



Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil

Carrera de Ingeniería Civil

**“Diseño de una Planta De Tratamiento de Aguas Residuales para el Barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo para un Periodo de Retorno De 40 Años.”**

Autor: Cristian Rodolfo Capelo Segovia

Tutor: Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

Quito, Marzo 2022



## **DECLARACION JURAMENTADA**

Yo, CAPELO SEGOVIA CRISTIAN RODOLFO, con cédula de ciudadanía número 060394438-0, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional, y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Capelo Segovia Cristian Rodolfo

C.C. 060394438-0

# **DECLARATORIA**

El presente Trabajo de Titulación titulado:

**“Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo para un Periodo de Retorno de 40 Años”**

Realizado por:

**CAPELO SEGOVIA CRISTIAN RODOLFO**

Como requisito para la obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Ha sido dirigido por el profesor

**ING. HUGO MARCELO OTÁÑEZ GÓMEZ, MAG.**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

Hugo Marcelo Otáñez Gómez

**TUTOR**

# DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

Ing. Luis Soria, MsC.

Nombre completo Profesor Revisor 2

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal  
examinador

Nombre completo Profesor Revisor 1 Nombre completo Profesor Revisor

2

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres, hermanos y a cada una de las personas que confiaron y me apoyaron a lo largo de este grandioso sueño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres que me han apoyado incondicionalmente a lo largo de toda mi etapa estudiantil.

A mis hermanos que siempre confiaron en mí hasta en los momentos en que parecía no avanzar en este camino.

De manera especial a Teresa Parra Cepeda que me ha compartido sus conocimientos y consejos cada vez que los necesitaba.

## **RESUMEN**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales ayudan a eliminar los agentes contaminantes del agua, permitiendo evitar daños en la salud de las personas, animales o plantas, con el fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes del barrio Jesús del Gran poder, se planteó el presente tema de Tesis.

La municipalidad del cantón Chambo tiene la necesidad y obligación, de crear plantas de tratamiento de aguas residuales que permita el óptimo funcionamiento del sistema de alcantarillado existente en el sector, evitando así la socavación a la vía que colinda con dicho sector.

El presente trabajo se enfoca en el diseño de la planta de tratamiento para aguas residuales tipo zajón, mediante la cual se planifica la eliminación del 80% de la contaminación presente en el agua residual, además de la eliminación casi en su totalidad de los sólidos suspendidos en el afluente final que será vertido al río Chambo.

El diseño de esta planta está compuesto por varias etapas en donde inicia con un tratamiento preliminar que consta de: Canal de Captación, Infraestructura de cribado, Desarenador de flujo Horizontal. El tratamiento secundario consta de: Zajón de oxidación, Sedimentador, Tratamiento de lodos. El presente diseño contará con su respectivo manual de operación y mantenimiento.

## **PALABRAS CLAVE**

Planta de tratamiento, Aguas residuales, Afluente , Efluente

## **ABSTRACT**

The wastewater treatment plants help eliminate contaminating agents from the water, allowing to avoid damage to the health of people, animals or plants, in order to improve the living conditions of the inhabitants of the Jesús del Gran Poder neighborhood. raised this thesis topic.

The municipality of the Chambo canton has the need and obligation to create wastewater treatment plants that allow the optimal functioning of the existing sewage system in the sector, thus avoiding the undermining of the road that adjoins said sector.

The present work focuses on the design of the zajón-type wastewater treatment plant, through which the elimination of 80% of the contamination present in the wastewater is planned, in addition to the elimination of almost all of the suspended solids. in the final tributary that will be discharged into the Chambo River.

The design of this plant is made up of several stages where it begins with a preliminary treatment that consists of: Collection Channel, Screening infrastructure, Horizontal flow desilter. Secondary treatment consists of: Oxidation zajón, Settler, Sludge treatment.

This design will have its respective operation and maintenance manual.

## **KEY WORDS**

Treatment plant, Wastewater, Influent, Effluent



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
CAPITULO I: Definición del caso de estudio .....	1
1.1. PERFIL DEL PROYECTO.....	1
1.2. CLIMA DEL SECTOR. ....	1
1.3. POBLACIÓN ACTUAL DEL CANTÓN. ....	1
1.4. ANTECEDENTES.....	2
1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.6. OBJETIVOS.....	3
1.6.1. OBJETIVO PRINCIPAL .....	3
1.6.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	3
1.7. ALCANCE .....	4
1.7.1. ESPACIO.....	4
1.8. LIMITACIÓN .....	4
1.9. JUSTIFICACIÓN .....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. INTRODUCCIÓN .....	6
2.2. AGUA DULCE.....	7
2.3. AGUA RESIDUAL.....	7
2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	8
2.3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	8
2.4. LODOS ACTIVOS.....	9
2.5. PROCESO DE LODOS ACTIVOS .....	9
2.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO) .....	11

2.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) .....	11
2.8. NITRÓGENO AMONIACAL .....	11
2.9. ÍNDICE DE DENSIDAD DE LODOS (IDL) .....	12
2.10. ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS (IVL) .....	12
2.11. RELACIÓN ALIMENTO/MICROORGANISMOS (F/M) .....	12
2.12. ZAJÓN DE OXIDACIÓN .....	12
2.13. AGUA RESIDUAL .....	13
2.14. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	14
2.14.1. TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO .....	14
2.14.2. ETAPAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	15
2.15. CAUDAL MÁXIMO DIARIO .....	20
2.16. DOTACIÓN MEDIA FUTURA.....	21
2.17. CAUDAL DE DISEÑO .....	21
2.18. PERÍODO DE DISEÑO .....	21
2.19. POBLACIÓN FUTURA.....	22
2.20. SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	22
2.20.1. TIPOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO .....	22
2.21. CAUDALES DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES.....	23
2.22. ETAPAS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ....	24
2.22.1. TRATAMIENTO PRIMARIO O PRELIMINAR .....	24
2.22.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	25
2.22.3. ZAJÓN DE OXIDACIÓN .....	25
2.22.4. SEDIMENTADOR SECUNDARIO .....	26
2.22.5. TIPOS DE TANQUES DE SEDIMENTACIÓN.....	27
2.22.6. TRATAMIENTO DE LODOS.....	27
2.22.7. TIPOS DE LODOS.....	27
2.22.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS .....	28
CAPITULO III: Proyección de la Población.....	29

3.1. MÉTODO ARITMÉTICO .....	29
3.2. MÉTODO GEOMÉTRICO .....	30
3.3. CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN POR SECTORES.....	32
CAPITULO IV: Calculos de la planta de Tratamiento .....	34
4.1. PERÍODO DE DISEÑO .....	34
4.2. DOTACIÓN.....	34
4.3. ANALISIS DE CAUDALES .....	34
4.3.1. CAUDAL MÁXIMO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES .....	34
4.3.2. CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES .....	35
4.3.3. COEFICIENTE DE MAYORACIÓN.....	35
4.3.4. CAUDAL DE DISEÑO .....	36
4.4. ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BARRIO JESÚS DEL GRAN PODER .....	36
4.5. DISEÑO HIDRAULICO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO.....	37
4.5.1. VOLUMEN ÚTIL DEL SEDIMENTADOR .....	38
4.5.2. DISEÑO DEL FILTRO ANAERÓBICO .....	40
4.6. MATERIAL GRANULAR PARA CAMAS DE FILTRADO .....	42
4.7. DIMENSIONES PLANTA DE TRATAMIENTO .....	42
4.8. IMPLANTACIÓN .....	44
4.9. DISEÑO DEL MURO .....	45
4.9.1. DATOS .....	45
4.9.2. ANÁLISIS A DESLIZAMIENTO .....	47
4.9.3 ANÁLISIS A VOLCAMIENTO.....	47
4.9.4. ANÁLISIS SEGÚN LA CAPACIDAD DEL SUELO .....	47
4.9.5. DISEÑO DEL DEDO .....	48
4.9.6. DISEÑO DEL TALÓN .....	49
4.9.7. DISEÑO DE LA PANTALLA.....	50

4.9.8. DETALLE ARMADO DEL MURO.....	51
CAPITULO V.....	52
5. PLAN OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	52
5.1. MANTENIMIENTO .....	53
CAPITULO VI.....	54
6.1. CONCLUSIONES .....	55
6.2. RECOMENDACIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	57

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Agua Dulce .....	7
Ilustración 2. Lodos Activados .....	9
Ilustración 3. Cribado de agua.....	16
Ilustración 4. Desarenador .....	17
Ilustración 5. Secado de Lodos .....	20
Ilustración 6. Cribado .....	24
Ilustración 7. Desarenador .....	25
Ilustración 8. Esquema de Funcionamiento.....	36
Ilustración 9. Implantación Planta de Tratamiento .....	44
Ilustración 10. Datos para el diseño del muro.....	45
Ilustración 11. Esquema de los empujes actuantes del muro .....	46
Ilustración 12. Calculo del factor de seguridad al deslizamiento .....	47
Ilustración 13. Calculo del factor de seguridad al volcamiento.....	47
Ilustración 14. Análisis de la capacidad del suelo.....	47
Ilustración 15. Diseño del dedo .....	48
Ilustración 16. Diseño del Talón .....	49
Ilustración 17. Diseño de la pantalla.....	50
Ilustración 18. Armado del Muro.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo Domestico Per-Cápita .....	20
Tabla 2. Dotación media futura .....	21
Tabla 3. Características comunes de lodos .....	28
Tabla 4. Descripción de Lodos .....	28
Tabla 5. Población del Cantón Chambo .....	29
Tabla 6. Población del Cantón Chambo por sectores año 2010 .....	32
Tabla 7. Población calculada para el sector en estudio en el año 2020.....	32
Tabla 8. Población calculada del canton Chambo para el año 2060.....	33
Tabla 9. Consumo domestico Per-Cápita .....	34
Tabla 10. Calculo de fuerzas Actuantes sobre el muro.....	46
Tabla 11: Tubería de distribución .....	53
Tabla 12: Mantenimiento manual de rejillas .....	53
Tabla 13: Mantenimiento de desarenador .....	53
<i>Tabla 14:</i> Mantenimiento de laguna facultativa.....	54
<i>Tabla 15:</i> Mantenimiento laguna de secado de lodos.....	54

# **CAPITULO I: Definición del caso de estudio**

## **1.1. PERFIL DEL PROYECTO**

El barrio Jesús del Gran Poder es uno de los barrios urbano marginales del cantón Chambo, mismo que se encuentra desarrollado a lo largo de su vía principal que va desde el barrio “El Tejar” en su parte más alta, hasta el anillo vial en su parte más baja o sur.

El alcantarillado existente inicia desde la parte superior que colinda con el barrio “EL TEJAR” y sigue su trayecto hasta la parte baja del barrio que colinda con el anillo vial del cantón. Los desechos recolectados por el sistema de alcantarillado existente son vertidos sin ningún tipo de tratamiento en los terrenos que se encuentran en la parte posterior al anillo vial, por lo cual se produce mal olor constante, contaminación ambiental, socavación en la mesa del anillo vial y uno de los aspectos más preocupantes es que los desechos sólidos son usados como abono de manera directa para la producción agrícola, mientras que los líquidos, son utilizados como agua de riego y como bebederos de ganado bovino.

## **1.2. CLIMA DEL SECTOR.**

Debido a su altitud promedio de 2780 m.s.n.m su temperatura promedio es alrededor de los 14 °C, misma que es una temperatura apta para la producción de productos agrícolas, además que es una temperatura recomendada para la producción de leche. Dentro de sus pisos climáticos se tiene; templado sub-andino, frío andino y glacial.

## **1.3. POBLACIÓN ACTUAL DEL CANTÓN.**

En la provincia de Chimborazo, el cantón Chambo tiene una superficie de aproximadamente de 163 Km<sup>2</sup>, que representa el 2,5%, de la superficie total provincial.

Los límites del cantón Chambo son:

- **Norte:** La quebrada de Puchulcahuán.
- **Sur:** El río Daldal y las parroquias Pungalá y Licto.
- **Este:** la provincia de Morona Santiago.

- **Oeste:** el río Chambo, parroquia San Luis y Licto.
- **Nor-Oeste:** con el cantón Riobamba.

El cantón Chambo cuenta con una parroquia urbana que es su centro de actividad económica, conocida como cabecera cantonal y varias comunidades en el sector rural, donde se concentra la mayor parte de su población. La zona central se localiza al noroeste del cantón con una superficie de 160 Has. que representa el 1 % del área total del cantón aproximadamente.

En base al censo de población y vivienda del año 2010, realizado por el INEC, se determina que la tasa de crecimiento poblacional es 1.13% anual, por lo que la población futura en el año 2020 se estima sea de alrededor de 13000 habitantes. En donde el número de habitantes del barrio Jesús del Gran Poder llegaría a ser de 700 individuos aproximadamente.

#### **1.4. ANTECEDENTES**

El barrio Jesús del Gran Poder es uno de los barrios urbano marginales del cantón Chambo, mismo que se encuentra desarrollado a lo largo de su vía principal y única, con una población aproximada de 700 habitantes hasta el presente año.

El alcantarillado existente inicia desde la parte superior que colinda con el barrio "EL TEJAR" y sigue su trayecto hasta la parte baja del barrio que colinda con el anillo vial del cantón. Los desechos recolectados en la actualidad son desviados hacia el Río Chambo, a través de los predios que anteceden al Río sin ningún tipo de tratamiento. Dichos desechos por razones de salud e impacto ambiental que generan, no pueden ser desechados sin ningún tratamiento previo.

Las aguas residuales contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos nocivos para la salud y el medio ambiente, ocasionando el deterioro acelerado del cauce del Río Chambo, así como también la muerte de algunas especies naturales del afluente.

## **1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente y constante mal olor, la socavación progresiva y contaminación que se evidencian en la actualidad, causan efectos negativos inmediatos como la pérdida de la capacidad productiva del suelo, producción agrícola y ganadera de mala calidad, daños irreparables en la salud de la población aledaña al sector, así como también al cauce del Río Chambo.

Todos estos efectos pueden ser causados por la falta de recursos en la municipalidad, falta de interés por parte de las autoridades y habitantes de la zona o por la oposición por parte de los propietarios de los terrenos inmersos, ya que al ser una problemática bastante fuerte y evidente se hubieran buscado los recursos económicos y humanos para su pronta solución.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, provincia de Chimborazo para un periodo de retorno de 40 años.

### **1.6.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS**

- Investigar e identificar las diferentes plantas de tratamiento para las aguas residuales, para así poder determinar mediante datos y condiciones reales del sector aquella que se ajuste con los requerimientos del sector y su tiempo de diseño, mediante el estudio de cada una de ellas.



- Determinar la población futura para el año 2060 del barrio Jesús del Gran Poder mediante los métodos geométrico y aritmético, para así realizar un diseño adecuado según las necesidades del sector y de su población.
- Determinar los posibles usos de los desechos tanto sólidos como líquidos obtenidos después del tratamiento de las aguas residuales, e identificar el método más apropiado de desalojo, mediante su composición bioquímica.

## **1.7. ALCANCE**

Elaboración de la propuesta de Diseño Hidráulico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, con su respectivo manual de operación, en un tiempo aproximado de seis meses.

### **1.7.1. ESPACIO**

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se limita únicamente para el barrio Jesús del Gran Poder del cantón Chambo, Provincia de Chimborazo para un periodo de retorno de 40 años.

## **1.8. LIMITACIÓN**

Para la ejecución del presente tema una de las principales limitantes es la falta de información real sobre la población existente en el sector, además de la socialización con los habitantes del sector ya que no es posible por el momento la realización de un levantamiento topográfico que nos permita realizar la implantación en el lugar, otra de las limitaciones importantes es el tiempo debido a la falta de cooperación y veracidad de información receptada por los habitantes del sector.

## **1.9. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad el alcantarillado existente descarga de forma directa sobre predios que colinda con el anillo vial del cantón Chambo, contaminado una gran parte de los cultivos, animales y Cauce del Río Chambo. Siendo indispensable El Diseño de

la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo.

El diseño de esta planta de tratamiento está dado por el caudal máximo futuro según el número de habitantes para un periodo de diseño entre 30 a 40 años que es lo recomendado según alcantarillado existente en el sector. En nuestro caso puntual se realizará el diseño para un periodo de retorno de 40 años. (Este intervalo de tiempo de diseño está dado por la NEC).

La planta de tratamiento de aguas residuales busca frenar el acelerado daño en las condiciones ambientales, en la salud pública de la zona, en las condiciones sociales y económicas de los habitantes del barrio Jesús del Gran Poder y varios problemas comunes del sector como enfermedades producidas por el exceso de contaminación y la eminente socavación a la vía aledaña a la descarga.

La presente investigación tiene como finalidad identificar la planta y el tratamiento más adecuado para las aguas residuales recolectadas del sector.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

El Agua es un elemento vital para la salud de las personas y cubre aproximadamente el 75% de la superficie de la misma. Pero existen diversos factores físicos, químicos, políticos, entre otros que limitan al ser humano la disponibilidad de la misma.

La integración de aguas residuales no tratadas, produce en sus afluentes impactos ambientales negativos bastante severos y nocivos, debido a la concentración de sustancias orgánicas, químicas y biológicas negativas presentes en su composición.

El tratamiento de aguas, consiste en la depuración natural producida en el suelo firme (tierra), como también en el agua. Las plantas de tratamiento de aguas residuales basan su funcionamiento en procesos físicos y bioquímicos, aplican este mecanismo natural, para mejorar las condiciones de las aguas procedentes del consumo humano.

El costo que implica la construcción y operación de este tipo de plantas se ve compensado con la reutilización del agua tratada para los cultivos, además se reduce la contaminación al cauce del río Chambo, siendo indispensable para los habitantes del sector.

En la actualidad las aguas residuales se han convertido en problemas sociales, ambientales y municipales de gran importancia, debido al crecimiento poblacional y la contaminación que esta lleva consigo. Las descargas provenientes del consumo humano, uso agropecuario e industrial contaminan los cauces naturales cercanos, ocasionando daños graves al medio ambiente, atentando contra la salud de los seres humanos y animales, además de daños en bienes públicos y privados que se encuentran en sitios cercanos a sus afluentes.

En el barrio Jesús del Gran Poder, las aguas recolectadas por el sistema de alcantarillado existente son vertidas de manera directa a los terrenos ubicados en la parte más baja del sector, sin ningún tipo de tratamiento previo y de la misma manera son aprovechadas por los propietarios de los terrenos cercanos a la descarga, siendo utilizadas para riego de cultivos agrícolas y en ocasiones para consumo animal.

Es por tal razón que el presente trabajo tiene como finalidad realizar; el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, teniendo en cuenta la realidad del sector.

## 2.2. AGUA DULCE

Es una sustancia líquida que carece de color, sabor y olor. En su estado natural se la puede encontrar más o menos pura y apta para el consumo animal y humano. Su composición química está dada por moléculas de hidrogeno y oxigeno ( $H_2O$ ).



Ilustración 1. Agua Dulce

Recuperado de: (Sánchez, 2020)

## 2.3. AGUA RESIDUAL

Es toda aquella agua tomada en estado puro y que ha sido utilizada por el ser humano para uso doméstico, industrial, entre otros, que tiene como destino las cloacas o pozos de recolección que gracias a un sistema de alcantarillado son transportadas hacia su efluente final.

Los tres tipos de aguas residuales son:

- **Domésticas:** Provenientes del consumo doméstico.
- **Municipales:** Transportadas y tratadas en plantas municipales.
- **Industriales:** Producto de las industrias.

### **2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

#### **Olor:**

Se produce por la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual, mismo que cuenta con un olor característico y tolerable en comparación a las aguas residuales de tipo séptico.

#### **Temperatura:**

Posee una temperatura elevada en aproximadamente 2°C que el agua de suministro, ya que por el uso que esta haya tenido aumenta porcentualmente su temperatura original.

#### **Microorganismos:**

Existen varios tipos de microorganismos presentes en las aguas denominadas residuales que proliferan y forman parte de su composición micro bacteriana. Entre los cuales tenemos rotíferos, gusanos y protozoos que son los encargados de depurar el agua durante el proceso de descomposición y tratamiento.

La cantidad de estos microorganismos depende principalmente de la edad de los lodos y parámetros los operativos que se realizan dentro de la planta de tratamiento.

#### **Contaminantes:**

El agua residual posee compuestos orgánicos, refractarios, metales pesados y en mayor concentración y volumen sólidos de tipo inorgánico.

### **2.3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

#### **Materia Orgánica:**

Las principales materias orgánicas que se localizan en la composición del agua residual son proteínas que oscilan entre (40 – 60%), hidratos de carbono (25 – 50%), aceites y otras grasas (10%), mientras que la urea suele ser escasa especialmente en aguas residuales antiguas o que ya hayan pasado por un adecuado tratamiento.

### **Características Biológicas:**

Se encuentran cantidades extremadamente grandes de hepatitis y coliformes además de diversos patógenos adicionales, pero en menor cantidad que los antes mencionados.

## **2.4. LODOS ACTIVOS**

En el tratamiento de aguas residuales los lodos activos son un conjunto de sustancias orgánicas, inorgánicas y bacteriológicas en donde se introduce un reactor que mantiene en suspensión un cultivo bacteriano de tipo aerobio mismo que realiza la separación de partículas y uno de los primeros tratamientos del agua residual. Es en este proceso en donde se realiza la transformación de nutrientes propios de los tejidos celulares y varios gases.

Se considera que las bacterias son el grupo más importante en el conjunto de lodos activos, siendo los grupos más importantes las de tipo Alcalígenos flavobacterium, bacillus y pseudonoma y otros microorganismos presentados son los hongos.



**Ilustración 2. Lodos Activados**

Recuperado de: (Valdiviezo, 2007)

## **2.5. PROCESO DE LODOS ACTIVOS**

Es un proceso biológico de gran amplitud que se utiliza para el tratamiento de aguas residuales producidas de manera doméstica ya que gracias a su eficiencia en este tipo de tratamientos es el de mayor uso.

Para la ejecución de este proceso el agua residual debe llegar a un ambiente apropiado, en el cual los microorganismos pequeños que se encuentran floculantes empiezan a tener contacto directo con cada elemento orgánico presente en el agua residual produciendo la reacción esperada. A esta reacción físico-química se la conoce como licor mezclado.

En la parte interna del reactor biológico se produce el proceso de absorción, oxidación y floculación de la mayor parte de materia orgánica, en donde la función principal del licor mezclado es sedimentar de manera paulatina los lodos encontrados y partículas pesadas para recircular una proporción al tanque de aireación y los sólidos a la piscina de secado. La finalidad de este proceso es conseguir que me mantenga una concentración adecuada de lodo activo dentro del tanque de ventilación, para lograr un tratamiento adecuado en los lodos y líquidos que ingresan en el sistema.

Es importante mantener un nivel apropiado de sólidos suspendidos en el licor mezclado, para lo cual es necesario eliminar la cantidad correcta de lodos desde la purga hacia la piscina de secado.

El sistema de lodo activado tiene en su estructura:

- Un reactor de funcionamiento biológico encargado de mezclar completamente las aguas residuales. Este reactor debe poseer un volumen adecuado para proveer al sistema un tiempo de retención hidráulica adecuado para su funcionamiento.
- Un mecanismo interno capaz de producir turbulencia en el interior del reactor con la finalidad de realizar la transferencia de oxígeno para supervivencia de los microorganismos que ayudan en el tratamiento de aguas.
- Un tanque sedimentador encargado de separar los sólidos suspendidos en el licor mezclado.
- Sistema de bombeo con la finalidad de producir recirculación del lodo desde el clarificador hasta el tanque de aireación.

## **2.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)**

La DBO es la cantidad necesaria de oxígeno que debe poseer el agua para que el contenido de microorganismos proliferen en un hábitat adecuado, su uso dentro de los sólidos suspendidos es evaluar la calidad del efluente y el grado de contaminación del mismo. Es necesario realizar un estudio y control paulatino de DBO en el afluente al final para comprobar si el contenido de cada sustancia sea el correcto y su grado de contaminación es bajo.

## **2.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)**

La DQO es considerado como un parámetro que sirve para determinar la cantidad de sustancias que pueden ser oxidadas mediante sustancias químicas que suelen estar disueltas o suspensión en muestras líquidas.

La DQO es utilizada al igual que la DBO para analizar la calidad del producto final de la planta antes de que sea insertado en su afluente final.

Es apropiado realizar un constante análisis de DQO en el efluente al final de cada etapa de tratamiento para así comprobar si la remoción obtenida la adecuadas y si se está produciendo la descomposición y oxidación de las partículas deseada. Este estudio tiene la ventaja de poder ser realizado en un tiempo menor al de la DBO, por lo que permite conocer en menor tiempo los resultados de la evaluación.

## **2.8. NITRÓGENO AMONIACAL**

El nitrógeno denominado amoniacal está presente el agua residual con un pH ácido ya que si se encontrara en estado alcalino sería una composición volátil y peligrosa. Es por tal razón que su uso y control va relacionado con calidad final del efluente antes de salir de la planta.

Para poder realizar su identificación al interior de la planta se debe utilizar un electrodo selectivo para nitrógeno y que permita determinar el pH que presenta dicho nitrógeno para que no represente un peligro para la salud.



La ventaja principal con respecto al método de digestión, es que facilita conocer de manera inmediata los resultados de los estudios para así realizar el control de los parámetros que regulan la remoción biológica en el tanque de aireación.

## **2.9. ÍNDICE DE DENSIDAD DE LODOS (IDL)**

La densidad de los lodos está dada por la piscina en la que se encuentra es por eso que se tiene 1.006 t/m<sup>2</sup> para lodos primarios, 1.001 t/m<sup>2</sup> para lodos de la piscina aerobia y 1.015 t/m<sup>2</sup> para lodos de piscinas anaerobias. Bajo estas características los lodos activados sedimentan al fondo de cada uno de sus respectivos tanques o piscinas de tratamiento. Estas características se deberán determinar gracias al ensayo de IDL.

## **2.10. ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS (IVL)**

Este parámetro determina las características de sedimentación que posee un lodo activado. Este cálculo parte de los resultados obtenidos en el ensayo de Cono Imhoff en donde el lodo será más denso cuando el IVL sea bajo.

## **2.11. RELACIÓN ALIMENTO/MICROORGANISMOS (F/M)**

Este parámetro se utiliza de manera exclusiva con la finalidad de dar a conocer la cantidad total de materia orgánica presente en el sistema biológico aerobio y así determinar su estado de tratamiento y la veracidad del mismo. Su cálculo es mediante la relación entre DBO<sub>5</sub> que ingresa al tanque de aireación SSVLM y al clarificador secundario.

## **2.12. ZAJÓN DE OXIDACIÓN**

Es un proceso de lodos activos con aireación prolongada, que usa un canal cerrado con dos curvas, una para la aireación y mezcla del licor y la segunda para que se produzca sedimentación de los materiales sedimentables en este punto.

El equipo necesario para que se produzca la aireación y circulación del licor mezclado es un conjunto de aireadores mecánicos con cepillos horizontales de jaula o de discos.

En una planta de estilo típico de un zanjón de oxidación no incluye sedimentación primaria, en su lugar utilizan un canal concéntrico, un sedimentador secundario y lechos de secado de lodos.

## **2.13. AGUA RESIDUAL**

Es aquella que presenta una variada composición de residuos sólidos y líquidos provenientes del sistema de desagüe de una población, misma que ha sido modificada su estructura original por diversos factores como desechos industriales, aceites, usos comerciales, usos agrícolas, pecuarios, usos domésticos, aguas lluvias, entre otros usos que le puede dar al agua en estado natural.

Las aguas conocidas como residuales pueden ser de tipo mixto al estar constituidas por aguas negras producto de las actividades de los seres humanos, más las aguas lluvia producto de las precipitaciones del lugar.

Estas aguas en su composición contienen contaminantes que al ser vertidos al curso receptor (ríos por lo general), pueden causar un impacto ambiental bastante severo al igual que en la salud de los habitantes de sectores post vertedero.

Entre los principales contaminantes disueltos y suspendidos en el agua residual proveniente de un sistema de alcantarillado mixto tenemos los siguientes grupos:

- Materia orgánica.
- Compuestos nitrogenados de origen orgánico y/o vegetal.
- Compuestos fosforados de origen mineral.
- Microorganismos y patógenos.

Se conoce que el objetivo del tratamiento de aguas residuales es evitar en la medida de lo posible la contaminación química, física, radiactiva, biológica, bioquímica de los cuerpos receptores de las aguas tratadas.

El proceso de tratamiento de aguas residuales se ha desarrollado debido a la necesidad de mitigar o disminuir en lo posible la contaminación ambiental producida como consecuencia del desarrollo y crecimiento poblacional e industrial. Donde las

razones que justifican su realización son de orden social, salud pública, estéticas y en ocasiones pueden ser de orden legal.

## **2.14. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

La planta de tratamiento de aguas residuales es un conjunto de piscinas ubicadas de manera lineal o paralela, según sea la necesidad de la población, en donde el agua que ingresa cumple con varios procesos ordenados de tratamiento, con la finalidad de reducir su nivel de contaminación mediante procesos biológicos, físicos y químicos, hasta lograr que posea las características óptimas para ser insertada en un afluente final (río).

### **2.14.1. TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO**

#### **➤ Sistema Aerobios**

Este tipo de sistema, necesita contar de manera obligatoria dentro de su composición interna con Oxígeno disuelto en pequeñas partículas, con la finalidad de garantizar el rendimiento energético requerido para la creación de fangos más conocidos como lodos activos gracias al alto crecimiento y desarrollo de bacterias aerobias.

Este tipo de tratamiento es bastante condicionado ya que la solubilidad del oxígeno en el agua residual es bastante baja y se necesita condiciones estrictas para lograrlo.

#### **➤ Sistema Anaerobio**

El elemento principal y que debe estar presente de manera obligatoria es el  $\text{CO}_2$ , que viene a ser parte de la propia materia orgánica producida por el ser humano y los animales.

En este sistema, se produce la reducción de carbono en su máximo estado (metano) ( $\text{CH}_4$ ), por lo que la obtención de un gas combustible es bastante fácil. Este tratamiento debido a que en su composición necesita un consumo de energía sumamente bajo, además genera una cantidad de fangos bastante baja o inexistente, por lo que tiene menos demanda de nutrientes y una de sus

principales ventajas es que es posible realizar periodos de para en la planta sin que esto afecte su población bacteriana y el funcionamiento del sistema.

➤ **Sistema Anoxicos**

El elemento receptor de mayor importancia son los nitratos ( $\text{NO}_3$ ), mientras que la falta de oxígeno disuelto  $\text{O}_2$  y la abundante presencia de nitratos  $\text{NO}_3$  hacen que los demás elementos se transformen en nitrógeno  $\text{N}_2$ , por lo tanto, existe la posibilidad que en varias y determinadas condiciones se obtenga una marcada eliminación biológica de los nitratos existentes.

## **2.14.2. ETAPAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El conjunto de aguas residuales producidas por los habitantes del barrio Jesús del Gran Poder descarga directo a la planta de tratamiento gracias a un colector existente de 200 mm de diámetro (mínimo para sistemas de alcantarillado). Este colector debe desembocar en una piscina aforadora, en donde se debe medir el caudal de entrada, para posteriormente seguir con su tratamiento en la piscina de cribado. A continuación se detallan las tres etapas de tratamiento de aguas residuales.

➤ **Primario**

En esta etapa se busca la separación de materiales tanto orgánicos como inorgánicos con la finalidad de sedimentar aquellos elementos más pesados y de gran tamaño. Este proceso se lo realiza mediante procesos físicos y químicos, en los cuales debido a la toxicidad o peso de las partículas es necesario el reposo de las aguas en piscinas que contengan fuertes sustancias químicas que aceleren este proceso.

➤ **Secundario**

Una vez culminada la primera etapa se procede a continuar con una etapa complementaria en la cual es necesario incluir procesos y tratamientos biológicos y químicos más fuertes con la finalidad de eliminar los desechos que no fueron eliminados en la etapa anterior debido a que existen microorganismos que son casi invisibles y resistentes a varios procesos.

## ➤ Terciario

En esta tercera y última etapa se debe eliminar cada uno de los minerales peligrosos y nocivos para la salud de los seres vivos y de la tierra.

Entre estos minerales con mayor presencia tenemos virus, nitrógeno, compuestos orgánicos, fósforo, entre otros. Este proceso es el de mayor importancia en aguas residuales industriales, ya que estas tienen un grado de contaminación bastante alto y notable.

Una alternativa posible de secuencia de las etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales, es la siguiente:

### 1) Cribado

En este proceso el agua que ingresa proveniente de un sistema de alcantarillado (en nuestro caso un sistema de alcantarillado mixto) debe pasar por un canal de forma rectangular en el cual está instalada una rejilla metálica con una inclinación de  $30^\circ$ , en donde los sólidos gruesos además de escombros como palos y basura deben quedar retenidos para ser retirados y colocados de forma manual en su canaleta de escurrimiento.



Ilustración 3. Cribado de agua

Recuperadode: (Freithas, 2019)

### 2) Desarenado

Posterior al paso anterior, se debe eliminar la mayor cantidad de arena y materiales de características similares, mediante módulos desarenadores de flujo

horizontal, mismos que cuentan con velocidad constante y una caja de sección considerable en el fondo para su evacuación manual.

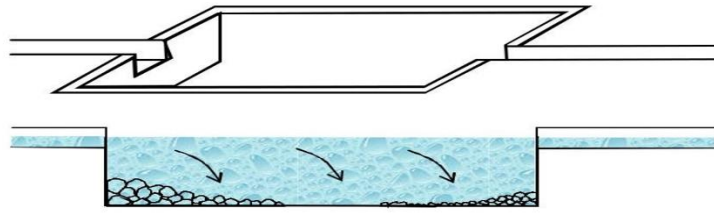


Ilustración 4. Desarenador

Recuperado de: (GrupAAC, 2018)

### 3) Laguna Anaeróbica

Son consideradas como la primera fase en el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, en donde la tubería de entrada será de 200 mm de diámetro y una inclinación del 1% según lo requerido y dispuesto por la normativa vigente.

En este proceso se debe estabilizar la materia orgánica mediante la acción de bacteriana, donde esta materia es licuada, gasificada y transformada en materia estable para conocer sus características y propiedades fisicoquímicas. Donde los procesos más destacados son:

**Licuación:** El proceso que da inicio a la licuación es realizado por las distintas enzimas de procedencia bacteriana, que consiste en la transformación de diversas partículas suspendidas en el agua o lodo residual en compuestos de mejor calidad y de tipo soluble.

**Gasificación:** Tiene eficiencia gracias a las bacterias de producción de metano que lo componen y otros elementos adicionales que hacen de este proceso uno de los más importantes debido a su efecto en el agua tratada.

### 4) Lagunas Facultativas

Son estructuras de hormigón armado que tienen una profundidad recomendada de 2m, forma rectangular, una pendiente del 0.20%, además

deben poseer una capacidad de retención de 5 días de las aguas residuales por caso de alguna emergencia y para lograr la maduración requerida en el agua residual.

Su función principal es remover la materia orgánica sobrante en un porcentaje menor al del proceso anterior.

En estas piscinas se pueden reconocer tres zonas importantes de descomposición de materia.

- 1) **Zona 1.** Con abundante oxígeno disuelto, en donde predominan las bacterias aerobias y se da por lo general en la parte superior de la laguna.
- 2) **Zona 2.** Con nada de oxígeno disuelto, que es en donde se realiza la sedimentación de sólidos, se realiza al fondo de la laguna.
- 3) **Zona 3.** Con oxígeno intermedio. El contenido de oxígeno es muy variante. Puede llegar a ser abundante y en ocasiones a estar ausente.

## 5) **Lagunas de Maduración**

Su función es la eliminación de bacterias, patógenos, virus, parásitos y demás organismos perjudiciales para la salud de los seres vivos. Este tipo de lagunas deben contar con una capacidad de retención de entre 5 y 10 días con una profundidad estimada de 1.5m.

Es aquí en donde se produce la eliminación de patógenos y coliformes fecales mediante la actividad algal gracias al proceso de foto-oxidación que estas algas llevan a cabo.

Este tipo de laguna se emplea únicamente cuando se intenta o pretende realizar un mejoramiento en la calidad del agua reduciendo su DBO.

## 6) Laguna de Secado de Lodos

Los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales no pueden ser dispuestos directamente debido a su alto contenido de agua y su estado de putrefacción.

Es así que el adecuado tratamiento a estos nos permite evitar un elevado impacto ambiental, daños en la salud y gastos elevados en el transporte hacia su destino final. El tratamiento de estos lodos está conformado por las siguientes etapas:

1. **Espesamiento:** Es aquí donde se debe disminuir en contenido de humedad o agua de los lodos primarios y secundarios.

El espesamiento se puede realizar mediante la acción de la gravedad, sedimentación por espesamiento que consiste en la concentración de sólidos, mientras mayor carga de sólidos exista, será más fácil su espesamiento.

2. **Estabilización:** Este es un proceso químico o biológico que busca controlar que la materia orgánica presente en los lodos no entre en putrefacción. Para lograr esto se utiliza una relación 1:3 de cal hidratada y un tiempo mínimo de 2 horas.
3. **Secado de lodos:** Una vez concluida la estabilización de los lodos estos pueden ser ya puestos a disposición para su último fin, que puede ser:
  - a. Uso agropecuario
  - b. Relleno sanitario
  - c. Entre otro





**Ilustración 5. Secado de Lodos**

Recuperado de: (Biogas Experts, 15 octubre 2001)

## 2.15. CAUDAL MÁXIMO DIARIO

El caudal o dotación diaria por persona está dado en base a las necesidades de las mismas en base a las estadísticas registradas y en función del caudal que posee la red de dotación para consumo doméstico. El consumo doméstico se calcula multiplicando la dotación de consumo doméstico per cápita por el número de habitantes de cierto sector. Es así que se tiene según la NEC que la dotación de consumo doméstico per cápita por habitante litros día varía entre 100 a 250 según es estrato social al que pertenezca la población y de la temperatura promedio.

CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONOMICA (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMISECADO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

**Tabla 1. Consumo Domestico Per-Cápita**

Recuperado de: (Normas Disposicion de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, 2005)

## 2.16. DOTACIÓN MEDIA FUTURA

La dotación media futura depende del número de habitantes que se espera alcance dicha población en un periodo de tiempo determinado. Según el Código Ecuatoriano de la Construcción se tienen los siguientes valores:

<b>POBLACION (habitantes)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACION MEDIA FUTURA (l/hab/día)</b>
HASTA 5000	FRIO	120-150
	TEMPLADO	130-160
	CALIDO	170-200
HASTA 5001	FRIO	180-200
	TEMPLADO	190-220
	CALIDO	200-230
HASTA 5002	FRIO	>200
	TEMPLADO	>220
	CALIDO	>230

Tabla 2. Dotación media futura

Recuperado de: (Normas Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, 2005)

En nuestro caso de estudio tomaremos el valor de 208 l/hab/día debido al número de habitantes, las condiciones de la población en análisis además en base al nuevo plan maestro de agua potable y alcantarillado del cantón Chambo.

## 2.17. CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño es aquel que será calculado en base a la población futura en un periodo de 40 años, y a la descarga del alcantarillado existente en el sector.

## 2.18. PERÍODO DE DISEÑO

Es aquel período de tiempo después del cual un proyecto de cualquier índole empezará a trabajar bajo saturación y excediendo su capacidad. En el caso puntual de la planta de tratamiento de agua residual para el barrio Jesús del Gran Poder será de 40 años.

## 2.19. POBLACIÓN FUTURA

Es aquella población o número de habitantes que se espera exista en una zona delimitada dentro de un periodo de tiempo determinado según su índice de crecimiento poblacional. En nuestro caso aún está por determinarse.

## 2.20. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Es un sistema completo de tuberías conectadas entre sí que van bajo tierra con una inclinación adecuada para recolectar, transportar y evacuar de forma rápida y segura las aguas procedentes del consumo humano y lluvias registradas. De manera general los sistemas de alcantarillado funcionan mediante la acción de la gravedad aprovechando la pendiente propia que poseen los terrenos, pero bajo ciertas condiciones críticas es necesaria la implementación de un sistema de bombeo que permita la evacuación de las mismas.

### 2.20.1. TIPOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Se identifican tres tipos de sistemas de alcantarillado mismos que funcionan bajo la acción de la gravedad o de un sistema de bombeo.

Estos sistemas son:

- a) **Alcantarillado Sanitario:** Encargado de transportar únicamente aguas residuales de uso doméstico
- b) **Alcantarillado Pluvial:** Este sistema es aquel que se encarga de transportar las aguas lluvia tanto de domicilios como de las vías hacia su planta de tratamiento o desembocadura.
- c) **Alcantarillado Mixto:** En este sistema de alcantarillado son recolectadas todas las aguas anteriormente mencionadas tanto de uso doméstico como aguas lluvia mediante el mismo sistema de tuberías.

## 2.21. CAUDALES DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas que son evacuadas y recolectadas por cualquier sistema de alcantarillado sanitario están compuestas por aguas domésticas, industriales, aguas por infiltración y además por conexiones clandestinas, donde estas últimas son las más peligrosas debido a que no se tiene registro del caudal aportante al sistema.

La selección del nivel de alcantarillado a diseñarse se hará primordialmente en base de la situación económica de la comunidad, de la topografía, de la densidad poblacional y del tipo de abastecimiento de agua potable existente.

El nivel de alcantarillado 1 corresponde a comunidades rurales con casas dispersas y que tengan calles sin ningún tipo de acabado, mientras que el nivel 2 se utiliza en comunidades que ya cuentan con algún tipo de trazado de calles, con tránsito vehicular y que tengan una mayor concentración de casas, de modo que se justifique la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias a lo largo de su red principal y por último el nivel 3 se utilizará en ciudades o en comunidades más desarrolladas en las que los diámetros calculados caigan dentro del patrón de un alcantarillado convencional. Se debe aclarar que en una misma comunidad se puede utilizar varios niveles, dependiendo de la zona servida.

### Nivel 2:

- I. **ALCANTARILLADO SANITARIO.** Se deben utilizar tuberías de hormigón simple o PVC de diámetro mínimo de 100 mm instaladas en las aceras domiciliarias, de ser posible no se deben realizar pozos de revisión y en su lugar se deben construir cajas con tapas para su fácil remoción. Sólo se deben utilizar las alcantarillas convencionales para las redes o matrices principales.
- II. **ALCANTARILLADO PLUVIAL.** Se deben utilizar canales laterales de hormigón preferentemente, uno a cada lado de la calzada con la finalidad de recolectar el mayor volumen de agua producto de las precipitaciones. El espaciamiento libre

entre barrotes que normalmente se debe utilizar es de 0,03 m a 0,07 m entre barrotes y una dimensión típica de estos podría ser 0,005 m x 0,05 m.

En todo caso, para evitar el aumento en la longitud del canal, se utilizará la ruta más corta hacia el curso receptor. La pendiente mínima que deberán tener estos canales será la necesaria para obtener su auto limpieza (0,9 m/s a sección llena).

El diámetro mínimo que se debe usar en los sistemas de alcantarillado es de 20 cm para sistemas de alcantarillado sanitario y 25 cm para sistemas de alcantarillado pluvial.

## **2.22. ETAPAS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **2.22.1. TRATAMIENTO PRIMARIO O PRELIMINAR**

El primer paso de tratamiento de aguas residuales es de carácter físico, y busca la reducción de los sólidos en suspensión, además de preparar los líquidos para los procesos posteriores.

Los procesos preliminares son:

#### **1) Cribado**

Este proceso es el encargado de separar el material grueso existente en el agua mediante el paso por una rejilla fina o criba. Este sistema es el más utilizado y fácil mantenimiento.

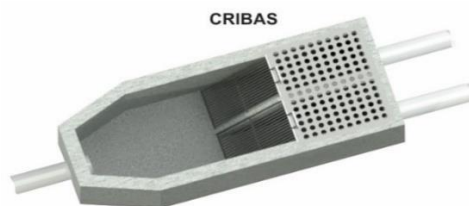


Ilustración 6. Cribado

Recuperado de: (Tech, 2008)

## 2) Desarenador

Mediante un proceso de sedimentación busca eliminar las arenas, gravas, partículas finas de origen orgánico, inorgánico y lodos.

La finalidad de este proceso es que las partículas contaminadas no arrastren sustancias contaminantes hasta las demás piscinas de tratamiento.

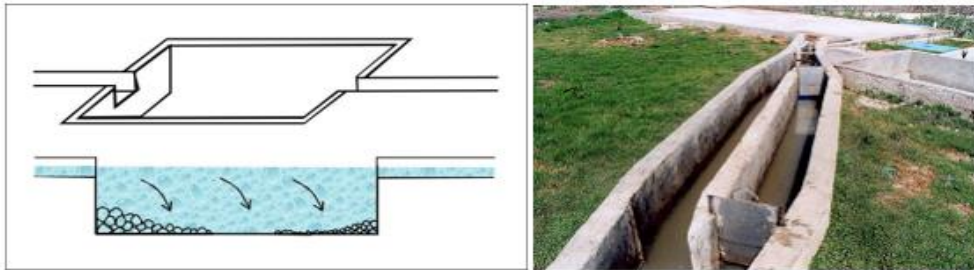


Ilustración 7. Desarenador

Recuperado de: (GrupAAC, 18 abril 2018)

### 2.22.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO

En este proceso se logra la eliminación de los contaminantes del agua residual mediante actividad biológica. Este tipo de tratamiento es aplicado cuando se requiere la eliminación de sustancias biodegradables que se encuentran disueltas y en suspensión en los líquidos a tratarse. Esta etapa de tratamiento es una de las más efectivas en la eliminación de nitrógeno amoniacal que se encuentra presente en el agua residual formada por líquidos propios y el licor mezclado.

### 2.22.3. ZAJÓN DE OXIDACIÓN

El objetivo principal es desarrollar un método de tratamiento de aguas con un costo sumamente bajo para poblaciones de entre 1000 a 6000 habitantes y caudales entre 1 l/s y 1.8 m<sup>3</sup>/s.

Este sistema es un proceso de lodos activos con aireación mecánica prolongada que utiliza un canal cerrado de dos curvas para aireación y mezcla. La parte más importante de este tipo de sistemas es la aireación y circulación del llamado licor mixto

o mezclado, mismo que se encarga de eliminar sustancias y residuos orgánicos, el amoníaco y nitrato presentes en el agua residual.

Una planta de tratamiento de aguas residuales tipo zajón de oxidación cuenta con un canal concéntrico, un sedimentador secundario, lecho para el secado de lodos, canales de aireación a 45° con una profundidad entre 1.2 a 1.8m o 3 a 3.6m, cuentan también con una velocidad mayor 0.30m/s para mantener el oxígeno disuelto y requerido, un sedimentador secundario con una profundidad entre 3 a 4.2 m, mientras que no cuenta con un proceso de sedimentación primaria.

Las principales ventajas del sistema de aguas residuales mediante zajón de oxidación son:

- 1) No existe sobrecarga debido a la constante descarga y desempeño.
- 2) Impacto de cargas contaminantes sumamente bajo, debido a la retención hidráulica.
- 3) Producción menor de lodos en comparación a otros sistemas biológicos.
- 4) Consumo eléctrico bastante bajo.

#### **2.22.4. SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

Estos sistemas son diseñados con la finalidad de eliminar la materia soluble y coloidal que se encuentran en el agua posterior a su tratamiento primario.

Existen cuatro tipos de sedimentación y son:

1. **Primaria:** Remueven materia sedimentable y flotante en las aguas sin tratamiento.
2. **Intermedia:** Remueve sólidos y materia biológica creciente formados en la primera etapa.
3. **Secundaria:** Elimina la biomasa y los sólidos suspendidos y disueltos producidos de los procesos de lodos activados y filtros actuantes en estos procesos.
4. **Terciarios:** En este tipo de sedimentadores se eliminan los sólidos suspendidos y precipitados químicamente dentro de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

### 2.22.5. TIPOS DE TANQUES DE SEDIMENTACIÓN

- **De flujo horizontal:** Son rectangulares. En el fondo poseen una inclinación hacia la tolva de entrada donde se realiza la extracción de lodos.
- **De flujo radial:** Son circulares. El fondo posee una inclinación hacia un pozo central, además que existe un flujo radial y ascensional con velocidad decreciente de entrada a salida producido por la diferencia de nivel de entrada y salida de agua.
- **De flujo ascensional:** De sección cuadrada o circular. Estos están constituidos de manera invertida en forma de pirámide, con el fondo dirigido a un pozo central, en donde el efluente ingresa por la parte central y debe fluir de manera descendiente con la finalidad que cambie de sentido radialmente y de manera ascendente hacia su vertedero de salida.

### 2.22.6. TRATAMIENTO DE LODOS

La totalidad de los lodos crudos posee un contenido muy bajo de sólidos que oscila entre el 1 y 6%, por lo que es sumamente importante agruparlos reduciendo la cantidad de agua presente en los mismos, al igual que la mayor cantidad posible de materia orgánica sea cual sea su procedencia.

Los lodos poseen características dependiendo su procedencia, edad y de su fuente original. La cantidad de estos es muy variada dependiendo principalmente de la concentración de las aguas residuales y del tratamiento usado en las plantas.

### 2.22.7. TIPOS DE LODOS

- **Primario:** Proveniente de la sedimentación de aguas residuales.
- **Secundario:** Proveniente del tratamiento biológico de aguas residuales.
- **Digeridos:** Provenientes de los dos anteriores, separados o mezclados.
- Provenientes de la coagulación y sedimentación de aguas.
- Provenientes de plantas de ablandamiento.
- Provenientes de desarenadores y rejillas.



## 2.22.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS

Los lodos producto de aguas residuales poseen gran cantidad de materia orgánica y su composición depende de su procedencia, edad y tratamiento previo que hayan tenido en la primera fase de tratamiento.

A continuación, se presenta las características más comunes de los lodos producidos en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Proceso	% Humedad del Lodo		Densidad Relativa	
	Intervalo	Típico	Sólidos	Lodo
Sedimentación primaria	88 - 96	95	1,4	1,02
Filtro percolador	91 - 95	93	1,5	1,025
Precipitación química	---	93	1,7	1,03
Lodos activados	90 - 93	92	1,3	1,005
Tanques sépticos	---	93	1,7	1,03
Tanques Imhoff	90 - 95	90	1,6	1,04
Aireación prolongada	88 - 92	90	1,3	1,015
Lodo primario digerido anaerobiamente	90 - 95	93	1,4	1,02
Laguna aireada	88 - 92	90	1,3	1,01
Lodo primario digerido aerobiamente	93 - 97	96	1,4	1,012

Tabla 3. Características comunes de lodos

Recuperado de, (NIETO, 2016)

<b>solidos o lodo</b>	<b>Descripción</b>
Solidos gruesos del cribado	Incluye material orgánico e inorgánico grueso retenido sobre la rejilla.
Arena y material del desarenador	Incluye arena y solidos pesados de sedimentación rápida, pueden contener materia orgánica, especialmente grasas.
Espuma y grasa	Incluye el material flotable desnatado, de la superficie de los tanques de sedimentación; pueden contener grasas y aceites, residuos de origen vegetal y mineral, en general materiales de densidad relativa menor de 1,0.
Lodo activado	De color carmelita y floculento. Si es oscuro puede ser séptico. Si el color es claro puede estar sub aireado y sedimentar lentamente. En buenas condiciones no tiene olor ofensivo y huele a tierra. Se vuelve séptico muy rápido. Digerible solo o combinado con lodo primario.

Tabla 4. Descripción de Lodos

Recuperado de: (NIETO, 2016)

## CAPITULO III: Proyección de la Población

Este término hace referencia al cálculo del crecimiento de una población determinada para un periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta los datos oficiales de los organismos encargados de proveer información real. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos se tiene:

AÑO	HABITANTES
2001	10541
2010	11885
2020	13378

Tabla 5. Población del Cantón Chambo

Recuperado de: (CENSOS, 2001, 2010)

Con estos datos es posible determinar la población futura utilizando el método aritmético y el método de crecimiento geométrico.

### 3.1. MÉTODO ARITMÉTICO

$$\text{Ecu \# 01} \quad P_{\text{añoX}} = P_u + r * (X_{\text{año}} - U_{\text{año}})$$

En donde:

$P_{\text{añoX}}$ : Población del año X.

$P_u$  : Población último censo.

$r$  : relación año-población.

$X_{\text{año}}$ : Año de diseño.

$U_{\text{año}}$ : Último año se censo.

Mediante la ecuación Ecu #01 se determinará el número de habitantes para el año 2060 mediante el método aritmético.

**Ecu # 02**

$$r = \frac{P_{\text{uaño}} - P_{\text{anterior}}}{U_{\text{año}} - A_{\text{año}}}$$

En donde:

$P_{\text{uaño}}$  : Población último año de registro.

$P_{\text{anterior}}$ : Población en penúltimo censo realizado.

$U_{\text{año}}$  : último año de censo.

$A_{\text{año}}$  : Penúltimo año de censo.

Con la ecuación Ecu # 02 de determina el número de habitantes adicionales para cierto periodo de tiempo.

**Ecu # 02**

$$r = \frac{13378 - 11885}{2020 - 2010}$$

$$r = 149.3 \text{ habitantes/año}$$

Remplazando se tiene:

$$\text{Ecu \# 01} \quad P_{2060} = 13378 + 149.3(2060 - 2020)$$

$$P_{2060} = 19350 \text{ habitantes}$$

### 3.2. MÉTODO GEOMÉTRICO

Uno de los métodos alternativos y de gran uso para estimar la población futura de dicha población. La estimación de la población por el método geométrico está representado por la siguiente ecuación:

**Ecu # 03**

$$P_{\text{añoX}} = P_{\text{última}} * (1+r)^{(X_{\text{año}} - A_{\text{último}})}$$

Que está dada por:

$P_{\text{añoX}}$ : Población al año X.

$P_{\text{última}}$ : Población última registrada.

$r$  : Relación de años.

$X_{\text{año}}$  : Año de diseño.

A<sub>último</sub>: Último año de censo.

En donde:

$$\text{Ecu \# 04} \quad r = \left( \frac{U_{\text{año}}}{A_{\text{año}}} \right)^{\frac{1}{10}} - 1$$

En donde:

U<sub>año</sub>: último año de censo.

A<sub>año</sub>: Penúltimo año de censo.

Remplazando tenemos:

$$r = \left( \frac{13378}{11885} \right)^{1/10} - 1$$

$$r = 0.0119$$

Ecuación con la cual se determinará la relación existente entre las dos últimas poblaciones registradas oficialmente.

Mediante la ecuación Ecu #03 se determinará el número de habitantes para el año 2060 mediante el método Geométrico.

$$\text{Ecu \# 03} \quad P_{2060} = 13378 * (1 + 0.0119)^{(2060 - 2020)}$$

$$P_{2060} = 21473 \text{ habitantes}$$

En nuestro caso después de haber realizado la proyección poblacional utilizando ambos métodos, tomaremos el valor de **21473 habitantes** obtenido por el método geométrico, al ser mayor que el valor obtenido por el método aritmético.

### 3.3. CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN POR SECTORES

SECTOR	#. HABITANTES	CONCENTRACIÓN	%
San Francisco de Chambo	383	MEDIA	3.22%
Guayllabamba	512	MEDIA	4.31%
Asactus	339	BAJA	2.85%
Quintus	132	BAJA	1.11%
Shugal	55	BAJA	0.46%
Catequilla	96	BAJA	0.81%
Rumicruz	113	BAJA	0.95%
Chambo	4459	ALTA	37.52%
Llio	39	BAJA	0.33%
Titaycun	298	BAJA	2.51%
Pantaño	275	BAJA	2.31%
San Pedro de Tunshi	113	BAJA	0.95%
Jesús del Gran Poder	703	MEDIA	5.92%
Quiñon	287	BAJA	2.41%
Tunshi San Miguel	135	BAJA	1.14%
Ulpan	409	MEDIA	3.44%
Julquis	143	BAJA	1.20%
El Vergel	216	BAJA	1.82%
San Miguel de Guaractus	155	BAJA	1.30%
Ainche La Magdalena	409	MEDIA	3.44%
Batan	240	BAJA	2.02%
Llucud	901	MEDIA	7.58%
Airon	422	MEDIA	3.55%
El Rosario	327	BAJA	2.75%
San Jorge	330	BAJA	2.78%
Santo Cristo	184	BAJA	1.55%
San Sebastian	210	BAJA	1.77%
<b>TOTAL</b>	<b>11885</b>		<b>100.00%</b>

Tabla 6. Población del Cantón Chambo por sectores año 2010

Recuperado de: (INEC, 2010)

Estos datos son en base al número de habitantes existentes hasta el año 2010, mientras que en el año 2020 se tendría de la siguiente población aproximada:

SECTOR	#. HABITANTES	CONCENTRACIÓN	%
Jesús del Gran Poder	791	MEDIA	5.92%

Tabla 7. Población calculada para el sector en estudio en el año 2020

Fuente: Propia

SECTOR	#. HABITANTES	CONCENTRACIÓN	%
Guayllabamba	925	MEDIA	4.31%
Asactus	612	BAJA	2.85%
Quintus	238	BAJA	1.11%
Shugal	99	BAJA	0.46%
Catequilla	173	BAJA	0.81%
Rumicruz	204	BAJA	0.95%
Chambo	8056	ALTA	37.52%
Llio	70	BAJA	0.33%
Titaycun	538	BAJA	2.51%
Pantaño	497	BAJA	2.31%
San Pedro de Tunshi	204	BAJA	0.95%
Jesús del Gran Poder	1270	MEDIA	5.92%
Quiñon	519	BAJA	2.41%
Tunshi San Miguel	244	BAJA	1.14%
Ulpán	739	MEDIA	3.44%
Julquis	258	BAJA	1.20%
El Vergel	390	BAJA	1.82%
San Miguel de Guaractus	280	BAJA	1.30%
Ainche La Magdalena	739	MEDIA	3.44%
Batan	434	BAJA	2.02%
Llucud	1628	MEDIA	7.58%
Airon	762	MEDIA	3.55%
El Rosario	591	BAJA	2.75%
San Jorge	596	BAJA	2.78%
Santo Cristo	332	BAJA	1.55%
San Sebastian	379	BAJA	1.77%
TOTAL	21473		100.00%

Tabla 8. Población calculada del canton Chambo para el año 2060

Fuente: Propia

## CAPITULO IV: Cálculos de la planta de Tratamiento

### 4.1. PERÍODO DE DISEÑO

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción, los proyectos de saneamiento de agua, deben ser diseñados para un periodo entre 30 a 40 años.

Periodo de diseño adoptado: 40 años

### 4.2. DOTACIÓN

Se tiene que la dotación de consumo doméstico per cápita por habitante/litros/día varía entre los 100 a 250 según el estrato social al que pertenezca dicha población.

CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONOMICA (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMISECADO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

*Tabla 9. Consumo domestico Per-Cápita*

*Recuperado de: (Normas Disposicion de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, 2005).*

En el caso del cantón Chambo la dotación será de 208 litros/dia/persona según el nuevo plan maestro de agua potable y alcantarillado.

### 4.3. ANALISIS DE CAUDALES

#### 4.3.1. CAUDAL MÁXIMO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES

La ecuación que se detalla a continuación se obtiene de acuerdo a la población, caudal medio y el coeficiente de mayoración.

$$\text{Ecu \# 05} \quad Q_{max} = PA \left( \frac{Q_{med} * M}{86400} \right)$$

En donde:

PA : Población aportante.

Qmed : Caudal medio de aguas servidas.

M : Coeficiente de mayoración.

#### 4.3.2. CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES

Se adopta parámetros referenciales de la EMAAP-Q tales como, el caudal medio de aguas residuales será el 70% de la dotación diaria de agua potable.

**Ecu # 06** 
$$Q_{med} = 0.7 * dotación$$

$$Q_{med} = 0.7 * 208$$

$$Q_{med} = 145.6 \text{ (l/hab/día)}$$

#### 4.3.3. COEFICIENTE DE MAYORACIÓN

La siguiente ecuación es dada por la EMAAP-Q

**Ecu # 07** 
$$M = \frac{2.228}{Q_{med}^{0.073325}}$$

En donde:

M : Coeficiente de mayoración.

Condición:  $M = 4$ , cuando  $Q_{med} < 4$  (l/s).

Rango de límites:  $1.5 \leq M \leq 4$ .

Qmed : Caudal medio diario de aguas residuales.

Reemplazando valores, se obtiene:

$$M = \frac{2.228}{145.6^{0.073325}}$$

$$M = 1.516$$



#### 4.3.4. CAUDAL DE DISEÑO

Es el caudal máximo con el cual la planta trabajaría al 100% sin llegar al punto de saturación, sin ningún inconveniente y está dado por la siguiente ecuación:

**Ecu # 08** 
$$Qd = Qmed * M * \#habitantes$$

En donde:

- Qd : Caudal de diseño.
- Qmed : Caudal medio.
- M : Coeficiente de mayoración.
- #habitantes: Número de habitantes.

Remplazando se obtiene como resultado:

$$Qd = 145.6 * 1.5 * 1270$$

$$Qd = 277368 \text{ (l/día)}$$

$$Qd = 277.368 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Qd = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.4. ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BARRIO JESÚS DEL GRAN PODER

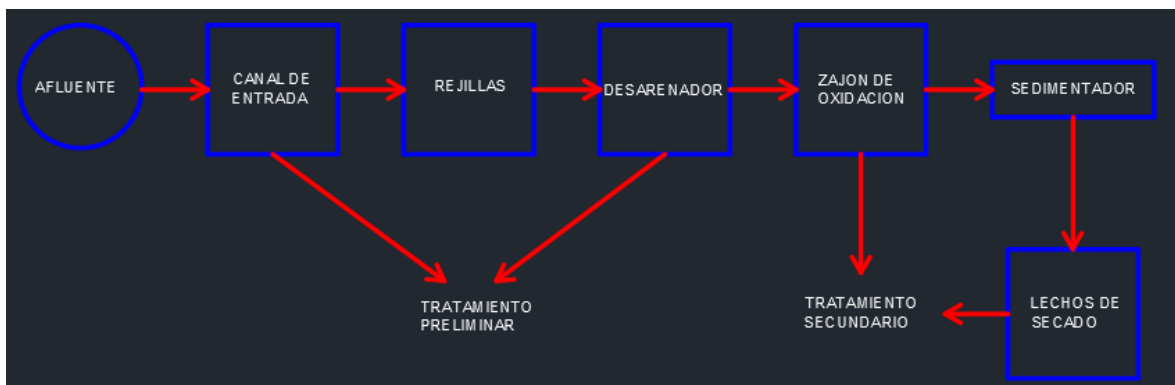


Ilustración 8. Esquema de Funcionamiento

Recuperado de: (NIETO, 2016)

#### 4.5. DISEÑO HIDRAULICO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO

$$Q_{dia} = 208 \text{ l/día/persona}$$

Este valor es tomado según datos obtenidos del nuevo plan maestro de agua potable y alcantarillado.

**Ecu # 09** 
$$Q = Q_{día} * N$$

En donde:

N : número de habitantes.

Q : Caudal.

$Q_{día}$ : Caudal diario.

Reemplazando se obtiene:

$$N = 1270 \text{ Personas}$$

$$Q = 1270 * 208$$

$$Q = 264160 \text{ l/día} \quad Q = 264.16 \text{ m}^3/\text{día}$$

Una vez determinado el caudal/día se debe determinar el volumen necesario para almacenar dicho caudal, mismo que está dado por la siguiente ecuación.

**Ecu # 10** 
$$V_{s1} = 1125 + 0.75 * Q$$

En donde:

Q : Caudal.

$V_s$ : Volumen del sedimentador.

Reemplazando se obtiene:

$$V_{s1} = 1125 + 0.75 * 264160$$

$$V_{s1} = 199.245 \text{ m}^3 \text{ volumen del séptico.}$$

#### 4.5.1. VOLUMEN ÚTIL DEL SEDIMENTADOR

**Ecu # 11** 
$$V_{s2} = 1.3 \cdot N \cdot (q \cdot T + 100 \cdot q_s)$$

En donde:

q : Dotación de 0.8 Qdía. q = 166.4 l/d/persona.

T : Tiempo de retención, varía entre 0.5 a 1 día. T = 0.7 día.

qs :Dotación de sólidos. qs = 1.2 l/día/persona.

$$V_{s2} = 1.3 \cdot 1270 \cdot (166.4 \cdot 0.7 + 100 \cdot 1.2)$$

$$V_{s2} = 390.43 \text{ m}^3$$

Con los valores obtenidos se procede al cálculo del área de la planta. Para dicho proceso se asume un valor inicial para su altura hidráulica, siendo esta la siguiente:

**Ecu # 12** 
$$A_{\text{planta}} = V_{s2} / H_1$$

En donde:

$A_{\text{planta}}$  : Area de la planta.

$V_s$  : Volumen del sedimentador séptico

$H_1$  : Altura Hidraulica.

Reemplazando se obtiene:

Altura hidráulica  $H_1 = 2.0 \text{ m}$  (valor asumido)

$$A_{\text{planta}} = 390.43/2$$

$$A_{\text{planta}} = 195.215 \text{ m}^2$$

Área 1

**Ecu # 13** 
$$A_1 = L \cdot B$$

En donde:

$A_1$  : Área 1.

$L$  : Longitud.

$B$  : Ancho

Considerando la relación  $2 \leq L/B = k_1 \geq 4$ , asumimos  $k_1 = 2$

**Ecu # 14**

$$B = \sqrt{\frac{A_1}{k_1}}$$

En donde:

$A_1$  : Área 1

$k_1$  : Factor asumido

Reemplazando se obtiene:

$$B = \sqrt{\frac{195.215}{2}}$$

$$\mathbf{B = 9.88 \text{ m}}$$

Despejando se tiene:

$$L = \frac{A_1}{B}$$

En donde:

$L$  : Longitud

$A_1$  : Área 1

$B$  : Base

Reemplazando se obtiene:

$$L = \frac{195.215}{9.88}$$

$$\mathbf{L = 19.76 \text{ m}}$$

En este tipo de planta, el sedimentador primario se divide en dos, una de las cámaras será para la decantación de sólidos, mientras que la otra servirá para digestión de los mismos.

Estas cámaras poseen la siguiente relación:

$$\text{Ecu \# 15} \quad L_1 = (2/3) * L \quad L_2 = L - L_1$$

En donde:

$L_1$  : Longitud 1

$L$  : Longitud

Reemplazando se obtiene:

$$L_1 = \left(\frac{2}{3}\right) * L$$

$$L_1 = 13.17 \text{ m}$$

$$L_2 = 19.76 - 13.17$$

$$L_2 = 6.59 \text{ m}$$

#### Dimensiones del desarenador primario

Decantación de sólidos

$$L_1 = 13.17 \text{ m}$$

$$B = 9.88 \text{ m}$$

Cámara de digestión

$$L_2 = 6.59 \text{ m}$$

$$H_1 = 2.00 \text{ m}$$

#### 4.5.2. DISEÑO DEL FILTRO ANAERÓBICO

Este filtro está diseñado en función con el número de habitantes, el caudal litros/día/persona y un coeficiente T.

Volumen del filtro  $V_f$

$$\text{Ecu \# 16} \quad V_f = 1.6 * N * q * T$$

En donde:

$V_f$  : Volumen del filtro.

N : Número de habitantes.

q : Caudal l/habitante.

T : Factor de reducción.

Reemplazando se obtiene:

$$V_f = 1.6 * 1270 * 166.4 * 0.7$$

$$V_f = 236.68 \text{ m}^3$$

### **Altura hidráulica 3**

Debe ser menor a la del primer paso y esta expresado en la siguiente expresión:

$$\text{Ecu \# 17} \quad H_3 = H_1 - 0.20$$

En donde:

$H_3$  : Altura hidráulica 3.

$H_1$  : Altura hidráulica 1

Reemplazando se obtiene:

$$H_3 = 2.00 - 0.20$$

$$H_3 = 1.80 \text{ m}$$

Una vez asumidos dichos valores se debe calcular el área necesaria para la piscina correspondiente para el secado de lodos.

Entonces el área de la planta sería:

$$\text{Ecu \# 18} \quad A_2 = L_3 * B$$

En donde:

$A_2$  : Área 2.

$L_3$  : Longitud 3.

B : Base

Reemplazando se obtiene:

$$L_3 = L_1 - 0.06$$

$$L_3 = 13.17 - 0.06$$

$$L_3 = 13.11 \text{ m}$$

#### **Dimensiones del filtro Secado de lodos**

$$L_3 = 13.11 \text{ m}$$

$$B = 9.88 \text{ m}$$

$$H_3 = 1.80 \text{ m}$$

### **4.6. MATERIAL GRANULAR PARA CAMAS DE FILTRADO**

Para la realización de este trabajo, se utilizarán tres diferentes camas granulares de filtrado distribuidas de la siguiente manera.

- 1) De espesor 0.6 m con grava de tamaño de 2 in a 3 in.
- 2) Segunda cama con un espesor de 0.5 m con grava de tamaño 1/2 a 1.0 in.
- 3) La ultima cama tendrá un espesor únicamente de 0.3 m y se usará grava con un tamaño entre ¼ a 3/8 in.

### **4.7. DIMENSIONES PLANTA DE TRATAMIENTO**

Altura espacio de aire 1ra cámara	$h_1 = 0.5 \text{ m}$
Altura espacio de aire 2da y 3ra cámara	$h_2 = 0.5 \text{ m}$
Ancho hidráulico	$B = 9.88 \text{ m}$
Longitud hidráulica 1ra cámara de decantación	$L_1 = 13.17 \text{ m}$
Longitud hidráulica 2da cámara para digestión	$L_2 = 6.59 \text{ m}$
Longitud hidráulica 1ra cámara para filtración	$L_3 = 13.11 \text{ m}$
Altura hidráulica para cámara de decantación	$H_1 = 2.00 \text{ m}$

Altura hidráulica para cámara de digestión

$$H_2 = 1.80 \text{ m}$$

Altura hidráulica para cámara de filtración

$$H_3 = 1.80 \text{ m}$$

Espesor de muro

$$t = 0.25 \text{ m}$$

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3 + 4*t$$

$$L_t = 33.37 \text{ m}$$

$$B_t = B + 2*t$$

$$B_t = 10.18 \text{ m}$$

$$H_{t_1} = H_1 + h_1$$

$$H_{t_1} = 2.50 \text{ m}$$

$$H_{t_2} = H_1 + h_2$$

$$H_{t_2} = 2.50 \text{ m}$$

$$H_{t_1} = H_2 + h_2$$

$$H_{t_3} = 2.30 \text{ m}$$





## 4.9. DISEÑO DEL MURO

### 4.9.1. DATOS

DATOS		
Y	1.70	T/m3
$\phi$	30.00	
y hormigon	2.40	T/m3
f'c	240.00	kg/cm2
fy	4200.00	kg/cm2
$\rho$ temp	0.0003	
u adm suelo	170000.00	t/m2
u adm	8.21	kg/cm2
ka	0.33	
u	0.58	

Ilustración 10. Datos para el diseño del muro

Fuente: Propia

Estos datos son:

Y : Peso específico del suelo.

$\Phi$  : Ángulo de fricción del suelo.

y hormigón : Peso específico del hormigón.

f'c : Resistencia del hormigón.

fy : Fluencia del acero.

u adm suelo: Peso admisible del suelo.

p temp : influencia por temperatura.

Estos datos son tomados del nuevo plan maestro de agua potable y alcantarillado del cantón Chambo.

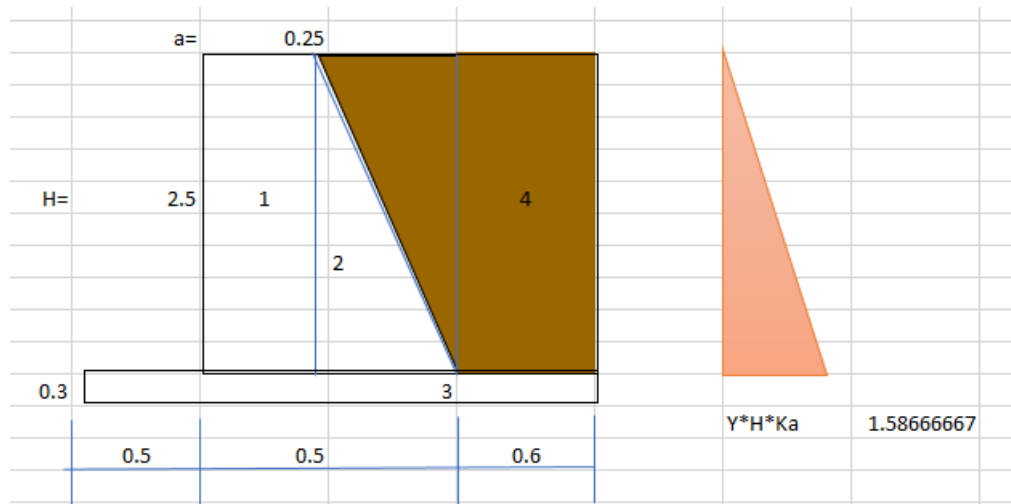


Ilustración 11. Esquema de los empujes actuantes del muro

Fuente: Propia

El empuje del suelo está dado en función del peso específico del suelo, altura del muro y del coeficiente de empuje activo.

Figura	Área	Y	W	Brazo	M
1	0.625	2.4	1.5000	0.6250	0.9375
2	0.313	2.4	0.7500	0.8333	0.625
3	0.480	2.4	1.1520	0.8000	0.9216
4	1.5	1.7	2.5500	1.3000	3.315
5	0.3125	1.7	0.5313	0.9167	0.48697917
		$\Sigma$	<b>6.48</b>	$\Sigma$	<b>6.29</b>

Tabla 10. Calculo de fuerzas Actuantes sobre el muro

Fuente: Propia

#### 4.9.2. ANÁLISIS A DESLIZAMIENTO

DESLIZAMIENTO			
$\Sigma fa$	2.22	T	
$\Sigma fp$	3.74	T	
$F_s$	1.69	$\geq 1.5$	<b>OK</b>

Ilustración 12. Cálculo del factor de seguridad al deslizamiento

Fuente: Propia

#### 4.9.3 ANÁLISIS A VOLCAMIENTO

VOLCAMIENTO			
$\Sigma Ma$	2.22	T	
$\Sigma Mp$	6.28	T	
$F_v$	2.83	$\geq 2$	<b>OK</b>

Ilustración 13. Cálculo del factor de seguridad al volcamiento

Fuente: Propia

#### 4.9.4. ANÁLISIS SEGÚN LA CAPACIDAD DEL SUELO

REACCION SUELO			
e	0.17		
q1	6.68	T/m	<b>OK</b>
q2	1.42	T/m	<b>OK</b>

Ilustración 14. Análisis de la capacidad del suelo

Fuente: Propia

#### 4.9.5. DISEÑO DEL DEDO

DISEÑO DEDO			
qx	5.038	T/m	
d	22.500	cm	
Cortante			
V	3.516	T	
Vu	5.274	T	
u real corte	3.125	kg/cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>
u adm corte	8.211	kg/cm <sup>2</sup>	
Flexion			
p min	0.003333333		
As dedo	7.50	cm <sup>2</sup>	
As dist dedo	3.750	cm <sup>3</sup>	

Ilustración 15. Diseño del dedo

Fuente: Propia

#### 4.9.6. DISEÑO DEL TALÓN

DISEÑO TALÓN			
d	17.5	cm	
qx	3.39469482	T/m	
q2	1.42268555	T/m	
q suelo	4.25	T/m	
q xr	0.85530518	T/m	
q2r	2.82731445	T/m	
Cortante			
V	1.18	T	
Vu	1.77	T	
u real corte	1.352	kg/m <sup>2</sup>	OK
u adm corte	8.211	kg/cm <sup>2</sup>	
Flexion			
p esc	0.00333333		
As talon	5.83	cm <sup>2</sup>	
As dist	2.917	cm <sup>2</sup>	

Ilustración 16. Diseño del Talón

Fuente: Propia

#### 4.9.7. DISEÑO DE LA PANTALLA

DISEÑO PANTALLA			
d=	30	cm	
Cortante E1			
V	1.77	T	
Vu	2.66	T	
v real corte	1.181	T/m <sup>2</sup>	<b>OK</b>
v adm corte	8.211	kg/cm <sup>2</sup>	
Flexion			
p esc	0.00333333		
As pantalla	10.00	cm <sup>2</sup>	
As dist pantalla	5.000	cm <sup>2</sup>	

Ilustración 17. Diseño de la pantalla

Fuente: Propia

#### 4.9.8. DETALLE ARMADO DEL MURO

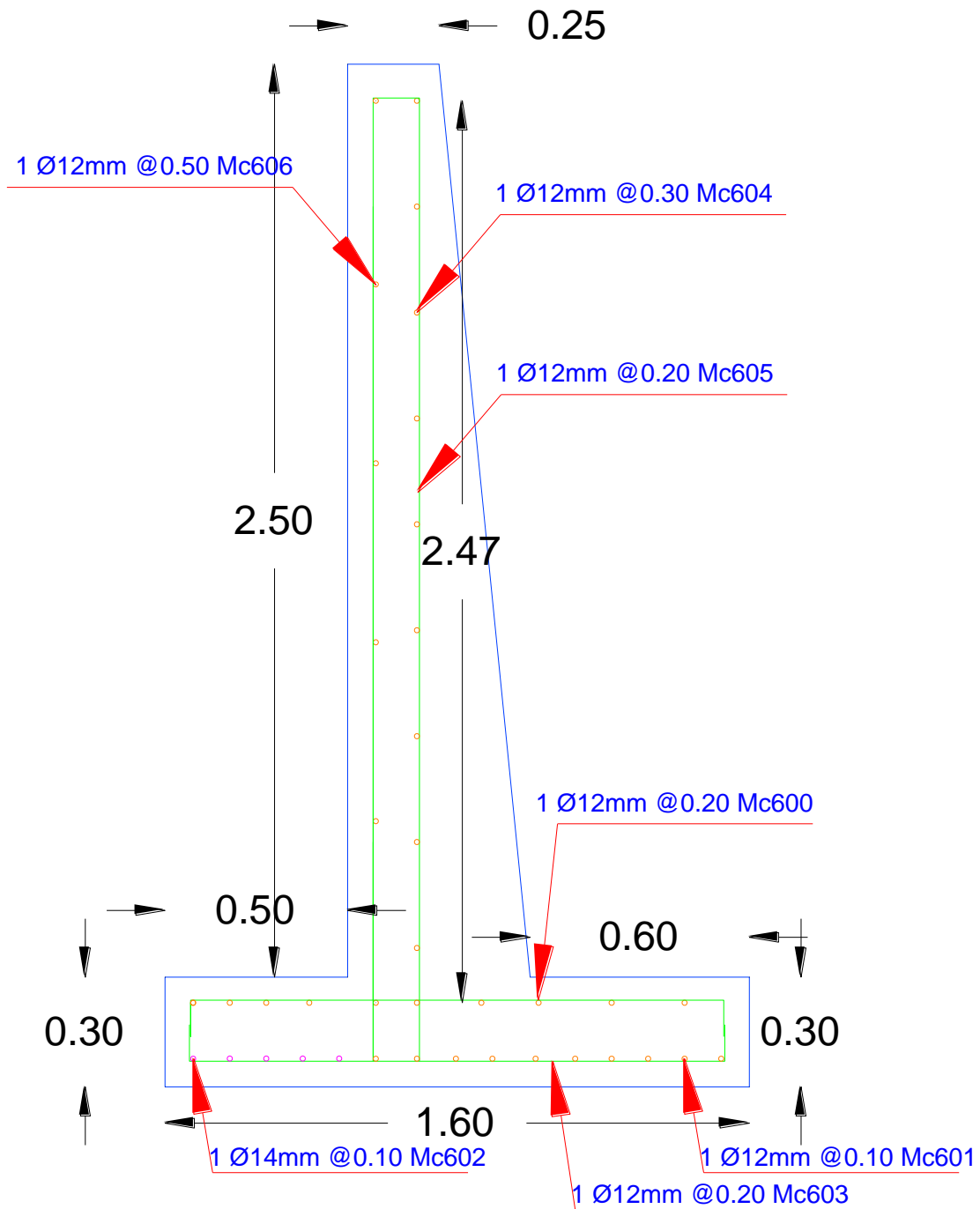


Ilustración 18. Armado del Muro

Fuente: Propia



## CAPITULO V

### 5. PLAN OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- 1) Realizar la limpieza de cada una de las cámaras una vez terminada la construcción de la planta.
- 2) Verificar que no existan fisuras en los muros.
- 3) Verificar que esté completa y limpia la rejilla.
- 4) Abrir el paso de las válvulas y compuertas para que se realice el llenado de cada una de las cámaras y ambientes de la planta.
- 5) Al llenarse las piscinas se deben tomar muestras de las aguas en la piscina de maduración para el control del DBO y DQO. Dicho proceso se realizará cada 15 días para garantizar el correcto tratamiento de las mismas.
- 6) Verificar que el caudal de salida sea similar al caudal de entrada, con una variación máxima de  $\pm$  el 10%.
- 7) Retirar las natas que se producirán en las piscinas facultativas, en el desarenador y colocarlas en la piscina de secado de lodos.
- 8) Verificar el paso adecuado de los lodos desde el desarenador hacia la piscina de secado.
- 9) Limpiar diariamente la rejilla del cribador de entrada para evitar que el agua residual sufra desbordamientos por obstrucción en su entrada.
- 10) Limpiar los lodos de la piscina de secado de los mismos cada 10 días con el uso de palas, carretillas. Cuando la planta esté trabajando al 50% se recomienda el uso de maquinaria como bobcat y volquete para su limpieza.
- 11) Revisar el sistema desde la entrada hasta la salida al efluente.

## 5.1. MANTENIMIENTO

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	NECESIDAD
1	Revisar el estado de la tubería en la entrada y cada ambiente del sistema.	Diario	Operador
2	Retirar los sólidos que se encuentren obstruyendo a lo largo del sistema.	Diario	Herramienta menor y operador.

Tabla 11: Tubería de distribución

Recuperado de (QUINTERO, 2012)

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	NECESIDAD
1	Inspección de rejillas para verificar su estado.	Cada 12 horas	Operador
2	Retirar solidos encontrados en la rejilla.	Cada 12 horas.	Herramienta menor, operador.

Tabla 12: Mantenimiento manual de rejillas

Recuperado de: (QUINTERO, 2012)

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	NECESIDAD
1	Inspección visual del estado, nivel de agua y funcionamiento.	Cada 12 horas	Operador
2	Verificación el flujo gradual de los sólidos hacia su respectiva piscina.	Cada 12 horas.	Operador

Tabla 13: Mantenimiento de desarenador

Recuperado de: (QUINTERO, 2012)

<b>N°</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>NECESIDAD</b>
1	Inspección visual de niveles de agua para evitar derramamientos.	Diario	Operador
2	Retiro de espumas y natas.	Diario	Herramienta menor, operador
3	Verificar el DBO y el DBO de sus tres compartimientos.	Cada 15 días	Operador, laboratorista

**Tabla 14: Mantenimiento de laguna facultativa**

Recuperado de: (QUINTERO, 2012)

<b>N°</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>NECESIDAD</b>
1	Inspección visual y control de humedad de las lagunas de secado de lodos.	Diario	Operador
2	Colocar cal a lo largo de toda la piscina de secado.	3 veces al día.	Herramienta menor, operador
3	Retiro de material sólido	Cada 24 horas	Herramienta menor, operador

**Tabla 15: Mantenimiento laguna de secado de lodos**

Recuperado de: (QUINTERO, 2012)

## CAPITULO VI

### 6.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo al estudio e investigación realizada de los diferentes tipos de plantas de tratamiento, al número de habitantes y al funcionamiento de la misma. se determinó como la más idónea para el barrio Jesús del Gran Poder del cantón Chambo, provincia de Chimborazo, a la Planta de Tratamiento de aguas Residuales (PTAR) de tipo zajón la cual trabaja mediante lodos activos y el sistema de grabas.
- La planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Jesús del Gran Poder del cantón Chambo, provincia de Chimborazo es de tipo doméstico debido a que los habitantes del sector realizan actividades artesanales y agrícolas, evitando así la presencia de contaminantes adicionales en la descarga de las aguas residuales.
- Debido a la relación entre el DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), el DQO (Demanda química de oxígeno) y el PH se determinó que el sistema de tratamiento de la planta es de tipo biológico que permita la eliminación total de la materia orgánica carbonácea.
- La planta de tratamiento diseñada tendrá un correcto desarrollo de la actividad bacteriana debido a la temperatura que se producirá dentro de cada una de las diferentes lagunas de la planta, especialmente en la laguna de maduración.
- Utilizando el método de proyección Geométrico se determinó la proyección de la población futura para el año 2060 del cantón Chambo, obteniendo como resultado un total de 21473 habitantes, con la distribución por sectores, de 1270 habitantes (población media) que equivale al 5.92% de la población existente en el cantón.

- El tipo de residuos sólidos, procedentes del tratamiento previo producido en la planta, son bastante adecuados para su utilización como material de relleno, y de uso agropecuario, todo esto después de su secado y proceso de estabilización. Mientras que los líquidos resultantes no son aptos para uso humano, pero si para producción agrícola y ganadera.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- 1) Se recomienda contratar personal fijo para el cuidado y operación de la planta para evitar así futuros daños.
- 2) Proporcionar el manual de operación y mantenimiento al personal encargado del funcionamiento de la planta de tratamiento.
- 3) Evitar el uso inadecuado de maquinaria pesada e innecesaria para el mantenimiento y limpieza de la planta.
- 4) Realizar un ensayo de turbiedad por nefelometría todos los días en el laboratorio para verificar la pureza y grado de transparencia del agua resultante.
- 5) Controlar diariamente el caudal de ingreso y salida de la planta para evitar el colapso de la misma por saturación.

## BIBLIOGRAFÍA

- (2005). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. QUITO.
- BELZONA. (2015). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. MEDELLIN.
- CAPELO SEGOVIA, C. R. (2021). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Jesús del Gran Poder del cantón Chambo, provincia de Chimborazo para un periodo de retorno de 30 años*. CHAMBO.
- Censos, I. (2010). CHAMBO.
- CENSOS, I. N. (2001, 2010). *CENSO POBLACIONAL*.
- Freithas, P. (2019, 08 23). Aguas residuales. Panamá, Panamá, Panamá.
- GADM-CCH. (2017). *PLAN MAESTRO AGUA POTABLE Y ALCANTERILLADO*. CHAMBO.
- GrupAAC. (2018). *Planta de tratamiento*. Bogotá.
- IAGUA. (n.d.). *QUE ES EL AGUA*. Retrieved from IAGUA: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>
- INC, B. (2010). BELZONA.
- NIETO, L. G. (2016). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA*. BOGOTA D.C.
- PATRICIA, A. G. (2015). *ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO DE LA PIROLISIS DE BIOSOLIDOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL SALITRE*. CALI.
- QUINTERO, J. A. (2012). *MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. VALLEDUPAR.
- Sánchez, C. (2020, 01 29). *Agua Dulce*.
- SAS, I. (2014). *MANUAL DE OPERACION, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. MEDELLIN.
- Tech, R. (2008). *Cribado de aguas residuales*.
- Valdiviezo, A. (2007, 04 28). *Lodos*.