal máximo diario

$Q_{máx}$: Caudal máximo diario ($m^3/día$)

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

$$Q_{máx} = 1,5 * 2675,32 \text{ m}^3/día$$

$$Q_{máx} = 4012,98 \text{ m}^3/día$$

$$Q_{máx} = 167,21 \text{ m}^3/h$$

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

Para el caudal mínimo diario (Q_{min}) el valor K es 0,3, se calcula mediante la ecuación:

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

Ecuación 7

Datos:

K: Constante para el caudal mínimo diario

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

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

$$Q_{min} = 0,3 * 2675,32 m^3/dia$$

$$Q_{min} = 802,60 m^3/dia$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 33,44 m^3/h$$

- **Cálculo del caudal punta, Q_p:**

El caudal punta (Q_P) para el tiempo de lluvias K₁ es cinco veces y para el tiempo de sequía es tres veces, por lo tanto se asume que K₁ es igual a 4. Este caudal se ha empleado para el diseño de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales y se calcula mediante la ecuación:

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

Ecuación 8

Datos:

Q_p: Caudal punta (m^3/dia)

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

$$Q_p = 4 * 2675,32 m^3/dia$$

$$Q_p = 10701,28 m^3/dia$$

$$Q_p = 445,89 m^3/h$$

$$Q_p = 0,12 m^3/s$$

3.2.2.4 Sistema de rejillas

El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos de gran tamaño que pueda afectar el funcionamiento de bombas, tuberías otras estructuras y accesorios por un medio de un sistema de desbaste. De forma más habitual es hacer pasar el agua residual bruta a través de rejas de barra y/o rejillas.



Ilustración 6-3. Sistema de Desbaste-rejillas

Realizado por. Fernanda Arroba 2016

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

Tabla 18-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

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

Fuente:(Metcalf & Eddy, 1995)

De acuerdo a la limpieza existen dos tipos:

- Rejillas de limpieza manual
- Rejillas de limpieza mecánica

Al utilizar rejillas de limpieza manual, la longitud de las mismas no debe exceder los 3 metros para permitir su correcta limpieza. Además las barras que integran la reja no suelen exceder los 10 mm de anchura por 50 mm de profundidad. En la parte superior de la reja es recomendable colocar una placa perforada para que los objetos extraídos se almacenen temporalmente hasta su drenaje (Metcalf & Eddy, 1995).

3.2.2.4.1 Dimensionamiento del sistema de rejillas

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

El valor de la velocidad de flujo es de 0,60 m/s valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio.

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

Ecuación 9

Datos:

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

Q_p : Caudal punta (m^3/s)

v : Velocidad de flujo (m/s); 0,60 m/s

$$A_L = \frac{0,12 \text{ m}^3/s}{0,60 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,20 \text{ m}^2$$

- **Altura del tirante en el canal, $h_{a'}$:**

El ancho del canal es de 0,8 m, valor asumido por la dirección técnica de la EP.EMAPA-G considerando el diámetro de la tubería de 110 mm de la salida del desfogue del agua residual.

$$h_{a'} = \frac{A_L}{b}$$

Ecuación 10

Datos:

$h_{a'}$: Altura del tirante en el canal (m)

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

b : Ancho del canal (m)

$$h_{a'} = \frac{0,20 m^2}{0,80m}$$

$$h_{a'} = 0,25 m$$

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

$$h_a = h_{a'} + h_{T1} + h_s$$

Ecuación 11

Datos:

$h_{a'}$: = Altura del tirante en el canal (m)

h_{T1} : Altura de la caja de revisión (m); 0,75 m (*Valor considerado referente a la altura de la cada revisión*)

h_s : Altura de seguridad (m); 0,15 m (*Valor considerado referente a la altura de la cada revisión*)

$$h_a = 0,25 m + 0,75m + 0,15m$$

$$h_a = 1,15 m$$

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

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

Ecuación 12

Datos:

L_b : Longitud de las barra (m)

h_a : Altura del tirante de construcción (m); 1,15 m

α : Ángulo de inclinación de las barras (*grados*); 55° (*Valor considerado de la Tabla 18-3*)

$$L_b = \frac{1.15 m}{\text{Sen } 55}$$

$$L_b = 1.40m$$

- **Número de barras, N_b :**

El valor de 0,8 m del ancho del canal está asumido por la dirección técnica de la EP.EMAPA-G considerando el diámetro de la tubería de 110mm de la salida del desfogue del agua residual)

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

Ecuación 13

Datos:

b : Ancho del canal (m); 0,8 m

S : Separación entre las barras (m); 0,025 m (Valor considerado de la Tabla 18-3)

e : Espesor de las barras(m); $1,27 \times 10^{-2}$ m (Valor considerado de la Tabla 18-3)

$$N_b = \frac{0,8 \text{ m}}{1,27 \times 10^{-2} \text{ m} + 0,025 \text{ m}}$$

$$N_b = 21,22 \cong 21 \text{ barras}$$

- **Perdida de carga, H :**

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

Tabla 19-3 Coeficiente de pérdida para rejillas

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

Fuente: (RAS, 2000)

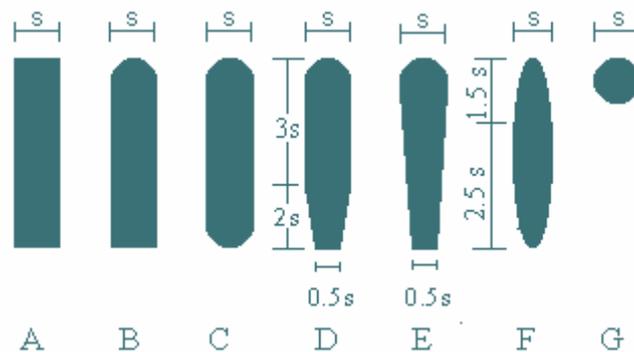


Ilustración 7-3. Diferentes formas de rejillas

Fuentes: RAS, 2000

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

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

Ecuación 14

Datos:

β : Factor dependiente de la forma de barras (*adimensional*); 1,79 (*Valor considerado de la Tabla 19-3*)

S : Separación entre las barras (*m*); 0,025 m (*Valor considerado de la Tabla 18-3*)

e : Espesor de las barras (*m*); $1,27 \times 10^{-2}$ m (*Valor considerado de la Tabla 18-3*)

v : Velocidad de flujo (*m/s*); 0,60 m/s valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio.

g : Gravedad (*m/s²*) = 9,8 m/s²

α : Ángulo de inclinación de las barras (*grados*); 55° (*Valor considerado de la Tabla 18-3*)

$$H = 1,79 \left(\frac{0,025 \text{ m}}{1,27 \times 10^{-2} \text{ m}}\right)^{4/3} \left(\frac{0,60^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}\right) \text{Sen } 55$$

$$H = 0,07\text{m} < 0,15 \text{ m admisibles} *$$

La pérdida de carga en la rejilla es de 0,07 m, por lo tanto es menor que el valor máximo admisible de 0,15 m según en la Tabla 17-3

3.2.2.5 Canal de entrada

El canal de entrada se implementa para flujos constantes, y 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)



Ilustración 8-3. Canal rectangular abierto

Realizado por. Fernanda Arroba 2016

3.2.2.5.1 Dimensionamiento de un canal

- **Radio hidráulico, RH :**

Tabla 20-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos

Anchura del fondo (m)	Altura del agua (m)	Pendiente longitudinal (porcentaje)			
		0,02	0,05	0,10	0,15
0,30	0,30	20-30*	30-40	40-60	40-70
0,50	0,40	40-70	70-120	100-160	120-200
0,80	0,60	140-240	230-370	320-530	400-650

Fuente: (Estructuras De Conducción De Agua)

Las condiciones para determinar el radio hidráulico se basa en la siguiente Tabla 20-3

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

Ecuación 15

Datos:

RH : Radio hidráulico (m)

h : Altura máxima del agua en el canal (m); 0,60 m (Valor considerado de la Tabla 20-3)

b : Ancho del canal (m); 0,8 m (Valor considerado de la Tabla 20-3)

$$RH = \frac{(0,80 * 0,60) \text{ m}^2}{0,80 \text{ m} + 2(0,60 \text{ m})}$$

$$RH = 0,24 \text{ m}$$

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

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

Tabla 21-3 Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento

Canales revestidos	N	$1/n$
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67

Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04

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

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

Ecuación 16

Datos:

v : Velocidad media del canal (m/s)

RH : = Radio hidráulico (m); 0,24m

S : Pendiente canal rectangular revestido de hormigón (%); 0,02 % (Valor considerado de la Tabla 19-3)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning (*adimensional*); 0,015 (Valor considerado de la Tabla 21-3)

$$v = \frac{1}{0,015} (0,24m)^{2/3} (0,0002)^{1/2}$$

$$v = 0,36 \text{ m/s}$$

- Área de la sección transversal del canal, A :

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

Ecuación 17

Datos:

v : Velocidad media del canal (m/s); 0,36 m/s

Q_p : Caudal punta (m^3/s) 0,12 m^3/s

$$A = \frac{0,12 \text{ m}^3/s}{0,36 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,33 \text{ m}^2$$

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

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

$$A = b * h$$

Datos:

A: Área del canal (m^2)

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

$$A = 2h * h$$

$$A = 2h^2$$

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

$$h = \sqrt{\frac{0,33 \text{ m}^2}{2}}$$

$$h = 0,41 \text{ m}$$

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

Para el cálculo de la altura total se toma en cuenta el bore libre, como nuestro caudal es menor a $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ por lo tanto el factor de seguridad es $0,30 \text{ m}$

Tabla 22-3 Condiciones para determinar el borde libre de un canal

Caudal (m^3/s)	Borde libre (m)
Menor a 0,50	0,30
Mayor a 0,50	0,40

Fuente: (Pedro Rodríguez Rubio, 2008)

$$H = h + h_s$$

Ecuación 18

Datos:

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

h_s: Factor de seguridad(m); $0,30\text{m}$ (Valor considerado de la Tabla 22-3)

$$H = (0,41 + 0,30)m$$

$$H = 0,71m$$

3.2.2.6 Tanque IMHOFF

El tanque IMHOFF es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques IMHOFF ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques IMHOFF tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque IMHOFF típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- *Cámara de sedimentación.* Donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.
- *Cámara de digestión de lodos.* Donde se almacenan y digieren los lodos
- Área de ventilación y acumulación de natas.

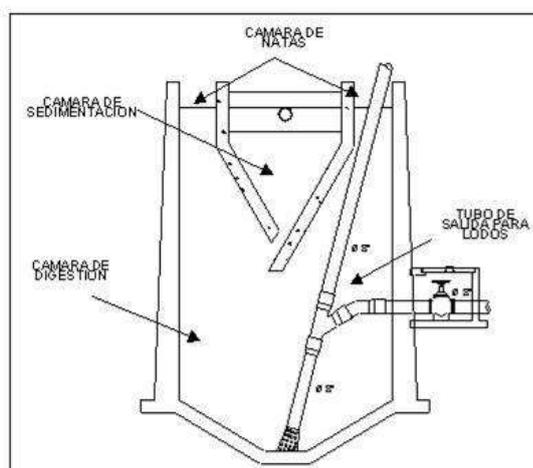


Ilustración 9-3. Representación de un tanque IMHOFF

Realizado por. Fernanda Arroba 2016

Consideraciones a tener en cuenta el ingeniero responsable del proyecto, para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de una población.

Ventajas

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques IMHOFF, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

Desventajas

- Son estructuras profundas (>6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto (Guía para el diseño de tanque séptico, 2005. pp 10-14-30).

Tabla 23-3 Condiciones de diseño recomendadas para tanques IMHOFF

CRITERIOS DE DISEÑO		
Parámetros	Valor	Unidad
Compartimiento de sedimentación		
Relación longitud a ancho	2:1 - 5:1	

Pendiente	1,25:1 a 1,75:1	
Abertura de las ranuras	15 - 30	<i>cm</i>
Proyección de las ranuras	15 - 30	<i>cm</i>
Baffle de espumas		
Encima de la superficie	45 - 60	<i>cm</i>
Debajo de la superficie	15	<i>cm</i>
Carga de desbordamiento superficial	25 - 40	<i>m³/m²d</i>
Tiempo de retención	1,5 - 4	<i>horas</i>
Área de ventilación del gas		
Área superficial	15 - 30	<i>% del total</i>
Ancho de la abertura	45 - 75	<i>cm</i>
Cámara de digestión de lodos		
Volumen	55 - 100	<i>litros/cápita</i>
Tubería de recolección de lodos	200 - 300	<i>mm</i>
Profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho de lodos	30 - 90	<i>cm</i>
Profundidad del tanque (desde la superficie del agua hasta el fondo del tanque)	7 - 10	<i>m</i>

Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS)

3.2.2.6.1 Dimensionamiento del tanque IMHOFF

3.2.2.6.1.1 Cámara de sedimentación

- **Área superficial del sedimentador, A_{ss} :**

$$A_{ss} = \frac{Q_{punta}}{C_s}$$

Ecuación 19

Datos:

Q_{punta} : Caudal punta (m^3/h); 445,89 m^3/s

Cs: Carga superficial (m^3/m^2h); $7,5 m^3/ m^2h$ (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$Ass = \frac{445,89 m^3/h}{7,5 m^3/m^2h}$$

$$Ass = 59,45 m^2$$

- **Largo del sedimentador, L:**

$$As = L * b$$

Ecuación 20

Datos:

As: Área superficial del sedimentador (m^2); $59,45 m^2$

b: Base del sedimentador (m); $6 m$ (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

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

$$L = \frac{59,45 m^2}{6 m}$$

$$L = 9,91 m$$

- **Volumen del sedimentador, Vs:**

$$Vs = Q_{punta} * PRH$$

Ecuación 21

Datos:

Q_{punta}: Caudal punta (m^3/h); $445,89 m^3/h$

PRH: Periodo de retención hidráulica (h); $1,5 h$ (Valor considerado de la Tabla 23-3)

$$Vs = 445,89 \frac{m^3}{h} * 1,5 h$$

$$Vs = 668,84 m^3$$

- **Área de la sección transversal**

$$A_t = \frac{Vs}{L}$$

Ecuación 22

Datos:

Vs: Volumen del sedimentador (m^3); 668,84 m^3

L: Largo del sedimentador (m); 9,91 m

$$A_t = \frac{668,84 \text{ m}^3}{9,91 \text{ m}}$$

$$A_t = 67,49 \text{ m}^2$$

- **Profundidad del sedimentador**

La profundidad del sedimentador se calculó a partir de nociones básicas tomadas en cuenta las figuras geométricas de triángulo- rectángulo.

- **Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación, d:**

$$\tan \alpha = \frac{d}{b/2}$$

Ecuación 23

Datos:

α : Ángulo de inclinación de las barras (*grados*); 55° (*Valor considerado de la Tabla 23-3*)

b: Base del sedimentador (m); 6 m

$$d = \frac{b}{2} \tan \alpha$$

$$d = \frac{6}{2} \tan 55^\circ$$

$$d = 4,28 \text{ m}$$

- **Altura de la cámara de sedimentación, c:**

$$A_t = A_{rect} + A_{trg}$$

$$A_t = b * c + \frac{b * d}{2}$$

$$c = \frac{A_t - \frac{b * d}{2}}{b}$$

Ecuación 24

Datos:

d: Altura de la cámara de sedimentación (m); 4,28 m

b: Base del sedimentador (m); 6 m

A_t: Área de la sección transversal (m²); 67,49 m²

$$c = \frac{67.49 - \frac{6 \text{ m} * 4,28\text{m}}{2}}{6 \text{ m}}$$

$$c = 9,11 \text{ m}$$

3.2.2.6.1.2 Cámara de digestión

- **Volumen del digestor**

$$V_d = \frac{70 * P_f * f_{cr}}{1000}$$

Ecuación 25

Datos:

P_f: Población futura (hab); 18905,27hab

f_{cr}: Factor capacidad relativa; 0,7 (Valor considerado de la Tabla 24-3)

Tabla 24-3 Valores del factor de capacidad relativa

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa (frc)
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
> 25	0,5

Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS)

$$V_d = \frac{70 * 18905,27 * 0,7}{1000}$$

$$V_d = 926,36 \text{ m}^3$$

- **Profundidad de la cámara de digestión**

Para el cálculo de la profundidad de la cámara de digestión se parte del principio de un triángulo y rectángulo.

- **Base triangular de la cámara de digestión, g:**

$$\tan \alpha = \frac{g}{b/2}$$

$$g = \frac{b_{cd}}{2} \tan \alpha$$

Ecuación 26

Donde:

b_{cd} : Base de la cámara de digestión (m); 8 m (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$g = \frac{8}{2} \tan 20^\circ$$

$$g = 1,46 \text{ m}$$

- **Altura de la cámara de digestión, f:**

$$V_d = A_{rect} * h + A_{trg} * h$$

$$V_d = L * b_{cd} * f + \frac{L * b_{cd}}{2} * g$$

$$f = \frac{V_d - \frac{L * b_{cd} * g}{2}}{L * b_{cd}}$$

Ecuación 27

Donde:

b_{cd} : Base de la cámara de digestión (m); 8 m (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

V_d : Volumen del digestor (m^3); 926,36 m^3

L: Largo del sedimentador (*m*); 9,91 *m*

g: Base triangular de la cámara de digestión (*m*); 1,46 *m*

$$f = \frac{926,36 \text{ m}^3 - \frac{9,91 \text{ m} * 8 \text{ m} * 1,46 \text{ m}}{3}}{9,91 \text{ m} * 8 \text{ m}}$$

$$f = 11,20 \text{ m}$$

- **Profundidad total del tanque IMHOFF, H_t :**

$$H_t = h_s + c + d + e + f$$

Ecuación 28

Donde:

h_s : Factor de seguridad(*m*); 0,30*m* (*Valor considerado de la Tabla 22-3*)

c : Altura de la cámara de sedimentación (*m*); 9,11 *m*

f : Altura de la cámara de digestión (*m*); 11,20 *m*

$$H_t = 0,30 \text{ m} + 9,11 \text{ m} + 1,43 \text{ m} + 0,75 \text{ m} + 11,20 \text{ m}$$

$$H_t = 22,79 \text{ m}$$

3.2.2.7 Tanque mezclador

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene el propósito de dispersar en forma rápida y uniforme el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos como son: resaltos hidráulicos en canales, canales Parshall, vertederos triangulares, vertederos rectangulares, etc. (Muñoz Ramos Jorge, Purificación del agua, 2012. <http://es.scribd.com/doc/91532895/PURIFICACION-DEL-AGUA>).

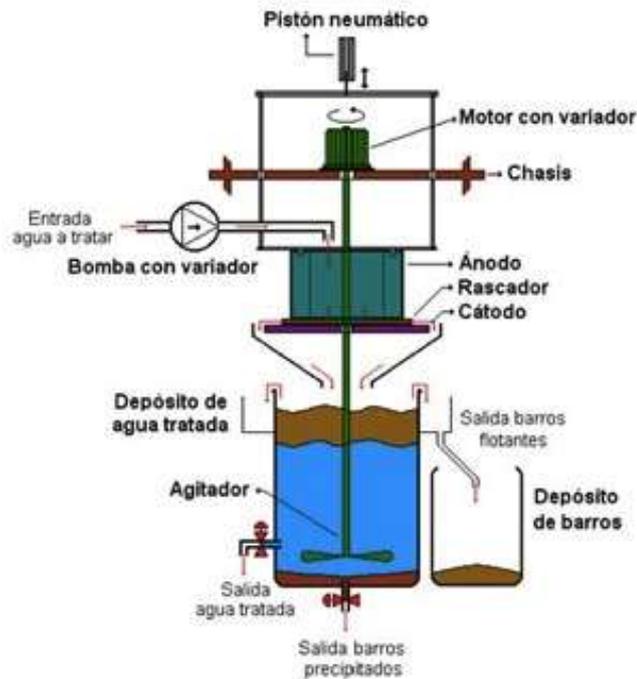


Ilustración 10-3. Esquema de un tanque mezclador

Realizado por: Fernanda Arroba

“La mezcla de los coagulantes y floculantes se realizan generalmente en tanques rectangulares o cilíndricos, el flujo del líquido es detenido en un periodo determinado y es sacudido por mezcladores hidráulicos o mecánicos produciendo turbulencia, los coagulantes deben ser proporcionados en un solo punto del tanque. El mezclador más frecuente son los mecánicos ya que son de mayor confianza y flexibilidad, los impulsores utilizados son los de paleta, turbina y hélices. El diámetro del impulsor comúnmente es de 30 - 50% del diámetro total del tanque y el rango de velocidades que son recomendados dependiendo del tipo de agua es de 10 a 150 rpm. Se colocan además pequeños deflectores en el interior del tanque a una longitud de 0,10 veces el diámetro del tanque que permiten una mayor potencia a la mezcla y genera gran turbulencia. En el diseño de este agitador se realizara con impulsores de turbina de paletas planas ya que proporcionan una buena mezcla” (VAZQUEZ, Fidel. 2003. p. 283).

3.2.2.7.1 Dimensionamiento del tanque mezclador

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

- Volumen del tanque, V_{tanque} :

$$V_{tanque} = Q_{punta} * Trh$$

Ecuación 29

Datos:

Q_{punta} : Caudal punta (m^3/s); 0,11 m^3/s

Trh : Tiempo de retención (s); 3600 s (*Valor considerado de la Tabla 25-3*)

Tabla 25-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

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

Fuente: programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

$$V_{tanque} = 0,11 \frac{m^3}{s} * 3600 s$$

$$V_{tanque} = 396 m^3$$

- Diámetro de la cámara de mezcla, DT :

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

Ecuación 30

Datos:

V : Volumen del sedimentador (m^3); 396 m^3

a : Relación geométrica (*adimencional*); 2 (adimensional)

b : Relación geométrica (*adimencional*); 1 (adimensional)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 396 m^3 * 2}{\pi * 1}}$$

$$DT = 10,03 m$$

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

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

Ecuación 31

Datos:

DT : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 10,03 m

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

b : Relación geométrica (*adimensional*); 1 (adimensional)

$$H = 1 * \frac{10,03 \text{ m}}{2}$$

$$H = 5,01 \text{ m}$$

- **Diámetro de la turbina, D :**

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

Ecuación 32

Datos:

DT : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 10,03 m

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

$$D = \frac{10,03 \text{ m}}{2}$$

$$D = 5,02 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 33

Datos:

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 5,02 m

$$W_d = \frac{5,02 \text{ m}}{10}$$

$$W_d = 0,50 \text{ m}$$

- **Dimensiones de las paletas**

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

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

Ecuación 34

Datos:

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 5,02 m

$$B = \frac{5,02 \text{ m}}{4}$$

$$B = 1,26 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 35

Datos:

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 5,02 m

$$W = \frac{5,02 \text{ m}}{4}$$

$$W = 1,26 \text{ m}$$

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

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

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

Ecuación 36

Datos:

v : Viscosidad dinámica ($\frac{Ns}{m^2}$); $1,139 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}$ (Valor considerado de la Tabla 27-3)

V : Volumen del sedimentador (m^3); $396 m^3$

G : Gradiente de velocidad (s^{-1}); $1000 s^{-1}$

$$P = 1,139 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2} * 396 m^3 * (1000 s^{-1})^2$$

$$P = 451044 Watt$$

$$P = 4,5 \times 10^5 Watt$$

• **Velocidad de rotación, N :**

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

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

Ecuación 37

Datos:

P : Potencia (*Watt*); $4,5 \times 10^5 Watt$

K : Número de potencia; 6,3 adimensional (Valor considerado de la Tabla 26-3)

ρ : Densidad del agua ($\frac{Kg}{m^3}$); $396 \frac{Kg}{m^3}$

D : Diámetro de la turbina (m); $5,02 m$

Tabla 26-3 Número de potencia para diferente tipo de impulsores

Impulsor	Nº de potencia K
Hélice pinch cuadrada, 3 paletas	0,32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1,0
Turbina, 6 aletas planas	6,3

Turbina, 6 aletas curvas	4,8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4,0
Turbina ventilador, 6 aletas	1,65

Fuente: programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Tabla 27-3 Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas

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

Fuente: ROBERTH, Mott, 2013

$$N = \sqrt[3]{\frac{4, \times 10^5 \text{ Watt}}{6,3 * 396 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (5,02\text{m})^5}}$$

$$N = 0,38 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N = 23,03 \text{ rpm}$$

- Anchura de las paletas del impulsor, q :

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

Ecuación 38

Datos:

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 5,02 m

$$q = \frac{5,02 \text{ m}}{5}$$

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

- **Diámetro del disco central, S :**

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

Ecuación 39

Datos:

DT : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 10,03 m

$$S = \frac{10,03 \text{ m}}{4}$$

$$S = 2,51 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 40

Datos:

D : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 5,02 m

$$h = \frac{5,02m}{1}$$

$$h = 5,02 \text{ m}$$

3.2.2.7.2 Cálculo de la dosificación de productos químicos

- **Dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC – P25A), D_{PAC} :**

Datos adquiridos a partir de los test de Jarras - Tabla 8-1

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

Ecuación 41

Datos:

V_{TM} : Volumen del tanque mezclador en litros (L); 396000 L

$D_{PAC\ Jarras}$: Dosis óptima de PAC en la prueba de jarras (mL); 60 mL

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

$$D_{PAC} = \frac{396000\ L * 60\ mL}{1\ L}$$
$$D_{PAC} = 23760000\ mL \approx 23760\ L$$
$$D_{PAC} = 23760\ L/día$$

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

Datos adquiridos a partir de los test de Jarras - Tabla 8-1

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

Ecuación 42

Datos:

$Conc_{PAC}$: Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras; 0,003 g/L

D_{PAC} : Dosificación del policloruro de aluminio PAC –P25A (L/día); 23760 L/día

$$C_{PAC} = 0,03\ g/L * 23760\ L/día$$
$$C_{PAC} = 712,80\ g/día$$
$$C_{PAC} = 0,71\ Kg/día$$

- **Dosificación del auxiliar de coagulación (Chemfloc N–100), D_{N-100} :**

Datos adquiridos a partir de los test de Jarras - Tabla 8-1

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

Ecuación 43

Datos:

V_{TM} : Volumen del tanque mezclador en litros (L); 396000 L

$D_{N-100\ Jarras}$: Dosis óptima de Chemfloc N-100 en la prueba de jarras (L); 30 ml

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

$$D_{N-100} = \frac{396000 \text{ L} * 30 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$
$$D_{N-100} = 11880000 \text{ mL} \approx 11880 \text{ L}$$

$$D_{N-100} = 11880 \text{ L/día}$$

- **Cálculo de la cantidad del auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

Datos adquiridos a partir de los test de Jarras - Tabla 8-1

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

Ecuación 44

Datos:

Conc_{N-100}: Concentración de Chemfloc N-100 óptimo en la prueba de jarras: 0,8 g/L

D_{N-100}: Dosificación del auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100) (L/día); 11880 L/día

$$C_{N-100} = 0,8 \text{ g/L} * 11880 \text{ L/día}$$
$$C_{N-100} = 9504 \text{ g/día}$$

$$C_{N-100} = 9,5 \text{ Kg/día}$$

3.2.2.8 Filtro lento de arena FLA

El proceso de filtración implica la eliminación de partículas en suspensión, haciendo pasar el agua a través de un lecho filtrante. El tratamiento del agua en una unidad de FLA es el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para mejorar la calidad microbiológica del agua (SPELLMAN, Frank, 2004).

El filtro lento de arena conocido como FLA, se utiliza luego del proceso de floculación y sedimentación para la clarificación del agua porque puede que existan sólidos no sedimentables que produzcan turbiedad al agua pretratada. El filtro consiste pasar el agua a través de un lecho filtrante de material poroso o granular, que puede ser: arena y antracita, durante que el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión (SPELLMAN, Frank, 2004. pp 227-228).



Ilustración 11-3. Esquema de un Filtro lento de arena

Fuentes: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf

Con el paso del agua a través de un lecho de arena y grava se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales.
- La reducción de las bacterias presentes.
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:

- La acción mecánica de filtrar
- La sedimentación de partículas sobre granos de arena
- La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas
- La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se producen allí (filtro lento) (SPELLMAN, Frank, 2004. pp 227-228).

3.2.2.8.1 Dimensionamiento del filtro lento de Arena y Grava

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

- Superficie filtrante requerida, Sf :

$$Sf = \frac{Q_{punta}}{Tf}$$

Ecuación 45

Datos:

Q_{punta} : Caudal punta (m^3/h); 381,24 m^3/h

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

$$Sf = \frac{381,24 \frac{m^3}{h}}{0,9 \frac{m^3}{m^2h}}$$

$$Sf = 423,60 m^2$$

- Área de filtración, Af :

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

Ecuación 46

Datos:

Sf : Superficie filtrante requerida (m^2); = 423,60 m^2

n : Número de filtros deseados; 2 unidades

$$Af = \frac{423,60 m^2}{2}$$

$$Af = 211,80 m^2$$

- Determinación del número de módulos de filtración, nf :

$$nf = 0,5 * \sqrt[3]{Af}$$

Ecuación 47

Datos:

Af: Área filtrante (m^2); 211.80 m^2

$$nf = 0,5 * \sqrt[3]{211.80 m^2}$$
$$nf = 2,98 \cong 3 \text{ unidades}$$

- Área de cada unidad, **Ai:**

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

Ecuación 48

Datos:

Af: Área filtrante (m^2); 211.80 m^2

nf: Número de filtros calculado; 3 *unidades*

$$Ai = \frac{211.80 m^2}{3}$$
$$Ai = 70,60 m^2$$

- **Determinación de las dimensiones del filtro**

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

$$af = \left(\frac{2 * nf * Ai}{2 * nf} \right)^{0,5}$$

Ecuación 49

Datos:

Ai: Área de la unidad (m^2); 70,60 m^2

nf: Número total de unidades de filtración; 3 *unidades*

$$af = \left(\frac{2 * 3 * 70,60 m^2}{2 * 3} \right)^{0,5}$$
$$af = 8,40 m$$

- Ancho de la unidad; bf :

$$bf = \left[\frac{(nf + 1) * Ai}{2 * nf} \right]^{0,5}$$

Ecuación 50

Datos:

Ai : Área de la unidad (m^2); $70,60 m^2$

nf : Número total de unidades de filtración; 3 unidades

$$bf = \left[\frac{(3 + 1) * 70,60 m^2}{2 * 3} \right]^{0,5}$$

$$bf = 6,86 \cong 7 m$$

$$bf = 2,33 m c/u$$

- Longitud total de la pared, L_{tp} :

$$L_{tp} = (2 * bf * nf) + af * ((nf + 1))$$

Ecuación 51

Datos:

nf : Número total de unidades de filtración; 3 unidades

bf : Ancho de la unidad (m); 7 m

af : Longitud de filtración (m); 8,40 m

$$L_{tp} = (2 * 7 * 3) + 8,40 m * ((3 + 1))$$

$$L_{tp} = 75,60 m$$

- Longitud total mínima de la pared, L_m ,

$$L_m = 2 * af * (nf + 1)$$

Ecuación 52

Datos:

nf : Número total de unidades de filtración; 3 unidades

af: Longitud de filtración (m); 8,40 m

$$L_m = 2 * 8,40 \text{ m} * (3 + 1)$$

$$L_m = 67,20 \text{ m}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_{punta}}{v * \pi}}$$

Ecuación 53

Datos:

Q_{punta}: Caudal punta para cada filtro (m³/s); 0,10 m³/s

v: Velocidad en la tubería (m/s); 12 m/s (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,10 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{12 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \pi}}$$

$$D = 0,103 \text{ m}$$

$$D = 103 \text{ mm}$$

• **Determinación del sistema de drenaje**

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

- **Diámetro de los orificios laterales**

Tomando en cuenta los parámetros de diseño es asumido que el diámetro es:

$$D = 8 \text{ mm}$$

- Área de cada orificio, A_o :

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

Ecuación 54

$$A_o = \frac{\pi * (0,008 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_o = 5,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

- Caudal que ingresa a cada orificio, Q_o :

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 55

Datos:

v_o : Velocidad en el orificio (m/s); 3 m/s (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

A_o : Área de cada orificio (m^2); $5,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

$$Q_o = 5,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2 * 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_o = 1,51 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Número de laterales, # laterales:

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

Ecuación 56

Datos:

L_{tp} : Longitud total del filtro (m); 75,60 m

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

el : Separación entre laterales (m); 1 m (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$\# \text{ laterales} = 2 * \frac{75,60 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$\# \text{ laterales} = 151$$

- Separación entre orificios

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

Ecuación 57

Datos:

L_{lp} : Longitud de cada lateral (m); 75,60 m

e : Espacio entre orificios (m); 0,075 m (Valor asumido)

$$\frac{\# \text{ orificios}}{\# \text{ laterales}} = 2 * \frac{3 \text{ m}}{0,075 \text{ m}}$$

$$\frac{\# \text{ orificios}}{\# \text{ laterales}} = 80 \text{ m}$$

- Número total de orificios

$$\# \text{ total de orificios} = \# \text{ laterales} - \frac{\# \text{ orificios}}{\# \text{ laterales}}$$

Ecuación 58

Datos:

Laterales = 151,20

#orificios/ Lateral = 80m

$$\# \text{ total de orificios} = 151 * 80$$

$$\# \text{ total de orificios} = 12096 \text{ orificios}$$

- Área total de orificios, A_{to} :

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

Ecuación 59

Datos:

A_o: Área de cada orificio (m²); $5,03 \times 10^{-5} m^2$

#total de orificios = 12096 orificios

$$A_{to} = 5,03 \times 10^{-5} m^2 * 12096$$

$$A_{to} = 0,61 m^2$$

- **Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0,0015-0,005)**

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0,61}{211,80} = 0,003 \rightarrow \text{si cumple}$$

Ecuación 60

Datos:

A_{to}: Área total de orificios = $0,61 m^2$

A_f: Área de filtración = $211,80 m^2$

3.2.2.9 Tanque de desinfección

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.



Ilustración 12-3. Esquema de un Tanque de Desinfección

Fuente: http://dateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_27_desinfeccion.html

La desinfección se puede realizar de distintas formas:

- *Hipoclorito de calcio*. Se encuentra en estado sólido al 65 % aproximadamente y es muy soluble en agua, la solución obtenida se emplea mediante una bomba peristáltica.
- *Hipoclorito de sodio*. Se encuentra en estado líquido y se le considera como una sustancia latamente corrosiva. La dosificación es muy conveniente en fuentes pequeñas de agua potable para el abastecimiento de poblaciones pequeñas.
- *Cloro gas*. Como su nombre lo indica, se encuentra en estado gaseoso y se aplica mediante el uso de un cilindro, el cloro gas esta comprime a presión vacío y es la forma más económica de clorar para la desinfección de agua.

3.2.2.9.1 Dimensionamiento del tanque de desinfección

El tanque de desinfección es considerado para el diseño de la planta por la necesidad de que el agua salga sin ningún tipo de microorganismo patógeno, además de que es económico y altamente eficiente. Para el dimensionamiento se consideró datos el libro de Muñoz Balarezo sobre desinfección del agua, 1992, y recomendaciones por parte de la E.P-EMAPA-G

- **Volumen del tanque de cloración, V_{tanque} :**

$$V_{tanque} = Q_p * T$$

Ecuación 61

Datos:

Q_i : Caudal punta para cada filtro (m^3/s); $0,10 m^3/s$

T : Tiempo de retención (s); $720 s$ (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

$$V_{tanque} = 0,10 \frac{m^3}{s} * 720 s$$

$$V_{tanque} = 72 m^3$$

- **Área del tanque, A :**

$$A = L * B$$

Ecuación 62

Datos:

L: Longitud del tanque (m); 7,3 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

B: Ancho del tanque (m); 4,5 m (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio*)

$$A = 7,3 \text{ m} * 4,5 \text{ m}$$

$$A = 32,85 \text{ m}^2$$

- **Altura del tanque, H_{tanque} :**

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

Ecuación 63

Datos:

V_{tanque} : Volumen del tanque de dosificación (m^3); 72 m^3

A: Área del tanque (m^2); 32,85 m^2

$$H_{tanque} = \frac{72 \text{ m}^3}{32,85 \text{ m}^2}$$

$$H_{tanque} = 2,19 \text{ m}$$

3.2.2.9.2 *Dosificación en el hipoclorito*

- **Cálculo para la dosificación de Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, D_{HTH} :**

$$D_{HTH} = 0,012 * Q_{punta} * C$$

Ecuación 64

Datos:

Q_{punta} : Caudal punta (*gal/min*); $381,24 \text{ m}^3/\text{h} \approx 1678,73 \text{ gal/min}$

C: Concentración HTH (*ppm*); 5 ppm (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

$$D_{HTH} = 0,012 * 1678,73 * 5$$
$$D_{HTH} = 100,72 \text{ lb/día} = 45,69 \text{ Kg/día}$$

- Cálculo del volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, V_{AHTH} :

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 65

Datos:

m_{HTH} : Masa de HTH (*g*); $100,72 \approx 45679,73 \text{ g}$

ρ_{HTH} : Densidad de HTH (*g/L*); 800 g/L (Ficha técnica HTH)

$$V_{AHTH} = \frac{45679,73 \text{ g}}{800 \text{ g/L}}$$
$$V_{AHTH} = 57,10 \text{ L}$$

- Cálculo del volumen de la solución madre

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} * 65\%}{8,5\%}$$

Ecuación 66

Datos:

V_{AHTH} : Volumen del agua para la dilución del hipoclorito de calcio (*L*); $57,10 \text{ L}$

$$V_{SM} = \frac{57,10 \text{ L} * 65\%}{8,5\%}$$
$$V_{SM} = 436,65 \text{ L}$$

En 436,65 litros de agua se disuelve 100,72 lb/día, es decir, en las 24 hora.

- **Cálculo del volumen para un día, V_T :**

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 67

$$5 * 436,65 = 0,65 * V_2$$

$$V_2 = 3358,82 L$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 68

$$V_T = 436,65 + 3358,82$$

$$V_T = 3795,50 L/dia$$

La solución por goteo se calcula mediante la siguiente conversión:

$$Goteo = 3795,50 \frac{L}{día} * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{1 día}{24 h} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Goteo = 2635,75 mL/min$$

3.2.2.10 Lecho de secado

Los Lechos de Secado son sistemas sencillos y de bajo costo que permiten la deshidratación de los lodos digeridos. Estos dispositivos eliminan el agua presente en los lodos a manera de evaporación, quedando como residuo un material sólido con un contenido de humedad inferior al 70%. El lodo seco se retira del lecho y se utiliza como acondicionador del suelo o a su vez se evacua a un vertedero controlado. Los lechos de secado de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales se utilizan generalmente en las ciudades de hasta 20,000 habitantes.



Ilustración 13-3. Esquema de un Lecho de secado

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

3.2.2.10.1 Dimensionamiento del lecho de secado

- **Contribución per cápita de los sólidos suspendidos**

Se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión que genera por habitante y por día, de la siguiente manera: por caracterización del agua residual se tiene que, los SS = 45mg/L, y con un caudal promedio tomando los caudales tanto del tanque IMHOFF como del tanque de mezcla rápida, en la cual nos da un valor de 9390,48 m³/día.

$$45 \frac{mg}{L} * \frac{1}{18905hab} * \frac{9390,48 m^3}{1día} * \frac{1000L}{m^3} * \frac{1g}{1000mg} = 22,35 g_{SS}/hab. día$$

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

La carga de sólidos que ingresa al tanque IMHOFF y al tanque mezclador en estado de lodo y por consecuente pasa al lecho de secado para ser retirados como materia sólida luego de un proceso de deshidratación.

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

Ecuación 69

Datos:

Pf: Población futura; 18905 habitantes

$$C = \frac{18905 \text{ hab} * 22,35 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}}{1000}$$

$$C = 422,57 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

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

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

Ecuación 70

Datos:

C : Carga de sólidos en suspensión ($\text{Kg}_{SS}/\text{día}$); 422,57 $\text{Kg}_{SS}/\text{día}$

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 422,57) + (0,5 * 0,3 * 422,57)$$

$$M_{sd} = 137,34 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

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

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

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

Ecuación 71

Datos:

M_{sd} : Masa de los sólidos que conforman los lodos ($\text{Kg}_{SS}/\text{día}$); 137,34 $\text{Kg}_{SS}/\text{día}$

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

$$V_{DL} = \frac{137,34 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}}{1,04 \text{ kg}/\text{L} * \left(\frac{12}{100} \right)}$$

$$V_{DL} = 1100,48 \text{ kg}/\text{L}$$

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

El tiempo de digestión o el tiempo para la deshidratación del lodo son de 40 días a la temperatura de 20 °C, interpolado en la Tabla 28-3

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

Ecuación 72

Datos:

t_{DE} : Tiempo de digestión (días); 40 días (Valor considerado de la Tabla 28-3)

Tabla 28-3 Tiempo requerido para digestión del Lodo

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

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163)

$$V_{LE} = \frac{1100,48 \text{ kg/L} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 44,02 \text{ m}^3$$

- **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 0,80

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

Ecuación 73

Datos:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3); 44,02 m^3

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

$$A_{LS} = \frac{44,02 \text{ m}^3}{0,80 \text{ m}}$$
$$A_{LS} = 55,03 \text{ m}^2$$

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

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

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

Ecuación 74

Datos:

A_{LS} : Área del lecho de secado (m^2); 55,03 m^2

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

$$L_{LS} = \frac{55,03 \text{ m}^2}{6 \text{ m}}$$
$$L_{LS} = 9,17 \text{ m}$$

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

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

Ecuación 75

Datos:

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m); 9,17 m

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

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

$$V_{TL} = 9,17 \text{ m} * 6 \text{ m} * 0,80 \text{ m}$$
$$V_{TL} = 44,02 \text{ m}^3$$

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

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

Ecuación 76

Datos:

V_{TL} : Volumen del tanque (m^3); 44,75 m^3

Q_P : Caudal punta (m^3/s); 0,11 m^3/s

$$T_{DL} = \frac{44,02 \text{ m}^3}{0,11 \text{ m}^3/s}$$

$$T_{DL} = 400,15 \text{ s} = 0,11 \text{ h}$$

3.2.2.11 Resultados

a. Caudal de diseño

Tabla 29-3 Determinación caudal punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal punta	Q	m^3/s	0,12

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

b. Diseño de rejillas

Tabla 30-3 Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del tirante del canal	ha*	m	0,25
Altura del tirante de construcción	h _a	m	1,15
Ancho del canal	B	m	0,80
Ángulo de inclinación	A	°	55
Área libre al paso del agua	A _L	m^2	0,20
Espesor de las barras	e	m	$1,27 \times 10^{-2}$
Longitud de barras	L _b	m	1,40

Número de barras	N_b	<i>unidades</i>	21
Pérdida de carga	H	----	0,07
Separación entre barras	S	<i>m</i>	0.025
Velocidad	V	<i>m/s</i>	0,60

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

c. Diseño de un canal de entrada

Tabla 31-3 Dimensionamiento de un canal de entrada

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de la sección transversal	A	m^2	0,33
Ancho	b	m	0,80
Altura máxima del agua	h	m	0,41
Altura total del canal	H	m	0,71
Radio hidráulico	RH	m	0,24
Velocidad media del canal	v	m/s	0,36

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

d. Diseño de un tanque IMHOFF

Tabla 32-3 Dimensionamiento de un tanque IMHOFF

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de diseño	$Q_{diseño}$	m^3/h	445,89
Población de diseño	P	<i>hab</i>	18905,27
Cámara de sedimentación			
Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación	d	m	4,28
Altura de la cámara de sedimentación	c	m	9,11
Ancho del sedimentador	b	m	6
Área de la sección transversal	A_t	m^2	67,49
Área superficial	A_s	m^2	59,45
Base del sedimentador	b	m	6
Largo del sedimentador	L	m	9,91
Volumen del sedimentador	V_s	m^3	668,84

Cámara de digestión			
Altura de la base triangular de la cámara de digestión	g	m	1,46
Altura de la cámara de digestión	f	m	11,20
Ancho del fondo de la cámara de digestión	b	m	8
Espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión	e	m	0,75
Profundidad total	Ht	m	22,79
Volumen del digestor	Vd	m^3	926,36

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

e. Diseño de un tanque mezclador

Tabla 33-3 Dimensionamiento del mezclador rápido mecánico de turbina

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Alto de paleta	W	m	1,26
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	h	m	5,02
Anchura de los deflectores	W_d	m	0,50
Anchura de las paletas del impulsor	q	m	1
Diámetro de la cámara de mezcla	DT	m	10,03
Diámetro del disco central	S	m	2,51
Diámetro de la turbina	D	m	5,02
Longitud de la paleta	B	m	1,26
Potencia aplicada al agua residual	P	$Watt$	451044
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	5,01
Velocidad de rotación	N	rpm	23,03
Volumen del tanque	V	m^3	396
Dosificación de coagulantes-floculantes			
Dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC – P25A)	D_{PAC}	$kg/día$	0,71
Dosificación de CHEMFLOC N-100	D_{N-100}	$kg/día$	9,5

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

f. Diseño de un filtro lento

Tabla 34-3 Dimensionamiento de filtro lento de arena

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho total de filtración	bf	m	7
Área de cada orificio	Ao	m^2	$5,03 \times 10^{-5}$
Área total de orificios	A_{to}	m^2	0,61
Área de cada unidad	Ai	m^2	70,60
Área de filtración	Af	m^2	211,80
Caudal ingreso a cada orificio	Qo	m^3/s	$1,51 \times 10^{-4}$
Diámetro de la tubería al ingreso	D	mm	103
Longitud de filtración	af	m	8,40
Longitud total de la pared	Ltp	m	75,60
Longitud total mínima de la pared	Lm	m	67,20
Número de módulos de filtración	nf	<i>unidades</i>	3
Número de laterales	# Laterales	.....	151
Número total de orificios	#total Orificios	.....	12096
Separación entre orificios	#Orificios/# Laterales	.....	80
Superficie filtrante	Sf	m^2	423,60

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

g. Diseño de un tanque de desinfección

Tabla 35-3 Dimensionamiento del tanque de desinfección

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del tanque	H_{tanque}	m	2,19
Área	A	m^2	32,85
Ancho del tanque	B	m	4,5
Longitud del tanque	L	m	7,3
Volumen del tanque de cloración	V_{tanque}	m^3	72
Dosificación en el hipoclorador			
Concentración del Hipoclorito de Calcio	C	ppm	5
Dosificación HTH	D_{HTH}	$Lb/día$	100,72

Volumen de la solución madre	V_{SM}	L	436,65
Dosificación por goteo (por día de tratamiento)	Goteo	mL/min	2635,75

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

h. Diseño de un lecho de secado

Tabla 36-3 Dimensionamiento del lecho de secado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A_{LS}	m^2	55,03
Longitud	L_{LS}	m	9,17
Volumen del tanque	V_{TL}	m^3	44,02
Profundidad	H_s	m	0,80
Ancho	b_{LS}	m	6
Tiempo para desalojar el lodo	T_{DL}	h	0,11

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

3.3 Proceso de producción

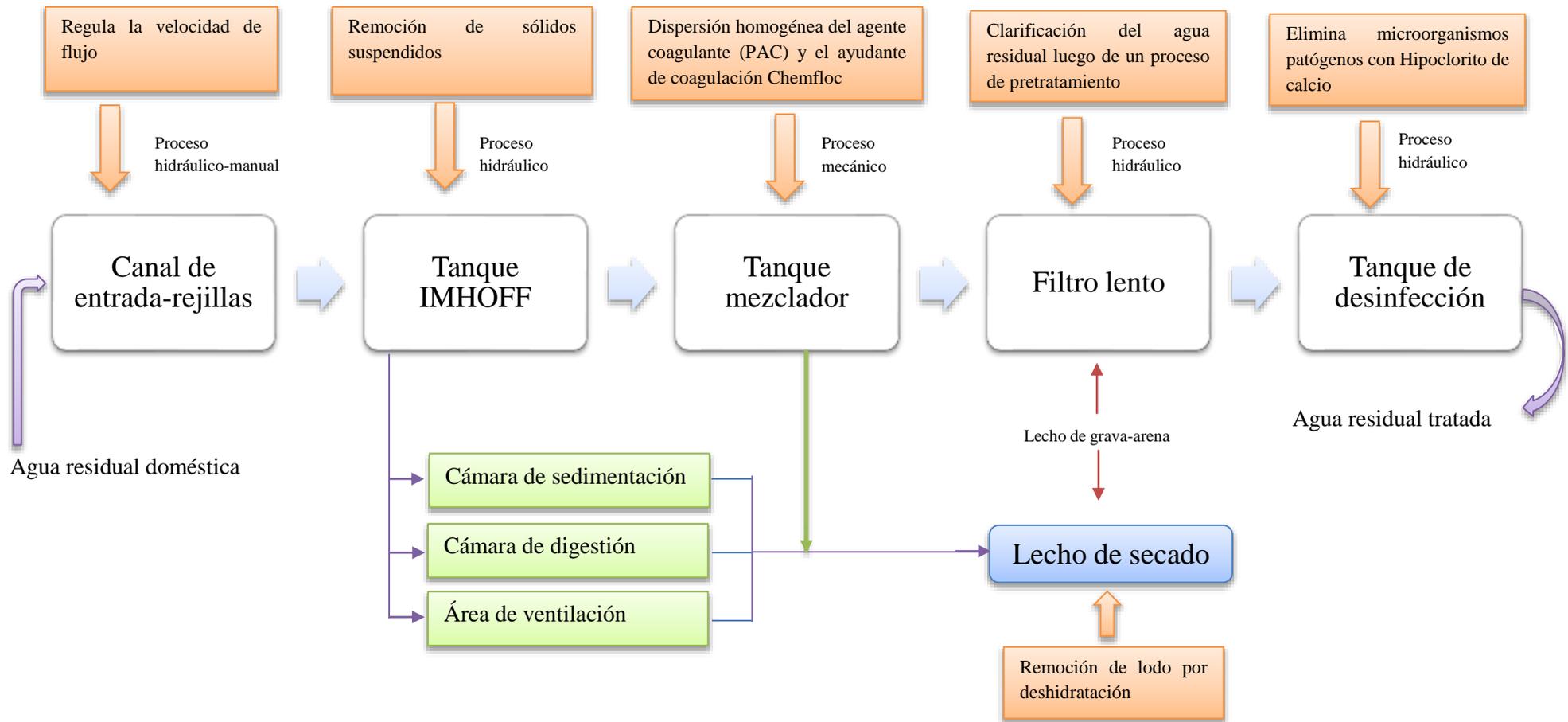


Ilustración 14. Sistema de Tratamiento

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

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

Tabla 37-3 Equipos de muestreo y recolección de información

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none">• Recipientes de vidrio.• Borosilicato para caracterizaciones físico - químico.• Bolsas estériles Whirl - Pak para caracterizaciones bacteriológicas.	<ul style="list-style-type: none">• Recolección de dos muestras en un intervalo de tiempo de 15 minutos para luego hacer una muestra compuesta, la toma de muestras es en las horas pico

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

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

Tabla 38-3 Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
Balde graduado de 40 litros	Cronómetro
Cuaderno	Cámara fotográfica
Esferográfico	

Realizado por: Fernanda Arroba. 2016

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

Los materiales y equipos utilizados para el muestreo y caracterización de las diversas muestras de agua residual se especifican a continuación:

Tabla 39-3 Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual

Materiales	Equipos	Reactivos
Botellones plasticos	Balanza analítica	Alkaline cyanide
Buchner y Kitasato	Baño María	Aluver
Cámara fotográfica	Bomba de succión	Ampollas endo
Capsula de Petri	Conductímetro	Ampollas m-colibblue
Cronometro	Destilador	Ascorbic acid
Embudo de vidrio	Espectrofotómetro	BariVer 4 Barium
Escobilla de cerdas	Estufa	Bleaching 3
Esferográfico	Fotómetro	Buffer pH 4.0
Estacas	GPS	Buffer pH 7.0
Fiola	Incubadora	Chromater 3
Frascos cuenta gotas con tetina	pH - metro	Cromo 1
Gradilla	Reverbero	Cromo 2
Guantes	Turbidometro	Cuver 1
Lente de aumento		Cyanurate ammonium
Libreta		DPD cloro total
Luna de reloj		EDTA (Sobres)
Mandil		EDTA 0.020 N
Mascarillas		Ferover
Matraz Erlenmeyer		Filtros de membrana
Papel filtro		Formazin <0.1 FNU
Parafilm		Formazin 100 FNU
Pat absorbente		Formazin 1000 FNU
Pera de succión		Formazin 200 FNU
Pinza		Formazin 800 FNU
Pipeta		Formazin20 FNU
Pipeta volumétrica		Formazin4000 FNU
Pizeta		MolyVer 1

Probeta milimetrada		MolyVer 2
Soporte universal		MolyVer 3
Tubos de ensayo		Nitraver 5
Varilla		Nitriver
Vasos de precipitación		Pads absorbente
		Pan indicador sln 0.1 %
		Pan indicador sln 0.3 %
		Phosver
		Phthalate-fosfato
		Reactivo acido cromo
		Reagent acid cromo
		Reagent Spands
		Salicylate ammonium
		Solución férrica
		Sulfater 4
		THM Plus reagent 1
		THM Plus reagent 2
		THM Plus reagent 3
		THM Plus reagent 4
		Tiocianato mercuríco

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

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 40-3 Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
Balones de aforación	Balanza analítica	Agua destilada
Escobilla de cerdas	Cronometro	Alcohol antiséptico 70°
Espátulas	Test de jarras	Auxiliar de la coagulación (Chemfloc N-100)
Guantes	Destilador de agua	Poli cloruro de aluminio (PAC-08)
Jeringuillas		

Mandil		
Mascarillas		
Paños para limpieza		
Pizeta		
Vasos de precipitación		

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

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 41-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Método
Color	UTC	Colorimétrico. REF1001/S502.
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Conductimétrico. REF1001/S501.
pH	-----	Potenciométrico. REF1001/S503.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504.
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Conductimétrico/ Potenciométrico. REF1001/S501.
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505.

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

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 42-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua

Parámetro	Unidad	Método
Nitratos (N-NO_3^-)	mg/L	Espectrofotométrico (Reducción cadmio). REF1001/S514.
Nitritos (N-NO_2^-)	mg/L	Espectrofotométrico (Diazotación). REF1001/S515.
Fosfatos (P-PO_4^{3-})	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido ascórbico). REF1001/S511.
Nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$)	mg/L	Espectrofotométrico (Nesslerización). REF1001/S516.
Sulfatos (SO_4^{2-})	mg/L	Espectrofotométrico (Sulfaver 4). REF1001/S517.

Fluoruros (F)	mg/L	Espectrofotométrico (Spands). REF1001/S510.
Hierro total (Fe)	mg/L	Espectrofotométrico (Ferrover). REF1001/S512.
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (PAN). REF1001/S513.
Cromo Hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	Espectrofotométrico (1,5 Dinitilcarbohidacida). REF1001/S508.
Cobre (Cu)	mg/L	Espectrofotométrico (Bicinchoninato) REF1001/S507.
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Aluminón). REF1001/S518.
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Tiocianato mercurico). REF1001/S522.
Níquel (Ni)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S526.
Cobalto (Co)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S523.
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	Fotométrico (4- piridil-2-azo-resorcina). REF1001/S529.
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	Fotométrico (Zinc). REF1001/S531.
Plata (Ag ⁺)	mg/L	Fotométrico. REF1001/S528.
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	Fotométrico. REF1001/S521
Bario (Ba ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S519.
Bromo (Br)	mg/L	Espectrofotométrico (DPD). REF1001/S520.
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido mercaptoacético). REF1001/S525.
Cromo total (Cr)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina). REF1001/S524.
Oxígeno disuelto (O ₂)	mg/L	Fotométrico (O ₂ REF931288)
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Fotométrico (DOO REF985830)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	Fotométrico (DBO ₅ REF985822)
-------------------------------------	------	--

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

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 43-3 Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua

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

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

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

3.5 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

Tabla 44-3 Determinación de los costos de dosificación

Detalle	Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo por unidad \$	Costo por día \$
Policloruro de aluminio PAC	0,71	1	1,15	0,82
Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	9,5	1	8,00	76,00
Hipoclorito de calcio	45,69	45	191,00	193,93
			TOTAL	270,75

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

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

Tabla 45-3 Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Rubros	Descripción	Unidad	Cantidad total	Costo unitario \$	Costo total \$
	REJILLAS				
1	Rejillas de acero lisa e=10mm, Pintura anticorrosiva	U	21,00	8,10	170,1
				Subtotal	170,1
	CANAL DE ENTRADA				
2	Limpieza y desbroce	m ²	0,80	0,98	0,784

3	Replanteo y nivelación	m ²	0,80	3,00	2,4
4	Excavación manual para canal.	m ³	0,95	2,45	2,3275
5	Replantillo de H.S. f´ c=180kg/cm2	m ³	1,00	110,00	110
6	Hormigón Simple f´ c= 210 Kg/cm2. Incl. Encof y desencof.	m ³	0,95	160,00	152
				Subtotal	267,51
	TANQUE IMHOOF				
7	Limpieza y desbroce	m ²	150,18	0,90	135,16
8	Replanteo y nivelación	m ²	150,18	3,99	599,22
9	Excavación manual	m ³	114,61	8,10	928,34
10	Replantillo H.S. 140 Kg/cm2	m ²	16,95	90,11	1527,62
11	Hormigón simple F`C=210 Kg/CM2	m ³	43,76	175,13	7662,88
12	Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	188,24	9,25	1741,22
13	Encofrado con madera	m ²	389,36	7,55	2939,64
14	Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	347,65	5,68	1974,67
				Subtotal	17508,74
	TANQUE MEZCLADOR				
15	Limpieza y desbroce	m ²	62,50	0,98	61,25
16	Replanteo y nivelación	m ²	62,50	3,99	249,38
17	Excavación manual	m ³	37,50	3,00	112,50
18	Replantillo H.S. 180 Kg/cm2	m ²	11,80	110,00	1298,00
19	Hormigón simple F`C=210 Kg/CM2	m ³	13,75	175,13	2408,04
20	Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	150,00	9,25	1387,50
21	Encofrado con madera	m ²	150,00	7,55	1132,50
22	Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	74,50	5,68	423,16
				Subtotal	7072,32
	FILTRO LENTO DE GRAVA				
	Excavación				
23	Limpieza y desbroce	m ²	60	0,98	58,80
24	Replanteo y nivelación	m ²	60	3,00	180,00

25	Replanto de H.S. f' c=180kg/cm2	m ²	9,8	110,00	968,00
26	Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm2. Incl. Encof y desencof.	m ³	70	289,74	20281,80
				Subtotal	21488,6
	TANQUE DE DESINFECCION				
27	Limpieza y desbroce	m ²	34,92	0,98	34,22
28	Replanteo y nivelación	m ²	34,92	3,00	104,76
29	Excavación manual	m ³	52,38	2,50	130,95
30	Replanto H.S. 140 Kg/cm2	m ²	1,74	90,11	157,20
31	Hormigón simple F`C=210 Kg/CM2	m ³	8,33	175,13	1458,56
32	Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	49,75	9,25	460,20
33	Encofrado con madera	m ²	100,15	7,55	756,10
34	Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	83,30	5,68	473,14
				Subtotal	3575,14
	LECHO DE SECADO				
35	Excavación manual	m ³	25,20	2,45	61,74
36	Replanto de H.S. f' c=180kg/cm2	m ³	0,82	110,00	90,09
37	Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm2. Incl. Encof y desencof.	m ³	5,77	160,00	923,68
38	Pintura de cemento blanco, para exteriores	m ²	64,29	2,08	133,71
				Subtotal	1209,22
				TOTAL	51291,63
SON: CINCUENTA Y UN MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y UNO 63/100 USD.					

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

3.5.1 Porcentaje de remoción

– Turbiedad

$$x = \frac{148,64 - 0,52}{148,64} * 100$$

$$x = 99,65 \% \text{ *semana uno*}$$

$$x = \frac{289,27 - 0,43}{289,27} * 100$$

$$x = 99,85 \% \text{ *semana dos*}$$

– Color

$$x = \frac{38 - 1}{38} * 100$$

$$x = 97,37\% \text{ *semana uno*}$$

$$x = \frac{68 - 1}{68} * 100$$

$$x = 98,72\% \text{ *semana dos*}$$

– Conductividad

$$x = \frac{329,28 - 94,63}{329,28} * 100$$

$$x = 71,26 \% \text{ *semana uno*}$$

$$x = \frac{355,34 - 91,28}{355,34} * 100$$

$$x = 74,31 \% \text{ *semana dos*}$$

– Nitrógeno total

$$x = \frac{22,84 - 2,41}{22,84} * 100$$

$$x = 89,45 \% \text{ *semana uno*}$$

$$x = \frac{24,82 - 1,97}{24,82} * 100$$

$$x = 92,06 \% \text{ *semana dos*}$$

– Plata

$$x = \frac{0,20 - 0,007}{0,20} * 100$$

$$x = 96,5 \% \textit{ semana uno}$$

$$x = \frac{0,20 - 0,007}{0,20} * 100$$

$$x = 96,5 \% \textit{ semana dos}$$

– Bario

$$x = \frac{15,20 - 0,74}{15,20} * 100$$

$$x = 95,13 \% \textit{ semana uno}$$

$$x = \frac{18,80 - 0,20}{18,80} * 100$$

$$x = 98,94 \% \textit{ semana dos}$$

– Demanda bioquímica de oxígeno

$$x = \frac{229,28 - 25}{229,28} * 100$$

$$x = 89,09 \% \textit{ semana uno}$$

$$x = \frac{545,142 - 28}{545,142} * 100$$

$$x = 94,86 \% \textit{ semana dos}$$

– Demanda química de oxígeno

$$x = \frac{536,82 - 7}{536,82} * 100$$

$$x = 98,69 \% \textit{ semana uno}$$

$$x = \frac{874,56 - 5}{874,56} * 100$$

$$x = 99,42 \% \textit{ semana dos}$$

– Coliformes fecales

$$x = \frac{1460 - 1}{1460} * 100$$

$$x = 99,93\% \text{ semana uno}$$

$$x = \frac{1560 - 1}{1560} * 100$$

$$x = 99,93\% \text{ semana dos}$$

– Coliformes totales

$$x = \frac{704 - 1}{704} * 100$$

$$x = 99,93\% \text{ semana uno}$$

$$x = \frac{556 - 1}{556} * 100$$

$$x = 99,93\% \text{ semana dos}$$

Tabla 46-3 Determinación del % remoción

Parámetro	Antes del tratamiento		Después del tratamiento		Unidad	% de remoción	
	UNO	DOS	UNO	DOS		UNO	DOS
SEMANA							
Color	38	68	1	1	Und Co/Pt	97,37	98,72
Turbiedad	148,64	289,27	0,52	0,43	UNT	99,65	99,85
Conductividad	329,28	355,34	94,63	91,28	mg/L	71,26	74,31
Nitrógeno Total	22,84	24,82	2,41	1,97	mg/L	89,45	92,06
Plata	0,20	0,20	0,007	0,007	mg/L	96,5	96,5
Bario	15,20	18,80	0,74	0,20	mg/L	95,13	98,94
DBO	229,28	545,142	25	28	mg/L	94,86	89,09
DQO	536,82	874,56	7	5	mg/L	98,69	99,42
Coliformes fecales	1460		1	1	NMP/100ml	99,93	99,93
Coliformes Totales	704	556	1	1	NMP/100ml	99,93	99,93

Realizado por: Fernanda Arroba 2016

3.5.2 Análisis

El agua residual generada en San Andrés se descarga directamente al Río aledaño a la población a través del alcantarillado, siendo un problema que debe ser atendido por la contaminación que provoca en los medios hídricos por su alto nivel de cargas de contaminantes. Mediante la

caracterización físico-químico y microbiológica del agua captada durante dos semanas de 5 días consecutivas donde se determinó color, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos, nitrógeno total, plata, bario, coliformes totales y fecales (Observar Tabla 2-1, 3-1, 4-1 y 5-1) que se encontraban fuera de la norma establecida NTE INEN 1108:2006

Los parámetros fuera de norma mediante una tratabilidad fueron tratados con métodos físico-químicos a nivel de laboratorio con coagulantes y auxiliante de coagulación. El coagulante empleado en el Test de jarra es el Policloruro de aluminio y el Chemfloc como auxiliante aniónico que proporciona un mejor proceso de coagulación y floculación a diferentes concentraciones, los resultados obtenidos se puede apreciar en la Tabla 8-1, 9-1.

La concentración de PAC óptima para tratar agua residual es de 0,71 kg/día, Chemfloc de 9,5 kg/día, y de hipoclorito de calcio 45,69 Kg/día para mejorar la calidad de agua que va ser vertido en el río, por la constante actividad agrícola y ganadera en sector.

Con los resultados obtenidos se pudo tener conocimiento del porcentaje de remoción de los parámetros fuera de norma identificados mediante la caracterización, los valores de porcentaje de remoción son: para color es de 98,72%, turbiedad 99,85%, nitrógeno total 92,06%, plata 96,5%, bario 98,94%, coliformes fecales y totales son el 99,93%, DBO 89,09 % y DQO 99,42% (Observar Tabla 46-3)

De acuerdo a la Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 12 (TULSMA), todo vertido de efluentes producto de las actividades doméstica previo a su descarga a ríos debe ser tratado. El Sistema de Tratamiento de aguas residuales diseñado para la Parroquia San Andrés se cuantifico para implementación un valor de 51291,63 \$ en infraestructuras y 270,75 \$ en productos químicos.

3.5.3 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Andrés a través de la caracterización físico-químicas y microbiológicas del agua residual, donde los parámetros que se encuentran fuera del límite deben ser tratados hasta cumplir lo establecido según la legislación ambiental ecuatoriana TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 12.
- Los parámetros que se encuentran fuera de norma en el agua residual son; de características físicas (color, turbiedad, conductividad), características químicas inorgánicas (nitrógeno

total, plata, bario), características químicas orgánicas (Demanda química oxígeno, Demanda bioquímica de oxígeno) y características microbiológicas (Coliformes fecales y totales).

- Las variables de proceso apropiadas para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales son: sólidos suspendidos 45 mg/L, se considera la población futura estimada 18905 habitantes, el caudal punta $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ y la temperatura $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Las pruebas de tratabilidad utilizadas fueron: índice de biodegradabilidad para la selección del tratamiento biológico y Test de jarra mediante el proceso de coagulación-floculación.
- El diseño seleccionado del Sistema de Tratamiento de aguas residuales fue validado con los resultados de los parámetros analizados de la semana uno y dos: turbiedad, nitrógeno total, plata, bario, coliformes fecales y totales, DBO y DQO (Observar en las Tablas 3-1 y 5-1)
- El costo estimado para la implementación y ejecución del proyecto es de 51291,63 dólares que incluye todas las infraestructuras ingeniería civil para la construcción de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales. Con los planos se detalló las dimensiones calculadas de cada uno de los equipos propuestos.

3.5.4 Recomendaciones

- Se recomienda implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación del Río aledaño a la parroquia San Andrés.
- Deben realizarse análisis de caracterización del agua residual de forma constante en un laboratorio certificado para confirmar que los resultados exactos.
- Los lodos generados en el Tanque IMHOFF y en el Tanque de mezclado deben ser evacuados para evitar la obstrucción y daños en el sistema.
- Para la deshidratación del lodo en el lecho de secado de lodos la arena debe tener las mismas características especificadas en su construcción, y debe retirarse cuando este en un 70 % deshidratados.
- Las operaciones de cada uno de los equipos implementados deberán ser operados bajo manuales de operación y mantenimiento.

3.6 Cronograma del proyecto

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diagnóstico del estado actual de la parroquia	■	■	■																									
Caracterización de aguas residuales en el laboratorio			■	■	■																							
Análisis de resultados					■	■																						
Proponer el sistema de tratamiento de aguas residuales							■																					
Selección del tema								■																				
Elaboración anteproyecto								■	■																			
Presentación y aprobación anteproyecto										■	■	■																
Muestreo de aguas Y Determinación de tratamiento adecuado													■	■	■	■	■											
Ordenamiento y tabulación información																■	■	■										
Análisis información																	■											
Cálculos y propuestas (Dimensión del sistema de tratamiento)																	■	■										
Elaboración de borradores																		■										
Corrección borradores																			■									
Tipiado del trabajo final																			■	■	■	■						
Empastado y presentación del trabajo final																				■	■	■						
Auditoría académica																					■	■						
Defensa del trabajo																												■

BIBLIOGRFÍA

1. **CABANILLA, Frank.** *Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos* [en línea]. Septiembre 10 del 2015 [Consulta: 19 noviembre 2015]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/medicion-de-fluidos-en-canales-abiertos-con-vertederos-corregidodocx.html>
2. **CERRO. C, Migueli.** *Composición cualitativa de las aguas residuales* [en línea] [Consulta: 20 septiembre 2015]. Disponible en: <http://www.olivacordobesa.es/COMPOSICON%20CUALITATIVA%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf>
3. **CISTERNA. O, Pedro & PEÑA, Daisy.** *Determinación de la relación de DBO/DQO en aguas residuales de comunas con poblaciones menores a 25000 habitantes en la VIII región.* [en línea]. Universidad Tec. Fed. Sta. María & Essbio S.A [Consulta: 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>
4. **CRITES, Ron & TCHOBANOIOUS, George. 2000.** *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados.* Santa Fé de Bogotá : McGraw-Hill, 2000. pp. 246
5. **NTE INEN 2 169:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*
6. **NTE INEN 2 176:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*
7. **MUÑOS. R, Jorge.** *Purificación del agua* [en línea]. 2013 [Consulta: 21 octubre 2015]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/91532895/PURIFICACION-DEL-AGUA>.
8. **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Perú,** *Guía para el diseño de tanque séptico, Tanque Imhoff y Laguna de Estabilización.* Lima – Perú. 2005. P (pp5-10, 14-30).
9. **TULSMA.** *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I*

- 10. TECNOLOGÍA EN BREVE.** *Filtración lenta con arena* [En línea]. 2011 [Consulta: 12 de octubre 2015.] Disponible en:
http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf
- 11. RAS,** *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales. Sitio web de “Ministerio de Desarrollo Económico”.* [En línea] Noviembre de 2000. [Consulta: 12 de octubre 2015.] Disponible en:
http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf.
- 12. ROJAS, R.** *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.163 -OMS. Curso internacional: “Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales”.* Lima-Perú, 2005. pp. 19-20.
- 13. ROJAS, R.** *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.168 -OMS. Curso internacional: “Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales”.* Lima-Perú, 2005. pp. 17-21.
- 14. SPELLMAN, Frank & DRINAN, J.** *Manual del Agua Potable.* Zaragoza -España. Acribia. 2004, pp. 227 – 228
- 15. VALENCIA. L, Adriana. E.** *Diseño de una Planta de Tratamiento para las Aguas Residuales de la Cabeceras parroquia San Luis-Provincia de Chimborazo* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Biotecnología Ambiental. 2013. pp. 15-29.

ANEXOS

Anexo A. Lugar de investigación y toma de muestra



Anexo B. Solución de Policloruro de Aluminio



Anexo C. Método de test de Jarra



Anexo D. Proceso de Filtración con grava



Anexo E. Caracterización inicial del agua residual-semana uno y dos



RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA CUERPO RECEPTOR							
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULUMA	SEMANA MONITOREADA				
		Lim. Max. Per	07-oct	12-oct	14-oct	19-oct	21-oct
COLOR	UTC	lna. en dis	25.00	28.00	37.00	40.00	60.00
TURBEDAD	NTU	.....	125.20	167.48	140.28	157.60	152.64
pH	.....	.....	7.98	7.54	8.12	7.96	7.83
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	264.31	324.60	310.57	366.85	380.09
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	140.68	156.96	146.03	170.71	180.04
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	.....	0.80	0.92	0.89	0.95	0.81
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	.....	0.49	0.45	0.43	0.44	0.45
TEMPERATURA	°C	.....	18.09	17.95	18.46	18.32	18.51
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	22.140	26.58	20.47	22.58	22.43
FOSFATOS (P-PO ₄ P)	mg/L	10.0	0.74	0.68	0.63	0.71	0.69
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	0.52	0.68	0.57	0.64	0.7
ACEITES Y GRASAS	mg/L	.....	0.02	0.02	0.05	0.032	0.02
DETERGENTE	mg/L	.....	0.3	0.42	0.38	0.39	0.4
SULFATOS (SO ₄ S)	mg/L	1000	8.00	10.00	6.00	11.00	7.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	1.18	0.80	0.69	0.97	0.82
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	0.68	0.75	0.64	0.71	0.66
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.89	0.94	0.74	0.82	0.90
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	0.026	0.034	0.025	0.030	0.029
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.05	0.08	0.05	0.07	0.08
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	120.00	80.00	100.00	110.00	90.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.009	0.007	0.007	0.008	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	4.30	3.32	3.60	4.25	3.64
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.016	0.020	0.018	0.025	0.019
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.064	0.070	0.058	0.069	0.058
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	.....	< 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
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	.....	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	18.00	20.00	10.00	16.00	12
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	3.60	1.95	2.54	3.36	2.54
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.12	0.10	0.18	0.15	0.19
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00
DBO ₅	mg/L	100	225.34	226.89	230.47	229.06	234.64
DDO	mg/L	250	524.12	530.54	533.69	528.47	567.30
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	.....	1400	1300	2000	1700	900
COLIFORMES FÉCALES	NMP/100 ml	Rem. al 99%	770	840	900	600	460

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULUMA LIBRO VI (TABLA 1) DESCARGA A UN CUERPO DULCE

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

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





E.P. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarado de Guaranda

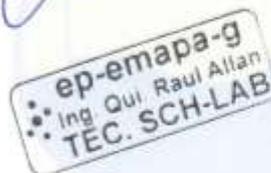
ep-emapag

trabajando por su salud y bienestar...

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO AGUA RESIDUAL FINAL DE LA DESCARGA CUERPO RECEPTOR							
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	SEMANA MONITOREADA				
		Lim.Max.Per	08-oct	13-oct	22-oct	27-oct	29-oct
COLOR	UTC	lna. en dis	45.00	80.00	55.00	70.00	90.00
TURBIDAD	NTU	.....	269.34	301.64	284.62	294.73	296.03
pH	.....	.....	8.94	8.47	9.56	8.64	9.40
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	394.61	324.60	310.57	366.85	380.09
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	190.57	156.96	146.03	170.71	180.84
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	.....	0.83	0.98	0.87	0.90	0.83
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	.....	0.48	0.46	0.43	0.44	0.42
TEMPERATURA	°C	.....	16.54	17.95	18.46	18.32	18.51
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	32.05	26.580	20.470	22.58	22.43
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	1.16	0.68	0.63	0.71	0.69
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₄ ⁺ -N)	mg/L	.....	0.85	0.68	0.57	0.64	0.7
ACEITES Y GRASAS	mg/L	.....	0.025	0.02	0.06	0.035	0.046
DETERGENTE	mg/L	.....	0.27	0.37	0.30	0.21	0.23
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	14.00	10.00	6.00	11.00	7.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	2.25	0.80	0.69	0.97	0.82
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	0.83	0.75	0.64	0.71	0.66
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	0.96	0.94	0.74	0.82	0.90
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	0.047	0.034	0.025	0.030	0.029
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.08	0.08	0.05	0.07	0.08
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	240.00	80.00	100.00	110.00	90.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.008	0.009	0.009	0.009	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	10.25	9.68	7.63	8.82	6.47
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.024	0.038	0.027	0.045	0.041
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.125	0.185	0.146	0.138	0.129
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	.....	< 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
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	.....	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	20.00	18.00	15.00	19.00	22.00
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.12	0.09	0.11	0.10	0.13
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	6.42	3.85	4.62	7.69	4.61
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.21	0.19	0.20	0.24	0.23
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00
DBO ₅	mg/L	100	486.72	554.61	503.97	560.09	620.32
DOO	mg/L	250	856.42	876.45	923.65	890.64	825.64
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	.....	2200	1100	1400	1600	1500
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml Rem. A 1999	.....	400	462	600	320	400

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA LIBRO VI TABLA 7/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

Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • Teléfono: 03 2 981 939 • Fax: 03 2 985 660

Anexo F. Características finales del agua trata semana uno y dos



MUESTRAS COMPLETAS DE AGUA REGIONAL VS AGUA TRATADA						
PARAMETROS	UNIDAD	MUESTRA COMPLETA 1	MUESTRA TRATADA	MUESTRA COMPLETA 2	MUESTRA TRATADA	Norma TULUMA Lim. Max. Per
COLOR	UTC	30.30	1.00	60.30	1.00	15, 30, 50
TURBIDEZ	NTU	148.54	0.52	286.27	0.43	
pH		7.09	7.09	8.00	7.07	6-9
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	329.26	34.00	558.34	31.28	
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	159.04	41.00	169.00	38.89	
SÓLIDOS SUSPENSIBLES	mg/L	0.07	0.21	0.89	0.39	1.0
SÓLIDOS SUSPENSIDOS	mg/L	0.45	0.1	0.45	0.1	
TEMPERATURA	°C	18.27	17.95	17.95	17.95	< 30
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	22.94	2.41	24.82	1.95	15
FOSFATOS (P-PO ₄ P ⁻³)	mg/L	0.60	0.19	0.77	0.23	10.0
NITROGENO AMONÍACO (NH ₃ -N)	mg/L	0.92	0.02	0.99	0.02	
ACEITES Y GRASAS	mg/L	0.03	0.03	0.04	0.02	0.5
DETERGENTE	mg/L	0.38	0.11	0.20	0.34	0.5
SULFATOS (SO ₄ S ⁻²)	mg/L	8.40	1.00	9.00	1.00	1000
FLUORUROS (F ⁻)	mg/L	0.99	0.75	1.11	0.44	5.0
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.99	0.66	0.72	0.30	10.0
MANGANESO (Mn ⁺⁺)	mg/L	0.659	0.004	0.873	0.006	2.0
CROMO (Cr ⁺⁺⁺)	mg/L	0.029	0.01	0.033	0.01	0.5
COBRE (Cu)	mg/L	0.049	0.00	0.073	0.01	1.0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	150	160.00	154	120.00	
ALUMINIO (Al ⁺⁺⁺)	mg/L	0.009	0.007	0.008	0.009	0.0
CLORIDOS (Cl ⁻)	mg/L	3.80	3.46	6.57	2.60	1000
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.030	0.35	0.058	0.19	2.0
COBALTO (Co)	mg/L	0.064	0.32	0.145	0.27	0.5
PLOMBO (Pb ⁺⁺)	mg/L	< 0.01	0.004	< 0.01	0.007	
ZINC (Zn ⁺⁺)	mg/L	< 0.10	0.19	< 0.10	0.14	5.0
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.00	0.007	< 0.00	0.007	
CADAVIO (Cd)	mg/L	< 0.00	0.004	< 0.00	0.006	0.1
BARIO (Ba ⁺⁺)	mg/L	15.26	0.74	18.60	0.21	2.0
CROMIO (Cr)	mg/L	0.07	0.009	0.11	0.009	
SODIO (Na ⁺)	mg/L	2.93	0.000	5.44	0.007	
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.08	0.12	0.21	0.16	0.5
CROMIO HEXAVALENTO (Cr ^{VI})	mg/L	2.40	7.00	2.30	8.50	
Ca	mg/L	229.26	25	545.142	29	100
Mg	mg/L	136.82	7	874.56	5	250
COLIFORMES TOTALES	NMPN/100 mL	460	< 1 ^{MPN}	1860	< 1 ^{MPN}	
COLIFORMES FECALIS	NMPN/100 mL	324	< 1 ^{MPN}	390.4	< 1 ^{MPN}	Reg. A/MPN

LIMITES REMISABLES MARCADOS EN LA NORMA TULUMA, LIBRO VI, TÍTULO 13, CATEGORÍA A UN CUERPO D'ALCE

NOTA: No es permitido hacer fotocopias de este documento sin autorización de E.P. EMAPA-G

[Handwritten signature]
 Ing. Qui. Rauli Allan
 TEC. SCH-LAB

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguá, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolquí

PAC - P25A

BOLETIN TECNICO PAC -P25A

BENEFICIOS:

- Policloruro de Aluminio utilizado para clarificar agua, para consumo.
- Es totalmente soluble en agua. No ocasiona taponamientos, ni incrustaciones.
- Reemplaza el uso de alumbre y otros coagulantes inorgánicos.
- Efectivo en aguas con alta y baja turbidez.
- Resistente al cloro, puede usarse en sistema con pre-cloración, sin reducción en su actividad.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 8,5 – 12,0

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua de alta y baja turbidez con PH alcalino.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación.
- Trabaja con el uso adicional de un floculante orgánico para dar peso suficiente al floculo formado por la aglomeración de varios coloides para asentarse con la rapidez deseada.

CARACTERÍSTICAS:

Apariencia:	Líquido ligeramente marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.24 ± 0.01
PH puro:	Menor a 1
% Al ₂ O ₃ :	12.0 – 18.0

DOSIS:

La dosis del PAC – P25A en general está en función de la turbidez y pH del agua, pudiendo variar entre 20 a 350 ppm en la potabilización de agua; para determinar la dosis óptima se requiere aplicar el Producto diluido hasta que el agua se encuentre en un rango entre: 6,8 a 6,5 observando el punto de mejor clarificación por el tamaño y peso del floculo. Se debe evitar la sobredosificación porque el exceso de químico en el agua genera lodo muy liviano y el pH baja rápidamente, lo que puede producir agua muy ácida si no existe adecuado control.

APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución dependiendo de las dosis y el Caudal a tratar.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador y en agua pre-clorada.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- Fabricante: Arch Chemicals, Inc.
- Nombre Químico: Hipoclorito de calcio al 68%
- Fórmula Química: $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Numero CAS: 7778-54-3
- Propiedades Físicas y Químicas

Parámetro	Especificaciones
Apariencia	Blanco, polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad en agua	18% a 25°C
Humedad	< 16%
pH	10.4 - 10.8 (solución al 1% en agua destilada neutral a 25°C)
Densidad	0.8 g/cc (Granular) 1.9 g/cc (Tabletas)

- Composición

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 - 80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 - 20%	17%
Clorato de Calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 - 5%	1.4%
Cloruro de Calcio, CaCl_2	0 - 5%	0.5%
Carbonato de Calcio, CaCO_3	0 - 5%	2.3%
Hidróxido de Calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0 - 4%	1.64%
Agua		5.5 - 8.5
Insolubles		<5% w/w

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



Parámetro	Arch Product
Arsénico (As)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Cromo (Cr)	< 8 mg/kg
Hierro (Fe)	< 300 mg/kg
Manganeso (Mn)	< 10 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Níquel (Ni)	< 8 mg/kg
Plomo (Pb)	< 1 mg/kg
Antimonio (Sb)	< 2 mg/kg
Selenio (Se)	< 2 mg/kg
Ion Bromato (BrO ₂ ⁻)	< 121 mg/Kg
Ion Clorato (ClO ₃ ⁻)	< 21.1 g/Kg

• Precauciones Para El Manejo, Transporte Y Almacenaje Seguro Del Producto

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejem., otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monomaniaco), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 Grados C. (125 Grados F.) Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

• Primeros Auxilios

- EN CASO DE INHALACIÓN: Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Qútese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quíteselos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- Ingestión: EN CASO DE INGESTION: Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.
- Notas para el médico: El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

• Preparación de Soluciones de Cloro

Las soluciones de HTH[®] Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH[®] Cloro Seco al agua. Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel o ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados.

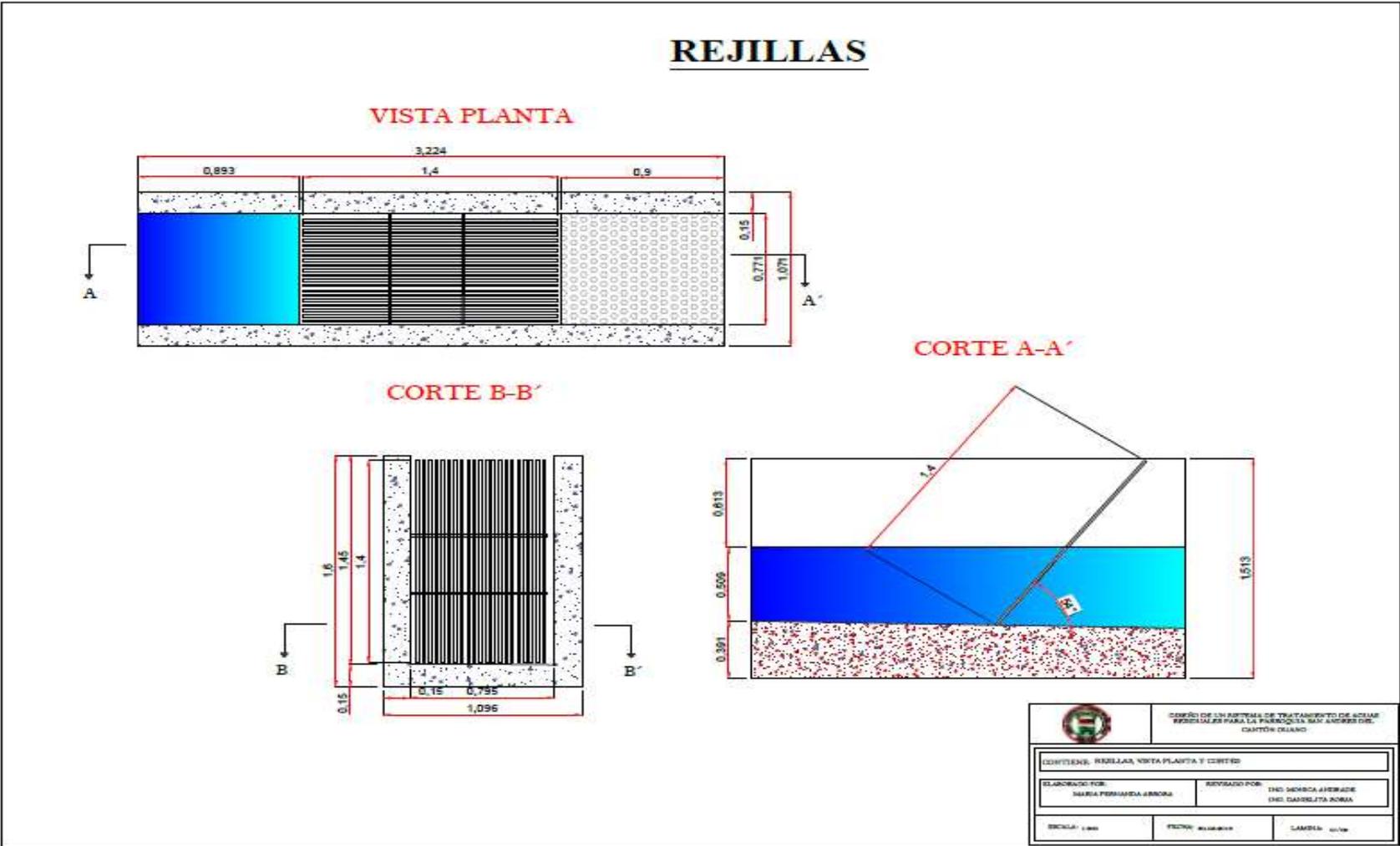
Cloro Disponible	Volumen de Agua en Litros										
	100	180	300	400	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000
PPM	Gramos de HTH Cloro Seco Requeridos										
0.5	0.08	0.14	0.23	0.31	0.38	0.77	1.54	2.31	3.08	3.85	0.77
1	0.15	0.28	0.46	0.62	0.77	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	1.54
5	0.77	1.38	2.31	3.08	3.85	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	7.69
10	1.54	2.77	4.62	6.15	7.69	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	15.4
15	2.31	4.15	6.92	9.23	11.54	23.08	46.15	69.23	92.31	115.4	23.1
20	3.08	5.54	9.23	12.31	15.38	30.77	61.54	92.31	123.1	153.8	30.8
25	3.85	6.92	11.54	15.38	19.23	38.46	76.92	115.4	153.8	192.3	38.5
30	4.62	8.31	13.85	18.46	23.08	46.15	92.31	138.5	184.6	230.8	46.2
40	6.15	11.08	18.46	24.62	30.77	61.54	123.1	184.6	246.2	307.7	61.5
50	7.69	13.85	23.08	30.77	38.46	76.92	153.8	230.8	307.7	384.6	76.9
60	9.23	16.62	27.69	36.92	46.15	92.31	184.6	276.9	369.2	461.5	92.3
70	10.77	19.38	32.31	43.08	53.85	107.7	215.4	323.1	430.8	538.5	108
80	12.31	22.15	36.92	49.23	61.54	123.1	246.2	369.2	492.3	615.4	123
90	13.85	24.92	41.54	55.38	69.23	138.5	276.9	415.4	553.8	692.3	138
100	15.38	27.69	46.15	61.54	76.92	153.8	307.7	461.5	615.4	769.2	154

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio

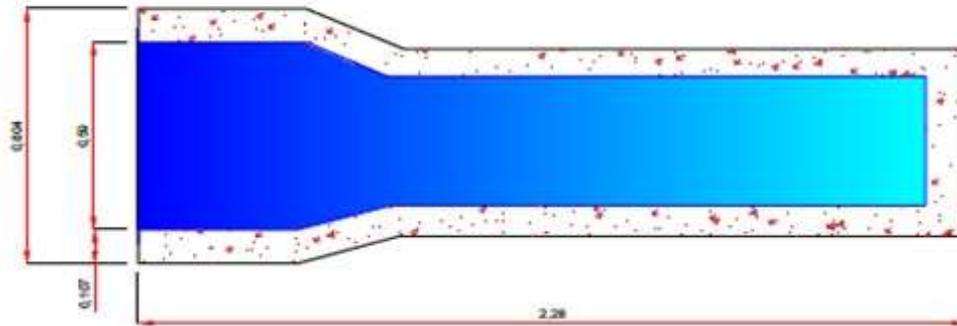


- País de Origen: El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.
- Presentaciones
 - HTH Granular tambores de 45 Kgs.
 - HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
 - Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
 - Peso: 6.4 – 7.0 gramos
 - CCH Tableta de 3" cubetas de 50 lbs.
 - Inhibidor (% en peso): 0.5% mínimo
 - Peso: Aproximadamente 300 gramos
 - Diámetro: Aproximadamente 3.0 pulgadas
 - Altura: 1.35 – 1.45 pulgadas
- Regulatorio:
 - EPA No. 1258-1179
 - NSF Standard 60, Drinking Water Additives
 - Cumple con AWWA Standard B300
 - Cumple con NMX-AA-124-SCFI-2006
 - UN2880 para HTH Granular y CCH Tableta de 3"
 - UN1748 para HTH Briquettes

Anexo H. Planos del Sistema de Tratamiento

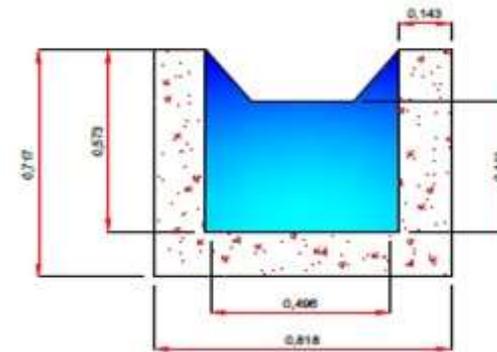


VISTA PLANTA

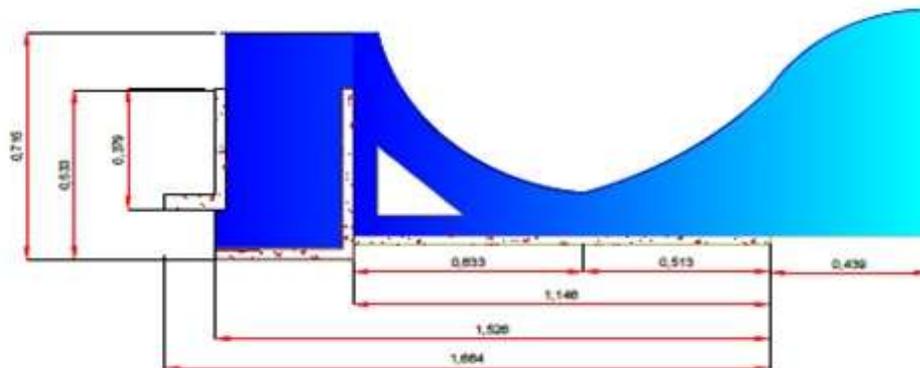


CANAL DE ENTRADA

CORTE B-B'



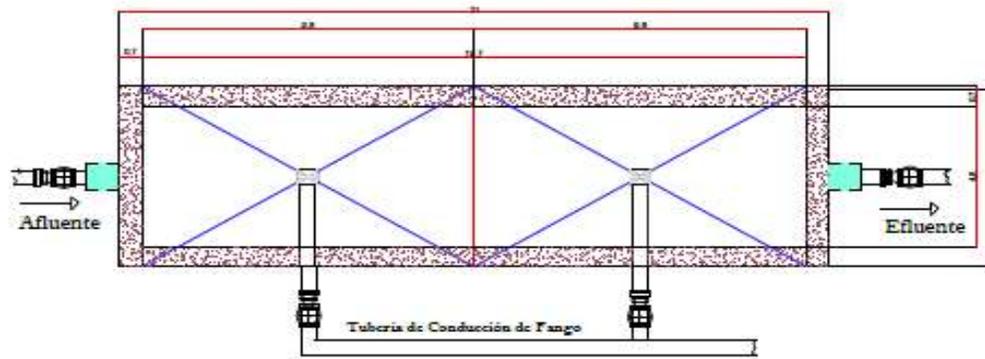
CORTE A-A'



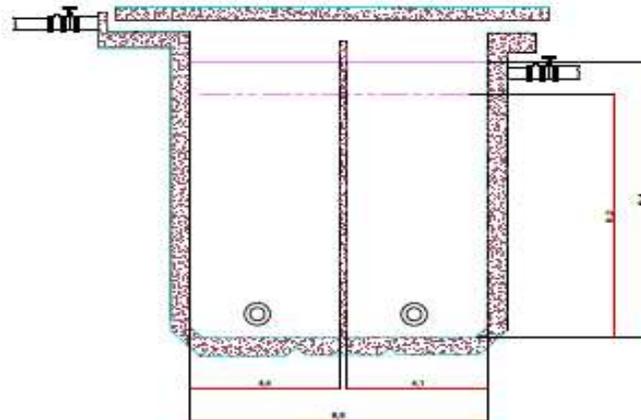
	DISÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN GUANO	
CONTIENE: CANAL ENT, VISTA PLANTA Y CORTES		
ELABORADO POR: MARIA FERNANDA ARSOBA	REVISADO POR: ING. MONICA ANDRADE ING. DANIELITA BORJA	
ESCALA: 1:800	FECHA: 20-08-2018	LAMINA: 04/04

TANQUE IMHOFF

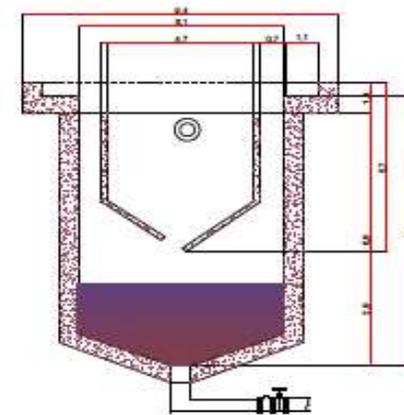
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



CORTE B-B'



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL
CANTÓN GUANO

CONTIENE: TANQUE IMHOFF

ELABORADO POR:
MARIA FERNANDA ARRIBA

REVISADO POR: ING. MONICA ANDRADE
ING. DANIELITA BORJA

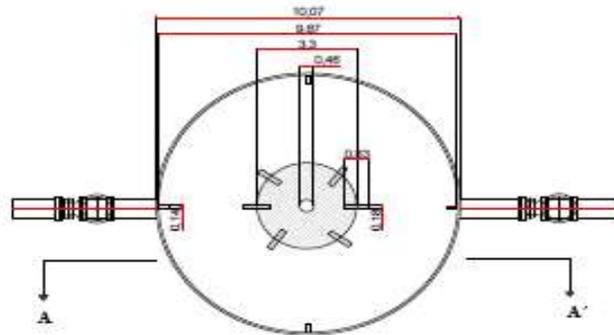
ESCALA: 1:500

FECHA: 20-02-2018

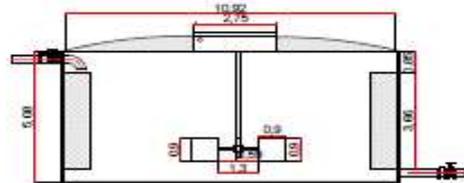
LÁMINA: 02/08

TANQUE DE MEZCLA RAPIDA

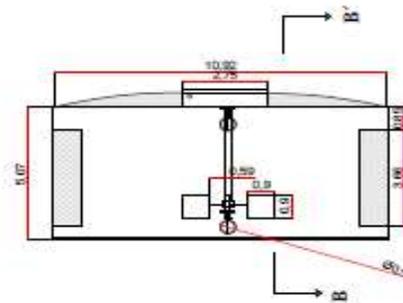
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



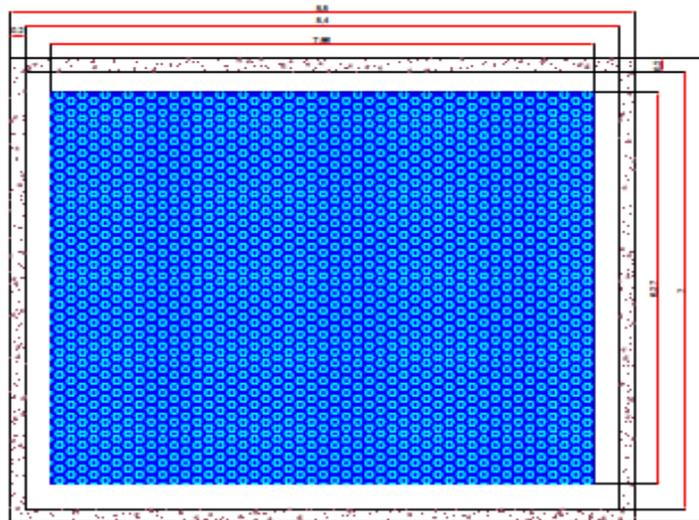
CORTE B-B'



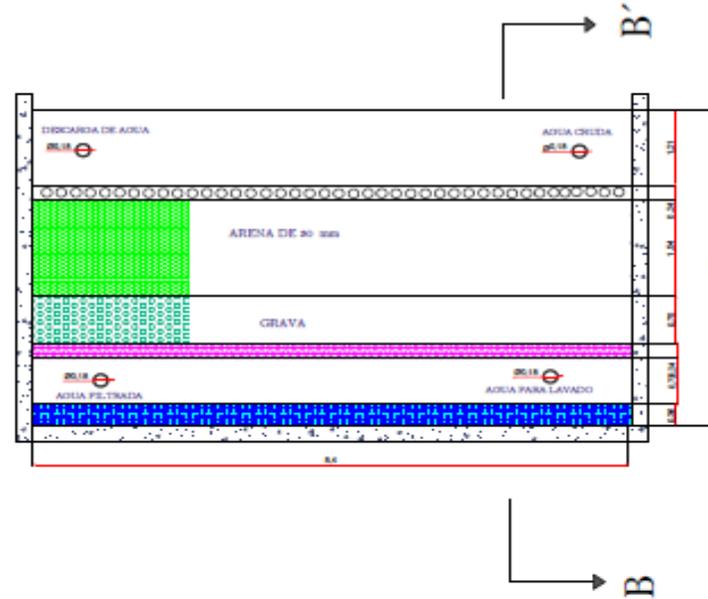
		DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN GUANO	
CONTIENE: TANQUE DE MEZCLA RÁPIDA			
ELABORADO POR: MARÍA FERNANDA ARBOREA		REVISADO POR: DGL. MONICA ANDRADE DGL. DAISILETA BORJA	
ESCALA: 1:500	FECHA: 21-08-2016	LÁMINA: 04/06	

FILTRO LENTO O BIOLÓGICO

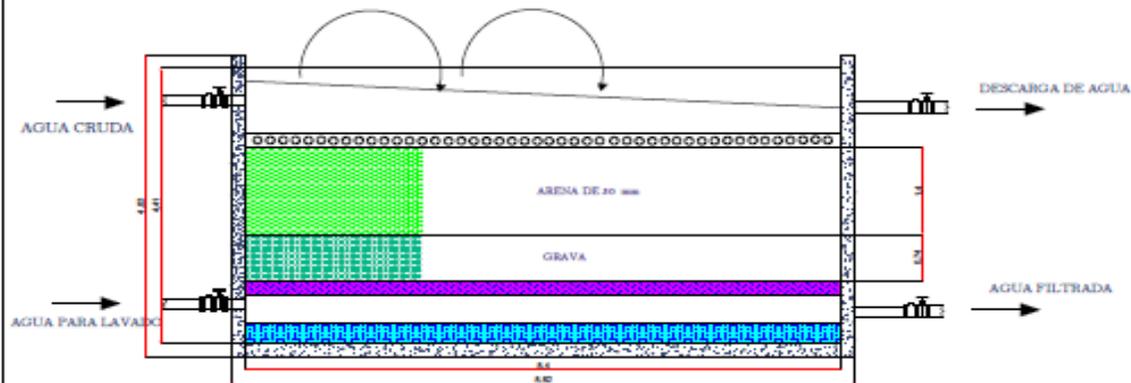
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

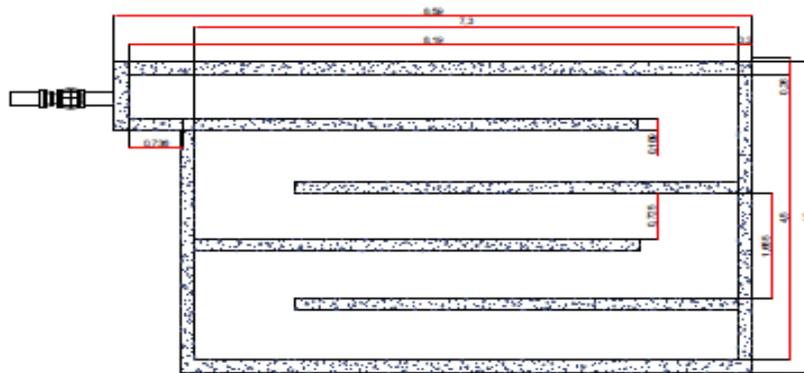


CORTE A-A'

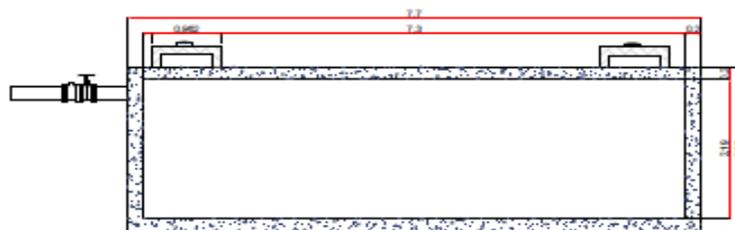


		DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANTONIO DEL CANTÓN GUANO	
CONTIENE: FILTRO LENTO O BIOLÓGICO			
ELABORADO POR: MARIA PERUANDA ANICORA		REVISADO POR: DGO. MIREICA AGUIRADE DGO. DANIELITA BOKIA	
ESCALA: 1:800	FECHA: 20-08-2014	LAMINA: 06/06	

VISTA PLANTA



CORTE A-A'



DESINFECCIÓN

CORTE B-B'



DESIGNO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRES DEL
CANTON GUANO

CONTIENE: TANQUE DE DESINFECCIÓN

ELABORADO POR:
MARIA FERNANDA ARROBA

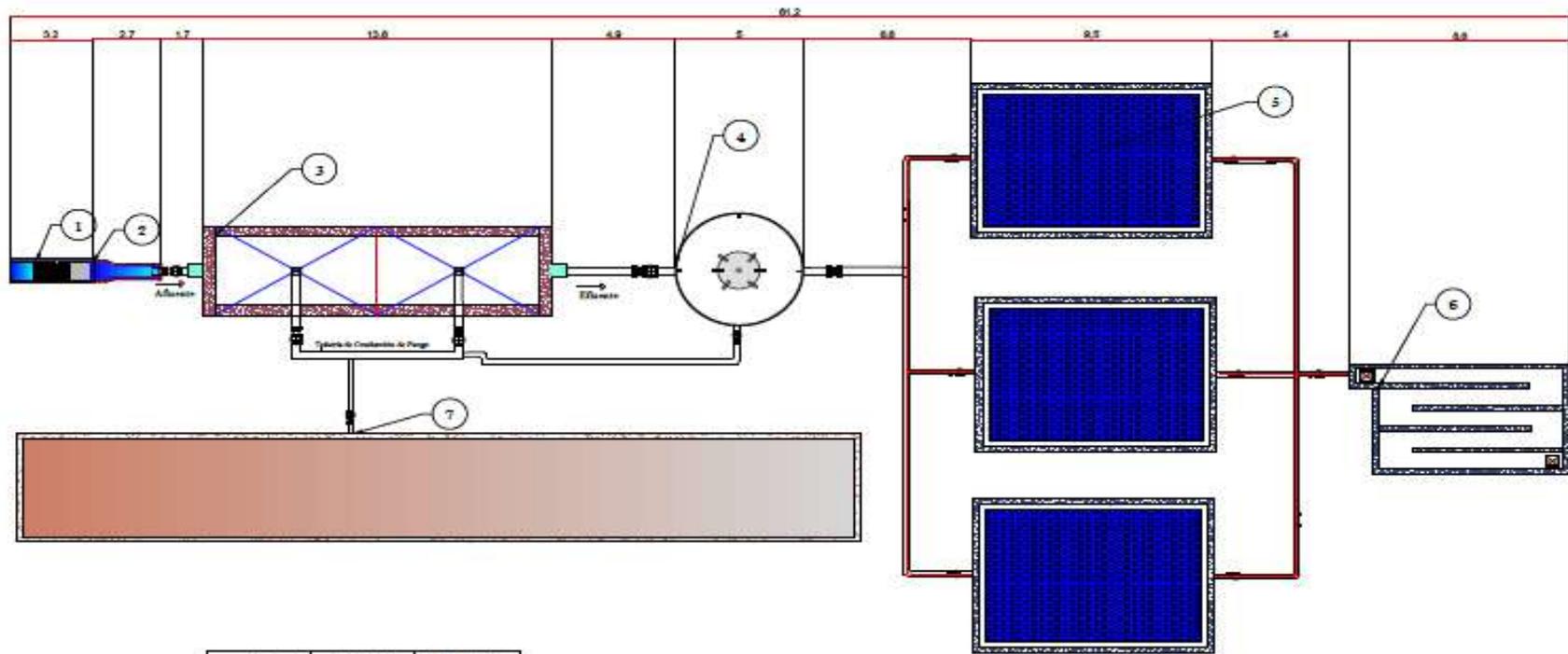
REVISADO POR:
ING. MONICA ANDRADE
ING. DANIELITA BORJA

ESCALA: 1:200

FECHA: 01-04-2014

LAMINA: 04/08

VISTA PLANTA CORTE A-Á



SP	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	REJILLA
2	1	RENTREGO
3	1	TANQUE DENSIFY
4	1	MECLA BOMBA
5	3	FILTRO LENTO
6	1	DESCHORRIZÓN
7	1	LECHO DE BARRIDO

		IDONEO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN ORDAÑO	
CONTIENE: VISTA PLANTA			
ELABORADO POR: MARIA FERNANDA ARBORE		REVISADO POR: ING. MONICA AROBADE ING. DAISIELITA BORDA	
ESCALA: 1:40	FECHA: 01/04/2018	LÁMINA: 04/18	

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

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0

¹ Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

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

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