



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE  
NIZAG EN EL CANTÓN ALAUSÍ”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERA QUÍMICA**

**JESSICA ESTHER FREIRE BAUTISTA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

## **AGRADECIMIENTO**

- ✓ *Iniciando mi agradecimiento a Dios y a la Virgen Santísima de Agua Santa por darme sabiduría para alcanzar cada una de mis metas y valor suficiente para levantarme de diversas caídas que se presentan en la vida.*
  
- ✓ *A mis padres y hermanos quienes con su amor han sabido inculcarme buenos valores para ser una mujer de bien y me han dado siempre la fortaleza para no derrumbarme jamás.*
  
- ✓ *A mi director de tesis Ing. Mario Villacrés y al miembro del tribunal Ing. Marco Chuiza quienes con su experiencia y conocimientos han sabido guiarme en este tema de investigación.*
  
- ✓ *A mis amigos con quienes hemos compartido tantas cosas a lo largo de esta trayectoria estudiantil, son recuerdos que jamás desaparecerán de mi mente.*
  
- ✓ *Al Municipio del Cantón Alausí, en especial al área de Obras Públicas por auspiciarme con el tema de investigación.*

**JESSICA**

## **DEDICATORIA**

*Con infinita gratitud y felicidad dedico este trabajo de investigación a toda mi familia, en especial a mis Padres: Efraín quien es el sustento del hogar y Rosita por su apoyo incondicional, a mis hermanos Cristian y Alex por estar siempre a mi lado, ya que son ustedes la fuente de motivación más grande que tengo para superarme día a día.*

**JESSICA**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “ **DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE NIZAG EN EL CANTÓN ALAUSÍ**” de responsabilidad de la señorita Jessica Esther Freire Bautista ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Silvio Álvarez		
<b>DECANO FAC. CIENCIAS</b>	-----	-----
Ing. Mario Villacrés		
<b>DIRECTOR DE ESCUELA</b>	-----	-----
Ing. Mario Villacrés		
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	-----	-----
Ing. Marco Chuiza		
<b>MIEMBRO - TRIBUNAL</b>	-----	-----
Tec. Carlos Rodríguez		
<b>DIRECTOR CENTRO</b>	-----	-----
<b>DE DOCUMENTACIÓN</b>		

*Yo, JESSICA ESTHER FREIRE BAUTISTA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*

---

**JESSICA ESTHER FREIRE BAUTISTA**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

$\emptyset$	Ángulo de inclinación de rejillas
$A_l$	Área libre
A	Ancho de las barras
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
$C_D$	Coefficiente de resistencia
$\text{DBO}_5$	Demanda Bioquímica de Oxígeno (cinco días)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
D	Dotación
E	Espesor entre barras
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
G	Aceleración de la gravedad
h	Tirante del agua
hab	Habitantes
H	Altura del canal
$H_f$	Pérdidas hidráulicas

$H_s$	Altura de seguridad
HCl	Ácido clorhídrico
$i$	Tasa de crecimiento
L	Litros
Lb	Longitud entre barras
m	Metros
ml	Mililitros
mg/L	Miligramos por litro
n	Periodo estimado de diseño
N	Nitrógeno
OD	Oxígeno disuelto
P	Fósforo
Pa	Población actual
Pe	Población del CENSO
P <sub>f</sub>	Población futura
P <sub>I</sub>	Población institucional

pH	Potencial Hidrógeno
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
Q	Caudal
Q <sub>max</sub>	Caudal máximo
Q <sub>medio</sub>	Caudal medio
Q <sub>min.</sub>	Caudal mínimo
Q <sub>Diseño</sub>	Caudal de diseño
S	Espesor entre barras
SS	Sólidos Suspendidos
ST	Sólidos totales
SST	Sólidos Totales Suspendidos
T	Temperatura
TRH	Tiempo de Retención Hidráulico
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
V <sub>a</sub>	Velocidad aproximada
V	Velocidad mínima

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

**CARÁTULA**

**AGRADECIMIENTO**

**DEDICATORIA**

**HOJA DE FIRMAS**

**HOJA DE RESPONSABILIDADES**

**RESUMEN ..... i**

**SUMARY ..... ii**

**INTRODUCCIÓN ..... iii**

**ANTECEDENTES ..... v**

**JUSTIFICACIÓN ..... vi**

**OBJETIVOS ..... viii**

**1. MARCO TEÓRICO ..... 1**

1.1 AGUAS RESIDUALES ..... 1

1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES ..... 1

1.3 LORES GENERADOS POR LAS AGUAS RESIDUALES ..... 3

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES ..... 4

1.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ..... 5

1.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ..... 8

1.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ..... 20

1.5.1 CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA QUE SE CONSIDERAN EN  
EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ..... 20

1.5.2 TIPOS DE TRATAMIENTO ..... 22

1.6 CAUDAL DE DISEÑO.....	27
1.7 SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN PEQUEÑAS POBLACIONES.....	31
1.7.1 CRIBADO (REJILLAS).....	31
1.7.2 TANQUES DE IGUALACIÓN DEL CAUDAL.....	37
1.7.3 SEDIMENTACIÓN.....	42
1.7.4 DESINFECCIÓN.....	50
1.8 NORMATIVA AMBIENTAL .....	55
1.8.1 NORMAS DE DESCARGA DE EFLUENTES A UN CUERPO DE AGUA O RECEPTOR: AGUA DULCE .....	55
1.9 PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL.....	57
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>62</b>
<b>2.1 MUESTREO.....</b>	<b>62</b>
2.1.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
2.1.2 TIPO DE MUESTREO.....	62
2.1.3 PLAN DE MUESTREO .....	63
2.1.4 MATERIALES DE MUESTREO .....	63
2.1.5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	64
2.2 METODOLOGÍA .....	65
2.2.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....	65
2.2.2 METODOLOGÍA DE LA TOMA DE MUESTRAS.....	65
2.2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	66
2.3 DATOS EXPERIMENTALES .....	84
2.3.1 DIAGNÓSTICO .....	84
2.3.2 DATOS .....	87
<b>3. DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA COMUNIDAD DE NIZAG EN EL CANTÓN ALAUSÍ. 101</b>	
3.1 CÁLCULOS.....	101
3.1.1 PROYECCIÓN DE HABITANTES .....	101
3.1.2 CAUDAL DE DISEÑO .....	102

3.1.3	DISEÑO DE REJILLAS .....	104
3.1.4	DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALACIÓN .....	106
3.1.5	DISEÑO DEL SEDIMENTADOR .....	109
3.1.6	DISEÑO DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN .....	114
3.2	RESULTADOS.....	116
3.2.1	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL .....	116
3.2.2	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRATABILIDAD .....	119
3.2.3	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.....	124
3.2.4	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DENTRO DE LA NORMA.....	126
3.2.5	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO PLANTEADO.....	127
3.3	PROPUESTA.....	131
3.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	135
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	138
4.2	RECOMENDACIONES .....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1                    Constitución del agua residual doméstica
- Fig. 2                    Sistema de tratamiento primario típico
- Fig. 3                    Sistema de tratamiento secundario
- Fig. 4                    Disposición de las rejillas de limpieza manual
- Fig. 5                    Flujo para la igualación de caudal
- Fig. 6                    Hidrograma típico de la generación de aguas residuales  
domésticas
- Fig. 7                    Curva masa de un hidrograma
- Fig. 8                    Instalación típica de hipocloración

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Constituyentes típicos del agua Residual
TABLA 2	Clasificación general de los microorganismos
TABLA 3	Agentes potencialmente infecciosos presentes en el agua residual doméstica no tratada
TABLA 4	Contaminantes presentes en aguas residuales
TABLA 5	Objetivos de los procesos de Pre- Tratamiento
TABLA 6	Población institucional en el área de estudio
TABLA 7	Parámetros para la población actual
TABLA 8	Medidas típicas del canal de rejillas de un Sistema de Limpieza manual
TABLA 9	Parámetros para el dimensionamiento de rejillas
TABLA 10	Parámetros recomendados para el diseño de un tanque de igualación
TABLA 11	Estándares de diseño de Sedimentadores primarios
TABLA 12	Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones
TABLA 13	Valores de las constantes empíricas

TABLA 14	Parámetros de diseño de Paletas
TABLA 15	Valores de $C_D$
TABLA 16	Parámetros de dosificación de Hipoclorito para aguas residuales
TABLA 17	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce
TABLA 18	Parámetros de análisis del agua residual doméstica según la normativa vigente (TULAS)
TABLA 19	Examen físico
TABLA 20	Análisis Físico Químico
TABLA 21	Análisis Microbiológico
TABLA 22	Medición del caudal del día lunes
TABLA 23	Medición del caudal del día martes
TABLA 24	Medición del caudal del día miércoles
TABLA 25	Medición del caudal del día jueves
TABLA 26	Medición del caudal del día viernes
TABLA 27	Medición del caudal del día sábado
TABLA 28	Medición del caudal del día domingo

TABLA 29	Medición de la temperatura
TABLA 30	Límites permisibles fuera de norma
TABLA 31	Datos para un Hidrograma representativo del volumen horario
TABLA 32	Datos para una curva masa correspondiente al Hidrograma
TABLA 33	Resultado diario de la medición del caudal
TABLA 34	Disminución de la turbiedad
TABLA 35	Variación del pH
TABLA 36	Variación de la conductividad
TABLA 37	Variación de los STD
TABLA 38	Tiempo de Sedimentación
TABLA 39	Examen Físico final
TABLA 40	Análisis Microbiológico final
TABLA 41	Análisis Físico Químico final
TABLA 42	Cumplimiento de parámetros de análisis
TABLA 43	Resultados del caudal de diseño

TABLA 44                      Resultados del dimensionamiento de rejillas

TABLA 45                      Resultados del dimensionamiento del sedimentador

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Variación horaria del caudal del día lunes
Gráfico 2	Variación horaria del caudal del día martes
Gráfico 3	Variación horaria del caudal del día miércoles
Gráfico 4	Variación horaria del caudal del día jueves
Gráfico 5	Variación horaria del caudal del día viernes
Gráfico 6	Variación horaria del caudal del día sábado
Gráfico 7	Variación horaria del caudal del día domingo
Gráfico 8	Cálculo del volumen horario
Gráfico 9	Curva masa o diagrama de Rippl
Gráfico 10	Disminución de la Turbiedad
Gráfico 11	Variación del pH
Gráfico 12	Variación de la Conductividad
Gráfico 13	Variación de los STD
Gráfico 14	Disminución de la DBO
Gráfico 15	Disminución de los Sólidos Suspendidos

Gráfico 16                    Disminución de los Sólidos Sedimentables

Gráfico 17                    Disminución de los Coliformes Fecales

Gráfico 18                    Tiempo de Sedimentación

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Medición del caudal
ANEXO B	Toma de muestras del agua residual
ANEXO C	Pruebas de tratabilidad
ANEXO D	Resultado del análisis físico químico inicial 1
ANEXO E	Resultado del análisis microbiológico inicial 1
ANEXO F	Resultado del análisis físico químico inicial 2
ANEXO G	Resultado del análisis microbiológico inicial 2
ANEXO H	Resultado del análisis físico químico final
ANEXO I	Resultado del análisis físico químico y microbiológico final
ANEXO J	Comparación de resultados de la caracterización del agua residual
ANEXO K	Costos del Sistema de Tratamiento planteado
ANEXO L	Costos del Sistema de Tratamiento planteado 2
ANEXO M	Sistema de tratamiento de aguas residuales planteado

## RESUMEN

Se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas para la Comunidad de Nizag con el fin evitar la contaminación del Río Guasuntos.

Para desarrollar esta investigación se aplicó el método experimental utilizando muestreo de aguas compuestas para su caracterización. Los análisis del agua residual determinaron que los coliformes fecales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y la DBO son las variables de análisis para el diseño del sistema de tratamiento ya que se encuentran fuera de la normativa vigente del país.

Para eliminar la mayor cantidad de contaminantes se dimensionó el Sistema de Tratamiento proyectado a 20 años para una población de 884 hab y a un caudal de diseño de  $134,33 \text{ m}^3/\text{d}$ , teniendo como operaciones: un sistema de rejillas de limpieza manual para la retención de sólidos gruesos, un tanque de igualación de 150 L para obtener un caudal constante, un sedimentador de  $5,60 \text{ m}^2$  con la finalidad de reducir la presencia de sólidos suspendidos en un 52% y obtener una remoción de la DBO en un 34%, y un tanque de desinfección de  $3 \text{ m}^3$  logrando una reducción del 99,9% de vida microbiana.

El sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas diseñado tendrá una eficiencia del 98% y un rendimiento del 95%, lo que garantizará la no contaminación del Río Guasuntos.

## SUMMARY

Was made to design a treatment system for domestic wastewater Community Nizag order to avoid contamination Guasuntos River.

To develop this research experimental method was applied using composite water sampling for characterization. Wastewater analyzes determined that fecal coliform, suspended solids, settleable solids and BOD are the analysis variables for the design of the treatment system and which are outside the current regulations of the country.

To remove more pollutants sizing your projected Treatment System to 20 years for a population of 884 inhabitants and a design flow of 134.33 m<sup>3</sup> / d, with the operations: a grid system of manual cleaning for retention coarse solids, equalization tank 150 L to obtain a constant flow rate, a sedimentation of 5.60 m<sup>2</sup> in order to reduce the presence of suspended solids in 52% and obtain a BOD removal by 34%, and disinfection tank 3 m<sup>3</sup> achieving a 99.9% reduction of microbial life.

The treatment system designed for domestic wastewater has an efficiency of 98% and a yield of 95%, which will ensure no Guasuntos River pollution.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el medio ambiente se está viendo afectado por las diversas actividades que genera el hombre, principalmente es el caso del agua, fuente vital de vida, ya que su calidad a cambiado por toda la contaminación que hoy en día se genera hacia la misma.

La descarga de aguas residuales antes no era un mayor inconveniente debido a la depuración propia de manera natural del agua servida, pero hoy en día esto ha cambiado por el incremento de la población y por ende el aumento de contaminantes hacia el agua.

El tratamiento no adecuado de las aguas residuales está generando un problema grande de contaminación ambiental y de salud pública porque posee índices elevados de compuestos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos patógenos que alteran su calidad, y si estos son vertidos directamente al alcantarillado o algún río cercano, causarán grandes daños a la flora y fauna aledaña al sector.

La Comunidad de Nizag perteneciente al Cantón Alausí se encuentra ubicada a 20 km de la ciudad de Alausí, a una altitud de 2136 msnm, una orientación de 739893 norte y 9752614 este y su temperatura varía entre 19 a 28 °C.

La Comunidad de Nizag no posee un sistema de tratamiento de aguas residuales pues toda el agua que se utiliza en dicha Comunidad se lleva por el alcantarillado del sector y es descargado directamente al río Guasuntos.

Por ello el diseño de una planta de tratamiento es una gran alternativa de solución para aguas residuales domésticas con la cual se apreciará la reducción de todo tipo de contaminantes del agua residual generada en la Comunidad de Nizag a sus límites

permisibles por la normativa ambiental vigente en el país, para obtener una agua óptima para riego de los diferentes cultivos del sector y sobre todo ayudara a la conservación del ambiente.

## **ANTECEDENTES**

El Gobierno Municipal del Cantón Alausí construye el sistema de alcantarillado en la Comunidad de Nizag en el año del 2006, con la finalidad de que el agua servida no se descargue en pozos sépticos, sino sea descargada directamente al río Guasuntos, pero nunca se percataron que con el pasar de los años la población aumentaría y causaría la contaminación de dicho cuerpo de agua dulce.

La Comunidad de Nizag tiene una población de 713 habitantes, en esta área rural existen 141 viviendas según el PDOT (Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial, CENSO 2013).

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

Por tal razón se realiza entonces un diagnóstico de los parámetros de contaminación que tiene el agua residual generada en la Comunidad de Nizag y se compara con los parámetros establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana para así obtener la conservación del medio ambiente.

Para este análisis serán necesarios aplicar muestreos compuestos de los efluentes del agua residual para poder finalmente dar soluciones y mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de la Comunidad de Nizag.

## JUSTIFICACIÓN

En los últimos años ha aumentado la conciencia sobre la importancia ambiental, ya que todo el trabajo que realiza el hombre en sus diferentes actividades se ve relacionado con la utilización de los recursos naturales. Toda actividad contamina el ambiente, grandes y pequeñas ciudades se preocupan por preservar el ambiente.

La Comunidad de Nizag no posee un sistema para tratar el agua residual que se genera en el sector, lo cual afecta a todos sus habitantes ya que está alterando la calidad de vida que tiene cada uno de ellos, también las zonas productivas del sector se ven afectadas porque ha disminuido la riqueza y fertilidad agrícola y también la ganadera pues los habitantes del Cantón usan el agua para regar sus tierras.

La Comunidad de Nizag necesita de este sistema de tratamiento de aguas residuales no solo para mejorar los índices de contaminación del agua sino para reutilizar la misma, como agua de riego en sectores agrícolas sobre todo en épocas de sequía pues los pobladores de la comunidad se ven en serios problemas por la falta de agua para sus cultivos y ganados, circunstancias que hoy en día son más severas que antes, por la disminución y contaminación del agua, para ello es donde se necesita aprovechar el agua tratada y no del agua que está en almacenamiento en las fuente hídricas.

El Gobierno Municipal del Cantón Alausí se ha interesado en construir Plantas de Tratamiento para el Agua potable y así también para el Agua residual en sus diferentes Parroquias y Comunidades que presentan mayor contaminación del agua que en su mayoría son descargadas directamente al Río Alausí y al Río Guasuntos, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y de minimizar los impactos ambientales en

cada una de sus Parroquias y Comunidades, por tal razón para la Comunidad de Nizag está empeñado en desarrollar proyectos que contribuyan a este fin, como es el **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE NIZAG DEL CANTÓN ALAUSÍ”**.

Este proyecto contribuirá a minimizar el impacto ambiental causado por las descargas directas de las aguas residuales hacia el río Guasuntos. También tiene como fin principal el diseño de un sistema para tratar el agua residual, para que posteriormente el agua pueda ser utilizada en las actividades agrícolas del sector o ser simplemente descargada en el río Guasuntos, dicho beneficio está encaminado a todas las personas dedicadas a estas actividades, así como a la población en general y el medio que los rodea, de esta manera el Gobierno Municipal pretende aprovechar y optimizar en la medida lo posible los recursos hídricos de los que dispone.

La realización de este proyecto beneficiará en gran medida a toda la comunidad de Nizag, al medio ambiente y a mi formación académica ya que aplicare todos los conocimientos adquiridos en la carrera y también será una gran experiencia poder dar medidas de solución a este problema que aqueja a cientos de personas de manera física y económica.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Comunidad de Nizag en el Cantón Alausí.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un plan de muestreo de las aguas residuales de la Comunidad de Nizag.
- Caracterizar las aguas residuales provenientes de la Comunidad de Nizag, orientado a identificar los parámetros contaminantes.
- Realizar las pruebas de tratabilidad de las aguas residuales en base a los parámetros contaminantes.
- Realizar el Diseño del Sistema de Tratamiento de las aguas residuales generadas en la Comunidad de Nizag, en base a los resultados de caracterización.
- Realizar la validación del diseño de ingeniería del sistema de tratamiento a través de la caracterización final de las aguas.

# CAPÍTULO I

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 AGUAS RESIDUALES

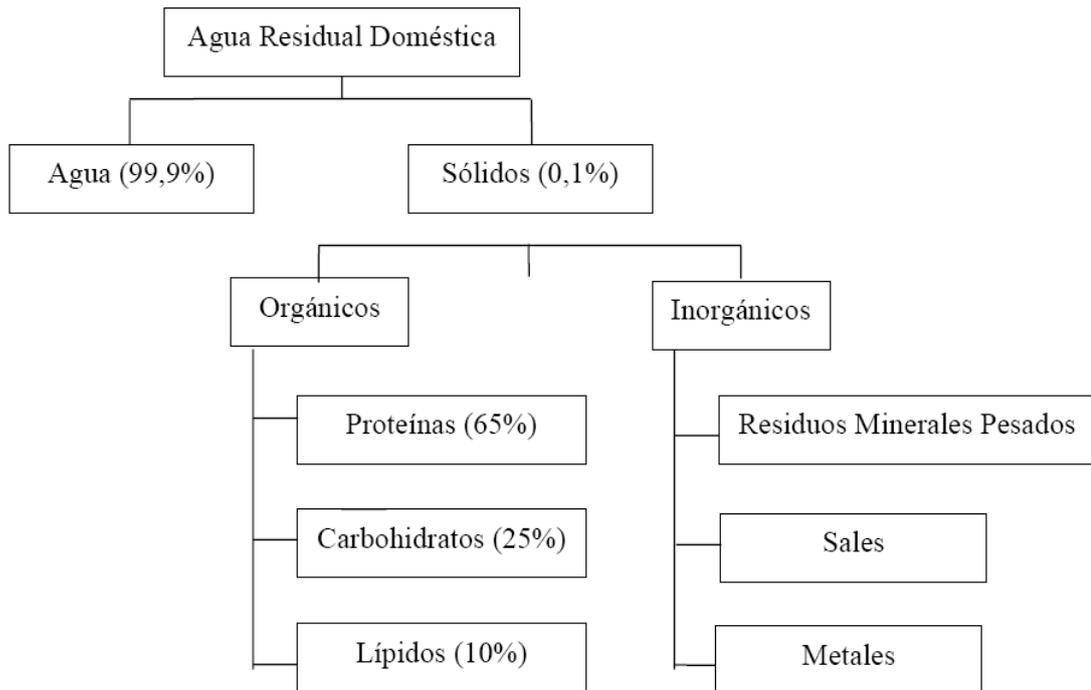
El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

## 1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

a. **Domésticas:** son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.



**Fig. 1 Constitución del agua residual Doméstica**

FUENTE: Metcalf & Eddy, 2006

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.

El agua residual está conformada de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

b. **Industriales:** son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

c. **Infiltración y caudal adicionales:** las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

d. **Pluviales:** son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

### **1.3 OLORES GENERADOS POR LAS AGUAS RESIDUALES**

Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia. Principales tipos de olores:

- a. **Olor a moho:** razonablemente soportable: típico de agua residual fresca.
- b. **Olor a huevo podrido:** “insoportable”; típico del agua residual vieja o séptica, que ocurre debido a la formación de sulfuro de hidrógeno que proviene de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos.
- c. **Olores variados:** de productos descompuestos, como repollo, legumbres, pescado, de materia fecal, de productos rancios, de acuerdo con el predominio de productos sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgánicos, etc.

## 1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales se clasifican como: físicos, químicos y biológicos, son considerados de mayor importancia los compuestos orgánicos biodegradables, los sólidos suspendidos y los orgánicos patógenos y es por ello que la mayoría de instalaciones de manejo de aguas residuales son diseñadas para su remoción. Todos los constituyentes del agua residual deben ser estudiados caso por caso para su remoción. Antes de considerar las características físicas, químicas y biológicas, es conveniente realizar la caracterización del agua residual.

**TABLA 1: Constituyentes típicos del Agua residual**

CONSTITUYENTE	Concentración, mg/l		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales:	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables. ml/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno. 5 días a 20 °C	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (total como N):	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12

Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo (total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Grasas	150	100	50

FUENTE: Metcalf & Eddy

#### 1.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

##### a. COLOR

El color en las aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente, mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias. El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS).

## **b. OLOR**

La determinación del olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos mal olientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Los olores pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales.

## **c. TEMPERATURA**

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura.

La temperatura del agua es un parámetro importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango de 25 a 35 °C.

## **d. SÓLIDOS**

Las aguas residuales contienen una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. Los sólidos del agua residual son compuestos que están en la misma flotando, suspendidos o disueltos y quedan en el recipiente al

evaporar el agua a una temperatura entre 100 y 105 °C. La base para seleccionar correctamente el proceso de clarificación del agua residual está en conocer la cantidad y tamaño de los sólidos en el agua.

e. **DENSIDAD**

La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen; es una característica física de gran importancia a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento. La densidad del agua residual doméstica que no contiene cantidades significativas de desecho es prácticamente de igual valor a la del agua a una misma temperatura.

f. **CONDUCTIVIDAD**

La conductividad eléctrica del agua es la medida de la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio, por esta razón el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

g. **TURBIEDAD**

La turbiedad es una medida es otro parámetro que indica la calidad de las aguas naturales y aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de la turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de

luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones.<sup>1</sup> La turbiedad del agua residual es ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros está el limo, arcilla, materia orgánica o inorgánica finamente dividida y organismos patógenos.

#### **1.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Los constituyentes químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos estos incluyen:

- Elementos individuales como calcio (Ca), cloruro (Cl), hierro (Fe), cromo (Cr), y zinc (Zn).
- Una amplia variedad de compuestos como nitratos (NO<sub>3</sub>) y sulfatos (SO<sub>4</sub>).

Los constituyentes orgánicos de las aguas residuales de mayor interés se clasifican como agregados e individuales.

##### **1.4.2.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS**

Los inorgánicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases. Entre los nutrientes inorgánicos están amoníaco libre, nitrógeno inorgánico, nitritos, nitratos, fósforo orgánico y fósforo inorgánico. El nitrógeno y fósforo son de gran importancia, ya que han sido identificados como nutrientes causantes principales del crecimiento indeseables de plantas acuáticas. Otras pruebas que se consideran son el pH, alcalinidad, cloruros, y sulfatos son realizados para estimar la capacidad de

---

<sup>1</sup> Standard Methods, 1995 Medición de la turbiedad

reutilización de aguas residuales tratadas y también como prueba para el control de varios procesos de tratamiento.

#### **a. pH**

La expresión usual para medir la concentración del ion hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno.

$$pH = - \log_{10} [H^+] \quad \text{Ec. 1}$$

La concentración del ion hidrógeno en el agua está íntimamente relacionada con la extensión de la reacción de disociación de las moléculas de agua; y esta se mide generalmente en forma instrumental empleando un pH metro, también se emplea soluciones y papeles indicadores que cambian de color a diferentes valores de pH.

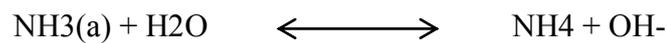
El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

#### **b. NITRÓGENO**

Dado que el nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben el nombre de nutrientes o bioestimulantes, debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesita conocer datos sobre la presencia de ese nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos. En casos

en los que la concentración del nitrógeno sea insuficiente será necesario adicionarlo para lograr que el agua residual sea tratable.

El nitrógeno puede estar en el agua en varios estados de oxidación y dependiendo del medio, del tiempo y de la cantidad de oxígeno, prevalecerán unas formas de otras. Sin embargo habitualmente en el agua el nitrógeno amoniacal existe como gas amonio y como ion amonio:



### **c. FÓSFORO**

El fósforo también es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales, se han realizados grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos de fósforo provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural. “Por ejemplo, el agua residual de origen doméstico puede contener de 6 a 20 mg/l de fósforo.

Las formas más frecuentes del fósforo en soluciones acuosas son: ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. En el agua residual, aproximadamente un 50% del fósforo está presente como ortofosfato; alrededor de un 40% como fosfatos condensados (detergentes), y hasta un 10% como enlaces orgánicos.

En las plantas de tratamiento donde existen piscinas sin mantenimiento, el fósforo presente en el agua se asocia a problemas de eutrofización o proliferación de algas.

### **d. ALCALINIDAD**

La alcalinidad El agua residual urbana de hecho es alcalina de concentración de 50 a 200 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  son comunes, la medida de la alcalinidad determina la capacidad del agua en estecaso, para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad los iones bicarbonato,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , carbonato,  $\text{CO}_3^{=}$  y oxhidrilo,  $\text{OH}^-$ , pero también los fosfatos resultantes de los detergentes. Cuando la alcalinidad del agua tratada en planta es menor a 10 ppm es recomendada para el uso doméstico.

#### **e. CLORUROS**

La concentración de cloruros en aguas residuales es un parámetro importante relacionado con su reutilización. Los cloruros en aguas naturales provienen de los cloruros lixiviados de las rocas y los suelos con los que ellas hacen contacto. Otras fuentes potenciales de cloruros son las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas a las aguas superficiales.

En las aguas residuales, los cloruros son añadidos como consecuencia del uso. Por ejemplo, el organismo humano necesita del ion cloruro solo en pequeñas cantidades, de manera que la mayoría cloruros elimina en las heces las cuales contienen aproximadamente 6 gr de cloruro por persona y por día.

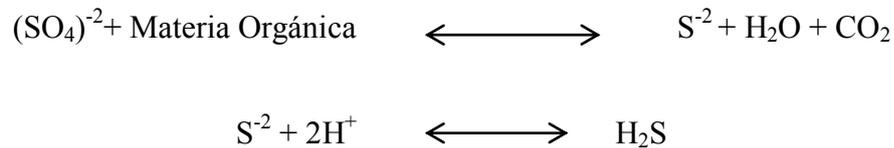
El ion cloruro se separa con filtros de carbono activado e intercambio Iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un tratamiento final.

#### **f. AZUFRE**

El ion sulfato se encuentra en forma natural tanto en las aguas de abastecimiento como en las aguas residuales.

El azufre es un elemento importante para la síntesis de proteínas, y por eso se libera cuando ocurre la degradación de las mismas.

Los sulfatos son reducidos químicamente a sulfuros y a sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) por las bacterias en condiciones anaerobias:



El H<sub>2</sub>S puede oxidarse biológicamente a ácido sulfúrico el cual es corrosivo para las tuberías del alcantarillado.

#### **g. METALES**

Los metales de interés en el tratamiento, reutilización y vertimiento de efluentes y lodos tratados. Todos los organismos vivos requieren para su adecuado crecimiento elementos como hierro, cromo, cobre, zinc cobalto en cantidades diferentes (cantidades macro y micro). Aunque las cantidades macro y micro de metales son esenciales para un normal desarrollo de la vida biológica, estos elementos pueden llegar a ser tóxicos cuando se presentan en cantidades elevadas. Cuanto más se utilicen las aguas residuales tratadas para riego agrícola y de zonas verdes, una gran variedad de metales se debe determinar para estimar los efectos adversos que puedan ocurrir. La determinación de metales se puede realizar por adsorción atómica, plasma acoplado por inducción o colorimétricamente (con menor precisión).<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995

## **h. GASES**

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N<sub>2</sub>), el oxígeno (O<sub>2</sub>), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), el amoníaco (NH<sub>3</sub>), y el metano (CH<sub>4</sub>). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

### **1.4.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ORGÁNICAS**

La materia orgánica en aguas residuales se constituye básicamente de proteínas (40 – 60 %), carbohidratos (25 – 50 %), y grasas y aceites (8 – 12 %). La urea, el mayor constituyente de la orina, es otro componente orgánico importante que hace parte de las aguas residuales frescas. Dada su rápida descomposición no es usual encontrarlas en otro tipo de aguas. Además de proteínas, carbohidratos, aceites y grasas, las aguas residuales contienen pequeñas cantidades de un gran número de moléculas orgánicas sintéticas, con estructuras que van desde las más simples hasta las extremadamente complejas.

#### **1) CARACTERÍSTICAS QUÍMICA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS AGRESADOS.**

Los compuestos orgánicos agregados se hacen para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras. En la actualidad, los métodos de laboratorio comúnmente usados para medir cantidades de materia orgánica (en general

mayores a 1 mg/L) en aguas residuales incluyen: 1. La demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días ( $DBO_5$ ), 2. La demanda química de oxígeno (DQO) y 3. El carbono orgánico total (COT). Los tensoactivos (agente de actividad superficial), grasas y aceites se consideran en forma separada ya que son de vital importancia en el diseño y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### a. **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)**

La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuara hasta que el desecho se haya consumido.

La demanda bioquímica de oxígeno en cinco días  $DBO_5$  es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante cinco días y a  $20^\circ\text{C}$  y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La relación  $DQO/DBO_5$  proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales.

#### b. **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba es usada para medir de la concentración de materia orgánica en el agua residual.

#### c. **TENSOACTIVOS**

Los tensoactivos o agentes de actividad superficial, son moléculas que se componen de un grupo fuertemente hidrofóbico (insoluble al agua) y uno fuertemente hidrofílico

(soluble al agua). Su presencia en las aguas residuales proviene de la descarga de detergentes domésticos, lavanderías, industrias y otras operaciones de limpieza.

El poder contaminante de los detergentes se manifiesta en los vegetales acuáticos inhibiendo el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas. Además pueden presentarse problemas en las plantas de tratamiento, sobre todo en la etapa biológica puesto que los detergentes inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno en al agua.

#### **d. ACEITES Y GRASAS**

Como aceites y grasas se consideran todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas las cuales van a entorpecer cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO<sub>2</sub> del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua juntocon bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar. Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> CASTRO, L. "Parámetros Físicoquímicos para la Calidad del Agua" CEPIS, Lima, 1983

Las grasas y aceites forman aproximadamente el 10% del total de los compuestos orgánicos que pueden estar presentes en el agua residual, influyendo en las características de la misma. Los aceites y grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables y requieren pre-tratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. Sin embargo, no existe un método que permita distinguir las grasas y aceites vegetales o animales de las de origen mineral; aunque existe el procedimiento para diferenciar entre grasas y aceites polares y no polares.

## **2) CARACTERÍSTICAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS INDIVIDUALES.**

Los compuestos orgánicos individuales se determinan para evaluar la presencia de polutantes prioritarios que poseen efectos cancerígenos, mutágeno y de toxicidad aguda alta.

### **a. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES (COV)**

Los compuestos orgánicos volátiles son importantes porque: 1. Una vez que los compuestos se encuentran en estado gaseoso son mucho más móviles, con lo cual aumenta la posibilidad de ser liberados al ambiente; 2. La presencia de alguno de estos compuestos en la atmósfera puede causar riesgos para la salud pública; 3. Contribuyen al aumento de hidrocarburos reactivos en la atmósfera, lo cual puede conducir a la formación de oxidantes fotoquímicos.

### **1.4.2.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICA**

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por

el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales.

**TABLA 2. Clasificación general de los microorganismos**

<b>Grupo</b>	<b>Estructura Celular</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Tamaño típico</b>	<b>Miembros Representativos</b>
Eucariotas	Eucariota(a)	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido.  Unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos.	10-100 $\mu\text{m}$ de diámetro  10-100 $\mu\text{m}$ de diámetro	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e invertebrados).  Algas, hongos y protozoos.
Bacterias	Procariota(b)	Química celular parecida a las eucariotas.	0.2-2.0 $\mu\text{m}$ de diámetro	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota(b)	Química celular distintiva.	0.2-2.0 $\mu\text{m}$ de diámetro	Metanógenos, halófitos, termoacidófilos.

**FUENTE:** CRITES R. and TCHOBANOGLOUS G, Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones

### **a. ORGANISMOS PATÓGENOS**

Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden provenir de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una enfermedad determinada. Las principales clases de organismos patógenos que se puede encontrar en las aguas residuales son: bacterias, parásitos (protozoos y helmintos) y virus.

**TABLA 3: Agentes potencialmente infecciosos presentes en el agua residual doméstica no tratada.**

<b>ORGANISMO</b>	<b>ENFERMEDAD</b>	<b>COMENTARIO</b>
<b>Bacteria</b>		
Escherichiacoli(entero patogénica)	Gastroenteritis	Diarrea
Legionellapneumophila	Legionelosis	Enfermedades respiratorias
Lesptospira(150esp.)	Leptospirosis	Leptospirosis, fiebre (Enfermedad de Weil)
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado.
Salmonella (1700 esp)	Salmonelosis	Envenenamiento de alimentos.
Shigella (4esp.)	Shigelosis	Disentería bacilar
Vibrio cholerae	Cólera	Diarreas extremadamente fuertes, deshidratación
Yersiniaenterolítica	Yersinosis	Diarrea
<b>Virus</b>		
Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades respiratorias	
Enterovirus (67 tipos)	Gastroenteritis	
p.e. polio, eco y virus (Coxsackie)	Anomalías cardíacos, meningitis	
Hepatitis A	Hepatitis infecciosas	Leptospirosis, fiebre
Agente Norwalk	Gastroenteritis	Vómitos
Reovirus	Gastroenteritis	
Rotavirus	Gastroenteritis	
<b>Protozoos</b>		
Balantidiumcoli	Balantidiasis	Diarrea, disentería

Cryptosporidium	Criptosporidiosis	Diarrea
Entamoebahistolytica	Amebiasis (disentería amébrica)	Diarreas prolongadas con sangre, abscesos en el hígado y en el intestino delgado.
Giardialamblia	Giardiasis	Diarrea, nauseas, indigestión.
<b>Helmintos</b>		
Ascarislumbricoides	Ascariasis	Infestación de gusanos
Enterobiusvericularis	Enterobiasis	Gusanos
Fasciolahepatica	Fascioliasis	Gusanos (tercera)
Hymenolepis nana	Hymealepiasis	Tenia enana
Taeniasaginata	Teniasis	Tenia (buey)
T. solium	Teniasis	Tenia (cerdo)
Trichuristrichiura	Trichuriasis	Gusanos

FUENTE: Metcalf & Eddy, 1995.

#### **b. Organismos Indicadores.**

Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales contaminadas en cantidades muy pequeñas, y además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. El tracto intestinal humano contiene innumerables bacterias conocidas como organismos coliformes, cada humano evacua de 100 000 a 400 000 millones de organismos coliformes cada día. Por ello se puede considerar que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que las aguas están libres de organismos que pueden causar enfermedades. Debido a que algunos patógenos pueden

estar presentes en el agua aún en ausencia de coliformes, este grupo ya no sería tan buen indicador.

## **1.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de Aguas Residuales es un conjunto integrado de operaciones unitarias y procesos unitarios. Las operaciones unitarias incluyen remoción de contaminantes por fuerzas físicas, mientras que los procesos unitarios consisten en reacciones biológicas y/o químicas que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final o reutilización. Un sistema de tratamiento está compuesto por una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos constituyentes del agua residual a un nivel aceptable.

Estas operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales comprende de niveles de tratamiento, como: preliminar o pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y tratamiento terciario o avanzado.

### **1.5.1 CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA QUE SE CONSIDERAN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Los contaminantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales se presentan en la siguiente tabla.

**TABLA 4: Contaminantes presentes en Aguas Residuales**

<b>Contaminantes</b>	<b>Motivo de su importancia</b>
Sólidos Suspendidos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del Oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el Fósforo, junto con el Carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Microorganismos Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.

Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.
-------------------------------	---

**FUENTE:** Crites and Tchobanoglous, Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.

### 1.5.2 TIPOS DE TRATAMIENTO

El tratamiento que se da a las aguas residuales es con la finalidad de disminuir sus contaminantes y así el agua tratada obtiene un mayor grado de purificación. El tratamiento requerido para el agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente. Las etapas de un tratamiento de aguas residuales son:

#### a) TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRE-TRATAMIENTO

Es aquel que busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos, incluye equipos tales como rejas, tamices o cribas, desarenadores y desengrasadores para la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas. Estos equipos, en ocasiones son obviadas en el diseño de plantas de tratamiento y son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, vidrios, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos.

**TABLA 5: Objetivos de los procesos de Pre-tratamiento**

<b>PROCESO</b>	<b>OBJETIVO</b>
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

**FUENTE:** CEPIS/OPS-OMS, Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

#### **b) TRATAMIENTO PRIMARIO**

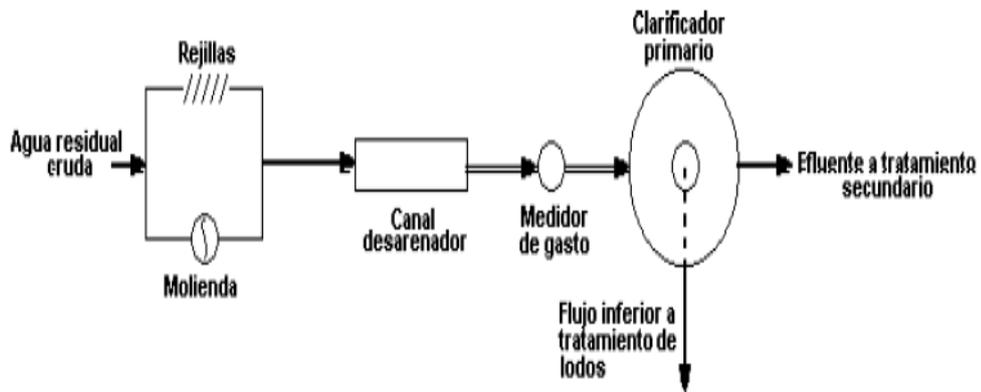
Se emplea para la eliminación de los sólidos en suspensión y los materiales flotantes por medios físicos o mecánicos, impuesta por los límites, tanto de descarga al medio receptor como para poder llevar los efluentes a un tratamiento secundario, bien directamente o pasando por una neutralización u homogenización.

El tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos.

Entre los métodos de tratamiento primario se conocen:

- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Precipitación química.

- Filtros gruesos.
- Oxidación química.
- Coagulación, floculación, sedimentación y filtración.



**Fig. 2 Sistema de tratamiento primario típico**

**FUENTE:** VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual

### **c) TRATAMIENTO SECUNDARIO**

El tratamiento secundario consiste generalmente en la conversión biológica de compuestos orgánicos disueltos y coloidales en biomasa, misma que puede ser removida a continuación por sedimentación.

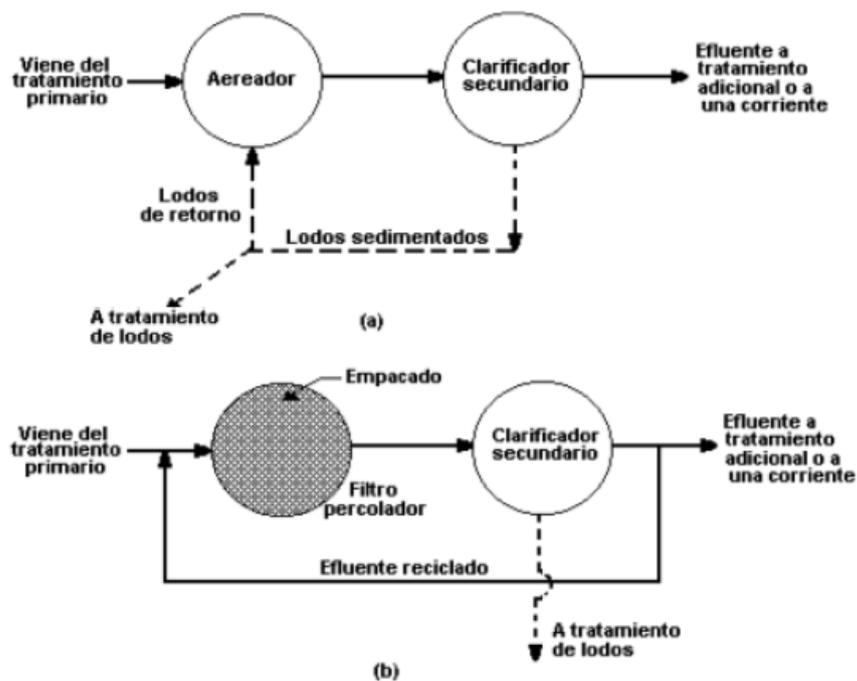
El contacto entre microorganismos y compuestos orgánicos se logra suspendiendo la biomasa en el agua residual, o bien haciendo pasar el agua residual sobre una película de biomasa adherida a una superficie sólida.

Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento.

Así mismo, dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico.

Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%, y están compuestos por:

- Filtración biológica,
- Lodos activados:
- Lagunas de estabilización: aerobia, facultativa, de maduración, aireada.
- Otros Anaeróbicos:
  - Contacto.
  - Filtro anaerobio.
  - Reactor anaeróbico de flujo ascendente.
- Discos rotatorios.



(a) Sistema de lodos activos y (b) Sistema de filtros percoladores

**Fig. 3 Sistema de tratamiento secundario**

FUENTE: VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual

#### d) TRATAMIENTO TERCIARIO

Tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son: fosfatos y nitratos, huevos y quistes de parásitos, sustancias tensoactivos, algas, bacterias y virus (desinfección), radionúclidos, sólidos totales y disueltos, temperatura.

## 1.6 CAUDAL DE DISEÑO

La cuantificación del caudal en aguas residuales ocurre en variaciones horarias (horas del día), diarias (con los días de la semana) y cíclicas (estaciones del año), el caudal esta en relación con la población y la aportación de aguas residuales que los individuos generan, esta aportación se considera como porcentaje de dotación.

Según las normas de diseño para el sistema de tratamiento de agua residual se toma como datos adicionales también las escuelas e instituciones presentes en dicha Comunidad a la población actual. La población estudiantil se obtiene se las encuestas socio-económicas.

**TABLA 6: Población institucional en el área de estudio**

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>HABITANTES</b>
Guardería INFA	35
Subcentro de Salud	5
Total	<b>40</b>

**FUENTE: Casa Comunal, Comunidad de Nizag.**

### **a. POBLACION ACTUAL**

Los datos tomados de la Casa Comunal, del libro del último CENSO 2013 realizado en la Comunidad de Nizag revelan que su población actual es de 141 viviendas la cantidad en habitantes es de 713.

**TABLA 7: Parámetros para la Población actual**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Datos</b>
Pa	Hab	713
r*	%	0,8
N	Años	20

**FUENTE: \*INEC, CENSO 2103 de la Comunidad de Nizag.**

Entonces la población actual sería:

$$P_a = P_e + P_I \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

Pa = población actual (hab)

Pe = población obtenida en el CENSO 2013 (hab)

P<sub>I</sub> = población institucional (hab)

#### **b. POBLACIÓN FURUTA**

Para determinar la población futura los cálculos se basa en el método geométrico que es el más aconsejable para poblaciones pequeñas donde se analiza la tasa de crecimiento anual que según el CENSO 2012 de la Comunidad de Nizag es de 0,8%.

$$P_f = P_a * (1 + i)^n \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

Pf = población futura (hab)

Pa = población actual (hab)

i = tasa de crecimiento

n = periodo de diseño

### c. CAUDAL MEDIO

La expresión para calcular el caudal promedio ocurre durante un periodo de 24 horas, este caudal promedio es usado para evaluar la capacidad de las plantas de tratamiento y para desarrollar los caudales usados en diseño, también es usado para estimar parámetros de costos de bombeo y de químicos, lodos y tasas de descargas de orgánicos.

$$Q_{med} = \frac{\text{poblacion (hab)} * \text{dotacion}(\frac{L}{\text{hab*d}})}{1000 (\frac{L}{m^3})} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

$Q_{med}$  = caudal medio de agua residual m<sup>3</sup>/d

- **Dotación**

La dotación se debe a la cantidad de agua que ocupa cada habitante de la Comunidad de Nizag durante un día, para ello se toma en cuenta el caudal máximo diario de consumo de agua, esto se verifica en la tabla 34 del caudal diario medido en la Comunidad de estudio.

$$D = \frac{Q_{\max \text{ diario}}}{P_e} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

$Q_{\max \text{ diario}}$  = caudal máximo obtenido en el día (L/d)

#### **d. CAUDAL MÍNIMO**

Para determinar el caudal mínimo en pequeñas poblaciones se toma un factor de 0,5 por el caudal medio, esta expresión que se utiliza para calcular el caudal mínimo es:

$$Q_{\min} = 0,5 * Q_{\text{med}} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

$Q_{\min}$  = caudal mínimo de agua residual m<sup>3</sup>/d

#### **e. CAUDAL MÁXIMO**

El caudal máximo en este caso también conocido como el caudal de diseño que puede llegar a la planta se estima mediante un factor o rango de 1,5 – 2,5 veces para poblaciones pequeñas y grandes respectivamente. Entonces para poblaciones pequeñas con una cantidad menor a los 1000 habitantes se tiene:

$$Q_{\max} = 1,5 * Q_{\text{med}} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

$Q_{\max}$  = caudal máximo de agua residual m<sup>3</sup>/d

## **1.7 SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN PEQUEÑAS POBLACIONES.**

En los últimos 15 años se han optado sistemas de tratamiento para agua residual clasificándola a las poblaciones en pequeñas y grandes, por lo que cada una requiere de un sistema de tratamiento apropiado para lo cual se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales, que son necesarios para proteger la salud de los habitantes y proteger el ambiente de la contaminación. Puesto que los sistemas de tratamiento para pequeñas poblaciones deben estar diseñados de acuerdo al costo flexibilidad y disposición de recursos físicos y económicos. Este tipo de poblaciones requiere de sistemas de tratamiento descentralizados, ya sea por su ubicación geográfica, o topografía del terreno.

Tomando en cuenta las alternativas de tratamiento para pequeñas poblaciones, el espacio físico y económico, se consigue una selección adecuada de los procesos y el diseño de los equipos requeridos. Las **etapas de tratamiento** de aguas residuales a considerar se basan en: pre-tratamiento o tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento terciario (desinfección).

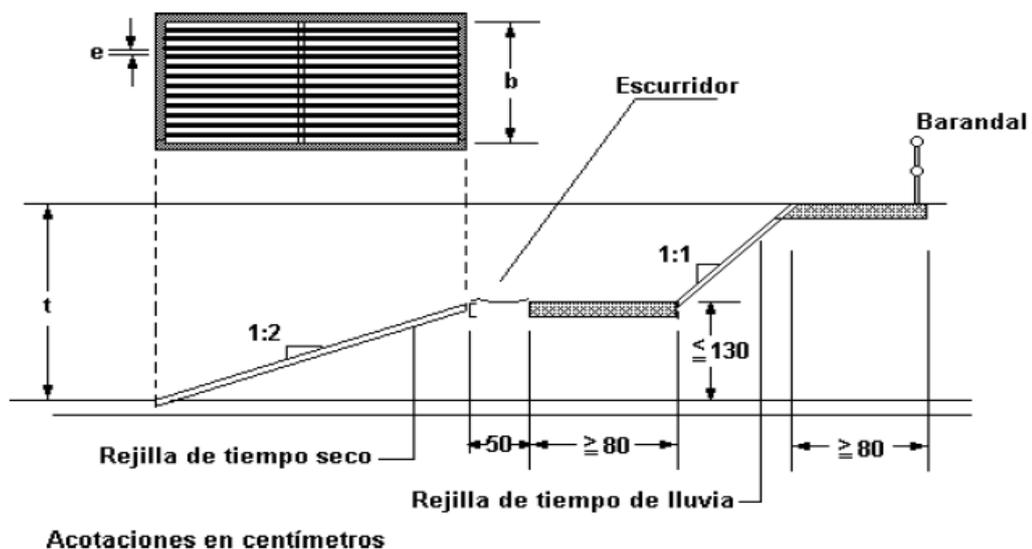
### **1.7.1 CRIBADO (REJILLAS)**

Las aguas residuales llegan por gravedad, son conducidas por el emisor, hasta el lugar donde será construida la planta de tratamiento de aguas residuales. Los materiales sólidos y bastos, tales como cáscaras de fruta, harapos, palos, trozos de papel y madera

que frecuente e inexplicablemente encuentran su destino en el sistema de alcantarillado, se separan pasando las aguas a través de rejillas, hechas con varillas de hierro paralelas.

El propósito fundamental de los dispositivos de cribado es proteger a las bombas y otros equipos electromecánicos y prevenir el atascamiento de válvulas. Por este motivo la primera operación que se lleva a cabo en el influente de agua residual es el cribado.

El emparrillado de las rejillas, que es su estructura funcional, está inclinado con respecto al piso del canal donde se instalan y puede ser de dos tipos generales: de limpieza manual y de limpieza mecánica.



**Fig. 4 Disposición de las rejillas de limpieza manual**

**FUENTE:** VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual.

Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para caudales menores que  $0.053 \text{ m}^3/\text{s}$ , las plantas de tratamiento pequeñas poseen un canal donde su profundidad depende de las condiciones propias de cada proyecto, mientras que su ancho y separación entre barras pueden considerarse las medidas del siguiente cuadro:

**TABLA 8: Medidas típicas del canal de rejas de un sistema de limpieza manual**

Ancho del canal (cm)	40; 50; 60; 80; 100; 125; 160; 180; 200; 225; 250
Separación entre barras (cm)	2; 3; 4; 5; 6; 8; 10

**FUENTE:** VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual.

Las rejas de limpieza manual se instalan con una inclinación de 30° a 60° con respecto al plano horizontal. Las barras de las rejas, comúnmente rectas, pueden tener una separación grande, de 5 a 10cm, o pequeña, de 1 a 4 cm. Si las partículas sólidas del agua residual son tamaño pequeño se debe disminuir la separación entre las barras de las rejillas.

Al acumularse el material retenido por las barras, se produce un aumento en el nivel del agua en el canal de llegada; las rejillas deben limpiarse cuando se llega al nivel máximo definido. La acumulación excesiva de material retenido es inconveniente porque ocasiona que las partículas de menor tamaño que la separación entre barras no puedan pasar a través de ellas.

Aunque ordinariamente el flujo en el canal debe ser laminar, se recomienda que el agua tenga una velocidad de al menos 0.5 m/s para detener los materiales que se procura, dejando pasar las partículas pequeñas. Sin embargo, durante la época de lluvia la velocidad se incrementa; en estas condiciones se recomienda que la velocidad máxima sea de 2.0 m/s. Cuando no es posible estar dentro del ámbito de velocidad sugerido debido al ancho requerido, es recomendable diseñar dos canales con la finalidad de dividir el caudal y, en consecuencia, disminuir la velocidad de flujo en tiempo de lluvia.

**TABLA 9: Parámetros para el dimensionamiento de rejillas**

PARÁMETRO	ABREVIATURA	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR ESCOGIDO
Caudal de diseño	$Q_{\text{Diseño}}$	$\text{m}^3/\text{s}$	0,0266	-
Velocidad de aproximación*	$V_a$	m/s	0,3 – 0,6	0,45
Velocidad mínima*	V	m/s	0,3 – 0,6	0,6
Aceleración de la gravedad	G	$\text{m}/\text{s}^2$	9,8	-
Altura de seguridad	$H_s$	m	0,50	0,50
Espesor de la barra**	S	mm	5 - 15	10
Ancho del canal (propuesto)	L	m	0,5	-
Separación entre barras*	E	mm	15 - 50	20
Angulo de inclinación**	$\emptyset$	$^\circ$	44 - 60	45
Perdida máxima de carga admisible+	$H_f$	m	0,015	0,015

**FUENTE:** \*RAS 2000 Título E, \*\*Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, + Metcalf&

Eddy

### 1.7.1.1 Diseño de rejillas de limpieza manual

Un procedimiento para el diseño de las rejillas es el siguiente.

- a. Con el caudal de diseño y la velocidad mínima recomendada, se debe calcular el **área libre** al paso del agua.

$$A_L = \frac{Q}{v} \quad \text{Ec. 8}$$

b. Proponer el **tirante del agua** en el canal (h)

$$h = \frac{A_L}{b} \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

b = ancho del canal (m)

c. **Cálculo de la altura del canal (H)**

$$H = h + H_s \quad \text{Ec. 10}$$

Dónde:

h = tirante del agua en el canal (m)

H<sub>s</sub> = altura de seguridad (m)

d. **Cálculo de la longitud de las barras (L<sub>b</sub>)**

$$L_b = \frac{H}{\text{sen } \emptyset} \quad \text{Ec. 11}$$

Dónde:

H = altura del canal (m)

∅ = ángulo de inclinación (°)

**e. Cálculo del número de barras (n)**

$$n = \frac{b}{e + S} \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde:

b = ancho del canal en mm

e = separación entre barras en mm

S = espesor de las barras en mm

**f. Pérdida de carga (Hf)**

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se estiman por medio de la siguiente ecuación<sup>4</sup>:

$$Hf = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{V - V_a}{2g} \right) \quad \text{Ec. 13}$$

Dónde:

V = velocidad mínima de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

V<sub>a</sub> = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s)

0,7 = coeficiente empírico que incluye que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos.

g = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

---

<sup>4</sup>Metcalf& Eddy, Tratamiento avanzado de aguas residuales

**g. Velocidad en el canal de aproximación**

$$V = \frac{Q}{A_L} \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

Q = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

A<sub>L</sub> = área libre (m<sup>2</sup>)

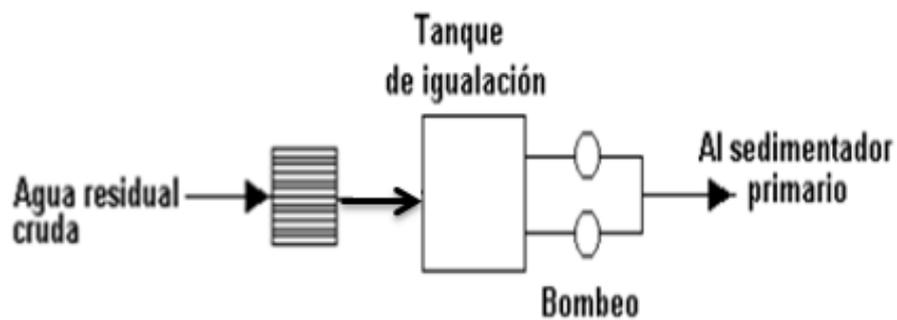
### **1.7.2 TANQUES DE IGUALACIÓN DEL CAUDAL**

Las variaciones horarias del caudal del agua residual pueden tener un efecto adverso en el funcionamiento de los procesos de la planta, el cambio constante de la cantidad y la concentración del agua residual a ser tratada propicia que la operación eficiente de los procesos sea difícil. Por tal razón muchas de las unidades de tratamiento tendrán que diseñarse para las condiciones del caudal máximo, provocando su sobredimensionamiento para las condiciones promedio.

El tanque de igualación u homogeneización tiene como función amortiguar las variaciones de las descargas de aguas residuales con el fin de tratar un caudal uniforme. La igualación se puede usar también para amortiguar las variaciones en el pH y en la concentración de constituyentes tóxicos presentes en el agua residual a tratar. La igualación del caudal puede mejorar significativamente el funcionamiento de una planta existente e incrementar su capacidad útil. En el proyecto de plantas nuevas, la igualación del caudal puede reducir el tamaño y costo de las unidades de tratamiento.

A partir de los tanques de igualación se bombea un caudal constante hacia los procesos. Se requiere proporcionar aireación y mezclado para evitar olores y que los sólidos se sedimenten.

El volumen necesario para el tanque de igualación se estima mediante un balance de masa del caudal entrante a la planta con el caudal promedio para el que la planta está diseñada.



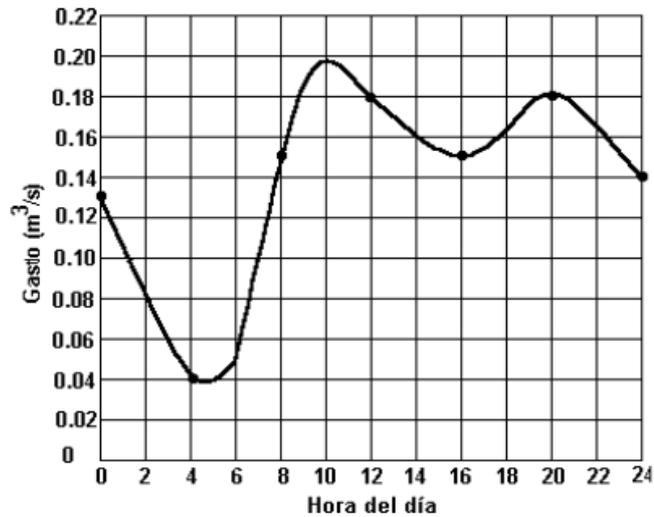
**Fig. 5 Flujo para la igualación del caudal en unidad en línea**

FUENTE: VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual

### 1.7.2.1 Diseño del volumen del tanque de igualación

Para el diseño del tanque es preciso disponer de:

- Un hidrograma representativo del caudal de aguas residuales que se descargara en la planta de tratamiento.



**Fig. 6 Hidrograma típico de la generación de aguas residuales domésticas**

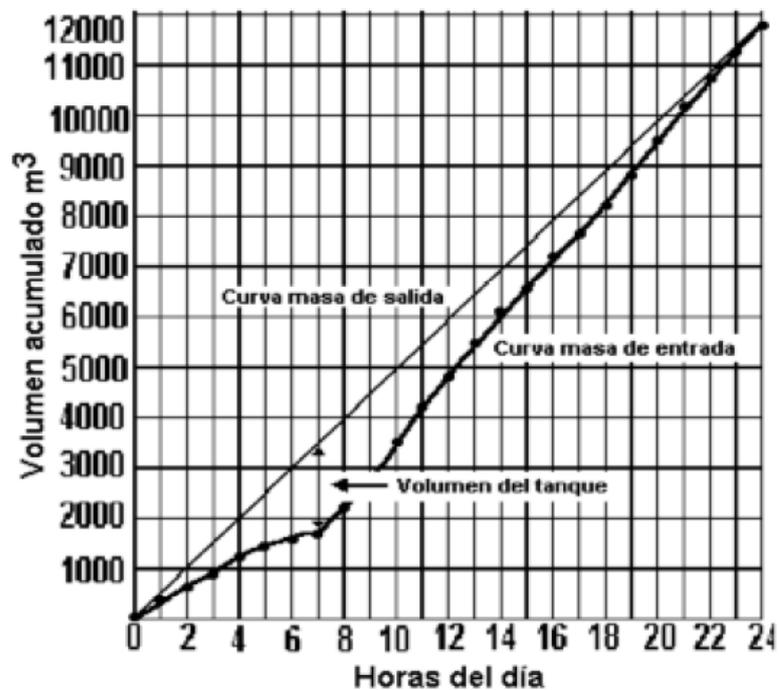
FUENTE: VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual

- Con base en el hidrograma representativo de la generación de aguas residuales, puede construirse la curva masa del influente al tanque de igualación.

La curva masa o diagrama de Rippl consiste en una gráfica que representa los volúmenes acumulados que pasan por una sección del emisor con relación al tiempo.

- Para determinar el volumen del tanque de igualación en la gráfica de la curva masa se unen los puntos inicial y final mediante una recta, su pendiente representa el caudal medio que ha de ser tratado en la planta.

El volumen del tanque de igualación se calcula para efectuar una regulación diaria del volumen de entrada y salida, que deberán ser iguales para que no queden restos de agua sin tratar generados en el día durante un ciclo de 24 y/o 12 horas.



**Fig. 7 Curva masa de un hidrograma**

FUENTE: VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual

El cálculo del volumen del tanque de igualación en forma gráfica se hace combinando las curvas masa de entrada (trazada con el hidrograma del influente al tanque) con la de salida (curva masa del caudal medio), para los mismos intervalos de tiempo.

Esta combinación se hace trazando las dos curvas en un mismo sistema de ejes coordenados haciendo coincidir las escalas de tiempo. Una vez trazada las dos curvas masa, la diferencia de ordenadas entre las curvas representa el faltante o excedente de volumen de almacenamiento para el momento considerado.

Si la curva masa de entrada está por encima de la salida, la diferencia de ordenadas representara un excedente; en caso contrario equivaldrá a un faltante.

- El volumen del tanque de igualación será el correspondiente a la suma del máximo excedente más el máximo faltante.

$$V_{Ti} = \max_{excedente} + \max_{faltante} \text{Ec. 15}$$

Dónde:

$V_{Ti}$  = volumen del tanque de igualación (m<sup>3</sup>)

Max<sub>excedente</sub> = volumen máximo del excedente (m<sup>3</sup>)

Max<sub>faltante</sub> = volumen máximo del faltante (m<sup>3</sup>)

Según los datos obtenidos en la medición diaria del caudal se estiman los siguientes valores:

**TABLA 10: Parámetros recomendados para el diseño de un tanque de igualación**

PARÁMETRO	RANGO
Tiempo de retención hidráulico (TRH)	12 a 24 horas
Profundidad máxima del tanque	2,2 m
Borde libre recomendado	0,5 m
Potencial de óxido-reducción	< - 100 mV

**FUENTE:** LOZANO-RIVAS, Tratamiento de aguas residuales, 2012

### 1.7.3 SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es una operación importante que sufren las aguas residuales después de las precedentes fases preliminares es, generalmente, la sedimentación de los sólidos suspendidos en un tanque adecuado en el que se mantienen las aguas por un lapso de 0.5 a 3 horas o más, que es suficiente para permitir que el 40 a 65% de los sólidos finamente divididos, se posa en el fondo del tanque, del cual se extraen por medio de colectores mecánicos, en forma de lodos.

La sedimentación es una operación unitaria diseñada para concentrar y remover sólidos suspendidos orgánicos del agua residual y también para la eliminación de arenas.

La mayor parte de los sólidos suspendidos presentes de las aguas residuales son de naturaleza pegajosa y flocculan en forma natural.

#### 1.7.3.1 Parámetros de diseño

El tamaño de los tanques de sedimentación, el diámetro del sedimentador puede variar entre 5,6 a 6 metros aunque frecuentemente los hay de 12 a 30 metros.

**TABLA 11: Estándares de Diseño de Sedimentadores Primarios**

<b>REFERENCIA</b>	<b>CARGA SUPERFICIAL (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia)</b>	<b>TIEMPO DE RETENCIO h</b>	<b>PROFUNDIDAD m</b>
Metcalf & Eddy	32 – 48	1,5 – 2,5	3 - 5
Normas de diez estados	41	-	> 2,1

Manual del ejercito naval de los EE.UU	49 12 - 41	- 2,5	3 2,5 - 4,5
Steel &McGhree	24 - 60	1 - 2	1 - 5
Fair et al	-	2	3
Sundstrom& Klei	-	1 - 4	-
USEPA	24 - 49	-	3 - 5
Tchonobanoglous &Schoreder	30 - 60	-	3 - 5
IWCP	<b>30 - 45</b>	2	> 1,5

FUENTE: ROMERO J., Tratamiento de Aguas residuales

#### a. Cálculo del área del Sedimentador

Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{\text{carga}} \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/ h)

Carga = carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia)

La carga superficial que se toma para realizar los cálculos correspondientes se basa en la siguiente tabla, y para esta investigación se toma el valor de 24 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia).

**TABLA 12: Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones.**

Suspensión	Carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	
	Intervalo	Caudal punta
Agua residual sin tratar	24 – 48	48
Flóculos de sulfato de alúmina	12 – 24	24
Flóculos de hierro	21 – 32	32
Flóculos de cal	21 – 48	48

Fuente: Metcalf & Eddy, 2006

### b. Cálculo del Diámetro

Para calcular el diámetro del sedimentador se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} \quad \text{Ec. 17}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad \text{Ec. 18}$$

Para el radio del sedimentador tenemos:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Ec. 19}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

r = radio (m)

$\emptyset$  = diámetro (m)

### c. Volumen

El volumen es la magnitud física que expresa:

$$V = L * A \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

V = volumen del sedimentador ( $m^3$ )

L = largo (m)

A = área (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se utiliza la siguiente ecuación del área:

$$A = L * a \quad \text{Ec. 21}$$

Se aplica la relación largo ancho 1:2 se tiene:

$$L = 2a \quad \text{Ec. 22}$$

$$A = 2a * a$$

$$A = 2a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad \text{Ec. 23}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

L = largo del sedimentador (m)

a = ancho del sedimentador (m)

#### **d. Tiempo de retención Hidráulico**

Por lo general los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 a 2,5 horas para el caudal medio del agua residual.

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención (h)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/h)

#### **e. Velocidad de arrastre**

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actúan sobre las partículas de sedimentación son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque.

$$V_h = \left[ 8K(s - 1)g * \frac{d}{f} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 26}$$

Dónde:

$V_h$  = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s).

$K$  = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena uní granular, 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

$s$  = densidad relativa de las partículas para el cálculo usaremos el valor 1,05

$g$  = aceleración de la gravedad 9,8 m/s<sup>2</sup>

$d$  = diámetro de las partículas 0,01

$f$  = los valores más utilizados para  $f$  factor de fricción de Darcy-Weisbach van desde 0,02 hasta 0,03 utilizaremos en este caso el ultimo valor.

#### **f. Remoción de la DBO y Sólidos Suspendidos**

La eficiencia de la remoción de la DBO y los SST, en tanques de sedimentación primaria como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención mediante una modelación matemática se obtuvo la siguiente expresión<sup>5</sup>

$$R = \frac{T_r}{a + b * t} \quad \text{Ec. 26}$$

---

<sup>5</sup>CRITES R. /TCHOBANOGLIOUS G., Tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones

Dónde:

R = porcentaje remoción esperado (%)

Tr = tiempo nominal de retención (h)

a + b = constantes empíricas

**TABLA 13: Valores de las constantes empíricas**

<b>VARIABLE</b>	<b>a, h</b>	<b>b</b>
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

**FUENTE:** CRITES R. and TCHOBANOGLIOUS G

**g. Dimensionamiento de las Paletas de agitación**

**TABLA 14: Parámetros de Diseño de Paletas**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR</b>	
	<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
Tiempo de retención (h)	2 - 6	3
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de la velocidad hasta el 30% de la velocidad máxima (m/s).	0,45 – 1,00	0,60
Agitación de paletas (rpm)	50 - 80	60
Ancho de la paleta (m)	0,50 - 2	0,80

**FUENTE:** Metcalf & Eddy. 1995

#### **h. Área requerida por las Paletas**

Con la finalidad de una agitación adecuada del floculante con el agua a tratar en el sedimentador, se calcula el área de la paleta:

$$P = \frac{C_D * A * \gamma * v^3}{1} \quad \text{Ec. 27}$$

Dónde:

A = área de la sección transversal de las paletas (m<sup>2</sup>)

P = potencia necesaria (HP)

C<sub>D</sub> = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

γ = densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

v = velocidad relativa de las paletas (0,6 – 0,75 m/s)

Se despeja el área de la sección transversal requerida de las paletas:

$$A = \frac{1 * P}{C_D * \gamma * v^3} \quad \text{Ec. 28}$$

El valor del coeficiente de resistencia al avance de las paletas se estima:

**TABLA 15: Valores de C<sub>D</sub>**

<b>Cantidad</b>	<b>C<sub>D</sub></b>
<b>1</b>	<b>1,16</b>
5	1,20

20	1,50
$\infty$	1,95

FUENTE:ROUSE, 2003

### i. Longitud de la Paleta

El calcula de la longitud de la paleta representa el área transversal de la misma:

$$A = l * b \quad \text{Ec. 29}$$

$$l = \frac{A}{b} \quad \text{Ec. 30}$$

Dónde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

### 1.7.4 DESINFECCIÓN

El propósito de la desinfección de efluente es destruir cualquier organismo patógeno que pudiera haber sobrevivido al proceso de tratamiento, con la finalidad de proteger la salud pública. Los objetivos de la cloración se resumen en lo siguiente:

- *Desinfección:* fundamentalmente el cloro es un desinfectante debido a su fuerte capacidad de oxidación, por lo que destruye o inhibe el crecimiento de bacterias y algas.

- *Reducción de la DBO:* el cloro produce una reducción de la DBO por oxidación de los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales para proteger principalmente el sistema acuático.
- *Eliminación o reducción de colores y olores:* las sustancias que producen el olor y color presentes en las aguas residuales se oxidan mediante el cloro.
- *Oxidación de los iones metálicos:* los iones metálicos que están presentes de forma reducida se oxidan por el cloro.

Un buen desinfectante debe ser tóxico para los microorganismos a concentraciones mucho menores que sus límites de toxicidad para los humanos y animales superiores, además también deben tener una tasa rápida de eliminación y persistir lo suficiente para evitar que se reproduzcan nuevamente los microorganismos.

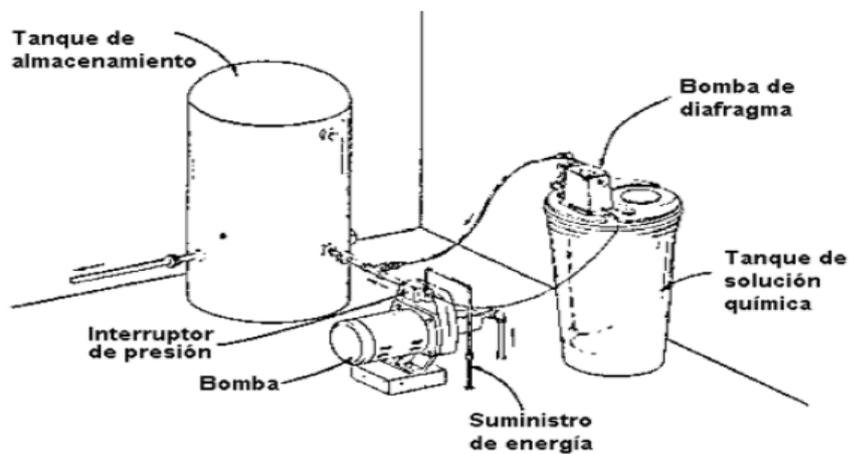
El cloro puede aplicarse al agua en forma gaseosa  $\text{Cl}_2$  o como un producto ionizado de sólidos: hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  e hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$ ).

El hipoclorito de calcio comercial contiene aproximadamente un 70% de cloro disponible, mientras que el hipoclorito de sodio solo contiene de 3 a 5% de cloro disponible. Ambos hipocloritos son más costosos que el  $\text{Cl}_2$  licuado, pero en condiciones de riesgos los hipocloritos son más utilizados debido a que el  $\text{Cl}_2$  licuado es un oxidante fuerte, tóxico a los humanos y más pesado que el aire, por lo que se expande lentamente a nivel de piso.

El hipoclorito de calcio tiene un tiempo de almacenamiento de 3 a 6 meses, este compuesto en aguas residuales no debe ser mayor a 20 mg/L de cloro libre porque afecta a la vida acuática.

### 1.7.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para la desinfección de pequeños volúmenes de agua a tratar es común el empleo de hipocloritos debido a su menor costo. Los hipocloritos se aplican al agua en forma líquida por medio de bombas pequeñas. Este tipo de bombas son de desplazamiento positivo que entregan la cantidad necesaria de líquido en cada carrera del pistón o del diagrama flexible.



**Fig. 8 Instalación típica de hipocloración**

**FUENTE:** VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual.

La cloración excesiva del agua residual puede tener impactos ambientales adversos. Las concentraciones grandes de cloro en la vecindad de un emisor del efluente de la planta pueden aniquilar a los peces y otras formas de vida acuática. El operador de la planta debe controlar cuidadosamente la dosis de cloro.

- **Tanque de almacenamiento**

Con el caudal máximo o de diseño y el tiempo de contacto con el agua tratada y una dosis de cloración se obtiene el volumen necesario para el tanque de almacenamiento de la cloración.

$$V_T = Q_{Diseño} * T_c \quad \text{Ec. 31}$$

Dónde:

$V_T$  = volumen del tanque de cloración ( $m^3$ )

$Q_{Diseño}$  = caudal de diseño ( $m^3/h$ )

$T_c$  = tiempo de contacto del agua tratada con la dosis de cloro (h)

- **Dosificación de  $Ca(OCl)_2$**

Para saber la dosificación de hipoclorito que se debe añadir al agua tratada por día se tiene:

$$D_{Cl} = Q_{ent} * C \quad \text{Ec. 32}$$

Dónde:

$D_{Cl}$  = dosis de cloro por día que se necesita para la desinfección (ml/min)

$Q_{ent}$  = caudal de entrada al tanque de cloración (L/d)

$C$  = concentración de hipoclorito (mg/L)

- **Demanda de Cloro Libre**

$$D_L = \frac{ml \text{ solución } Ca(OCl)_2 * 100}{ml \text{ de muestra}} \text{ Ec. 33}$$

- **Reducción de Coliformes**

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * C * t)^{-3} \text{ Ec. 34}$$

Dónde:

$N/N_o$  = número de unidades por muestra

C = concentración de hipoclorito (mg/L)

t = tiempo de contacto (s)

**TABLA 16: Parámetros de Dosificación de Hipoclorito para Aguas Residuales.**

REFERENCIA	DOSIS DE CLORO (mg/L)	TIEMPO CONTACTO(m in)
Ramalho (pre-cloración)	6 – 25	30
Metcalf & Eddy	3 – 5	30
Henry Glynn y Gary Heinke	6 – 9	30 - 45
Tchonobanoglous & Schoreder	3 – 8	30

FUENTE: Freire J., 2013

## **1.8 NORMATIVA AMBIENTAL**

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La investigación se fundamentará en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI, Tabla 12, Anexo 1, en el que establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.

### **1.8.1 NORMAS DE DESCARGA DE EFLUENTES A UN CUERPO DE AGUA O RECEPTOR: AGUA DULCE**

Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a. Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b. Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- c. Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación:

**TABLA 17:**Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5

**FUENTE:** TULAS. Libro VI. Anexo 1.

Para el diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento aplican las siguientes normas técnicas:

- Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Décima Parte (X). República del Ecuador. Subsecretaria de Saneamiento Ambiental, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.1992.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Títulos E, Tratamiento De Aguas Residuales, República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C. Noviembre de 2000 (RAS 2000)
- Organización Panamericana de la Salud, Área de desarrollo sostenible y salud ambiental Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. Lima – Perú. 2005.

## **1.9 PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL**

### **a. COLOR Y OLOR**

La coloración de un agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez. La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados.

El olor puede ser definido como el conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El procedimiento normalmente utilizado es el de ir diluyendo el agua e examinar hasta que o presente ningún olor perceptible. El resultado se da como un número que expresa el límite de percepción del olor, y corresponde a la dilución que da olor perceptible. Debido al carácter subjetivo de la medida, es recomendable que la medida la realicen al menos dos personas distintas, comparando la percepción con la de un agua desodorizada. Debe evitarse, como es lógico, en todo lo posible, la presencia de otros olores en el ambiente.

#### **b. Materia Sólida**

La materia sólida presente en un agua suele agruparse en tres categorías; materias decantables, materias en suspensión y residuos. La materia decantable se determina dejando en reposo un litro de agua en un cono o probeta graduada. El resultado se expresa como mililitros de materia decantada por litro de agua.

La determinación de las materias en suspensión en el agua puede realizarse por filtración o por centrifugación. La filtración se realiza a vacío sobre un filtro. El filtro con el residuo es nuevamente secado y pesado. La diferencia entre este peso y el que teníamos antes del filtro solo, proporciona el valor de los sólidos.

#### **c. Turbidez**

La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión. Finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas. La determinación de la turbidez tiene un gran interés como parámetro de control en aguas contaminadas y residuales. Se puede evaluar en el campo o en el laboratorio.

#### **d. pH:**

Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

Este método se utiliza si se quiere obtener medidas muy precisas y puede aplicarse a cualquier caso particular.

#### **e. Coliformes Totales**

El grupo coliforme está formado por las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas y de forma largada, que desarrollan una colonia roja con un brillo metálico en un medio tipo endo que contenga lactosa tras la incubación de 24 horas a 35°C.

#### **f. Coliformes Fecales**

El grupo coliforme está formado por las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no formadoras de espora y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35°C. Los Coliformes fecales forman parte del grupo coliforme total y enterobacter, el predominante del grupo Coliformes fecales es la Escherichia Coli.

#### **g. Acidez y Alcalinidad:**

La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles.

La alcalinidad de un agua corresponde a la presencia de los bicarbonatos, carbonatos de hidróxidos.

La depuración de las aguas residuales es un proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible la contaminación que lleva un vertido antes de que éste incida sobre un cauce receptor, de forma que los niveles de contaminación que queden en el efluente ya tratado puedan ser asimilados de forma natural.

#### **h. Dureza:**

También llamada grado hidrotimétrico, la dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio.

#### **i. Sólidos Totales (ST)**

Los sólidos totales consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103°C a 105°C. Sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

#### **j. Sólidos Suspendidos**

Porción de sólidos totales retenidos en un litro.

#### **k. Sólidos Sedimentables**

Porción de sólidos suspendidos que puede sedimentar en un periodo determinado.

#### **l. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO<sub>5</sub> porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DBO<sub>5</sub> suele emplearse para comprobar la carga orgánica de aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

#### **m. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

# CAPTÍULO

## II

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 MUESTREO**

El muestreo es una herramienta de la investigación y su función básica es determinar que parte de la realidad en estudio debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

#### **2.1.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se llevó a cabo en la Comunidad de Nizag perteneciente al Cantón Alausí, provincia de Chimborazo; con la finalidad de analizar el agua residual doméstica del sector para realizar el respectivo Diseño de un Sistema de Tratamiento del Agua Residual.

Específicamente el muestreo de las aguas residuales se realizó en el alcantarillado público de la comunidad a 150 metros aproximadamente antes de que se dé la descarga directa al río Guasuntos.

#### **2.1.2 TIPO DE MUESTREO**

El muestreo de las aguas residuales en la Comunidad de Nizag fue un muestreo compuesto que es aquel que está formado por mezclas de muestras o alícuotas de agua individuales tomados en diferentes puntos y/o momentos. La cantidad de cada muestra individual se añade a la compuesta, para posteriormente realizar su análisis respectivo.

### **2.1.3 PLAN DE MUESTREO**

Para tener un muestreo representativo se determinó en primera instancia la medición del caudal diario por una semana, con la finalidad de tener claro como varia el caudal durante cada día y a cada hora del mismo.

Con la medición del caudal se notó que día es el representativo para tomar la respectiva muestra compuesta que implica nuestra primera caracterización del agua residual de la Comunidad de Nizag.

La primera caracterización del agua residual se realizó el 08 de mayo, la segunda caracterización fue el 29 de mayo, y la última caracterización fue el 05 de junio del 2013 con la finalidad de tener datos más reales y comprobar como varían dichos resultados de análisis.

Las muestras o alícuotas individuales de la compuesta fueron de 500 ml cada 15 minutos, y el volumen compuesto posee 6 litros. Los valores de las alícuotas de la muestra compuesta varía según le necesidad del laboratorio de análisis.

### **2.1.4 MATERIALES DE MUESTREO**

- Vaso de precipitación de 800ml
- Probeta de 500 ml
- Envase de plástico de 6 L
- Envase de plástico estéril de 200 ml
- Termómetro 50 °C
- Cámara fotográfica
- Guantes de látex

- Hielera
- Hielo

### 2.1.5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Los parámetros que se analizaron al agua residual doméstica fueron basados en la normativa vigente del país.

**TABLA 18: Parámetros de análisis del agua residual doméstica según la normativa vigente (TULAS).**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables	SS	ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	100
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Temperatura	°C		< 35

FUENTE:TULAS. Libro VI. Anexo 1

## **2.2 METODOLOGÍA**

### **2.2.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

El presente trabajo de investigación se inició realizando la toma del caudal del sistema de alcantarillado de la Comunidad de Nizag a partir del día lunes 29 de abril hasta el domingo 05 de mayo del 2013, es decir durante una semana a partir de las 06:30 am hasta las 17:30 pm cada día.

Para la medición del caudal se realizó cada media hora, y el método más usual que se utilizó, por las condiciones del alcantarillado, es el Método de llenado de recipientes<sup>6</sup> adecuado para caudales pequeños o descargas intermitentes donde se considera el tiempo en que el caudal se mantiene y/o varía.

Con estas mediciones diarias del caudal se obtuvieron gráficas de la curva del caudal vs. Tiempo, con las que se pueden observar claramente en que horas varía el caudal, se mantiene constante y que día o días son representativos para proceder a tomar la muestra mediante un plan de muestreo.

### **2.2.2 METODOLOGÍA DE LA TOMA DE MUESTRAS**

Mediante el plan de muestreo se determinó que la muestra a tomar es compuesta para cada caracterización. El día para la toma de muestras fue el miércoles a partir de las 9 am a 12 pm, debido a que el caudal en este día alcanza su más alta descarga y llega a mantenerse constante durante este tiempo.

---

<sup>6</sup> RAMALHO R.S. Tratamiento de aguas residuales

La muestra compuesta es de 6 lt. según lo requerido por el laboratorio de análisis técnicos – ESPOCH. Las alícuotas para la muestra compuesta fue de 500 ml cada 15 minutos, con una duración de 3 horas, ya que esta duración es representativa según la curva del caudal y esta se debe al estilo de vida de los habitantes de la Comunidad de Nizag.

### **2.2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **2.2.3.1 MÉTODOS**

Para el desarrollo del presente proyecto de tesis se tendrá en cuenta tres tipos de métodos: inductivo, deductivo y experimental, ya que es necesario conocer los hechos más importantes que se dan en el tratamiento de aguas residuales y, gracias a los cuales se facilitara el estudio y desarrollo de un sistema de tratamiento.

##### **a. INDUCTIVO**

Este estudio se da de lo particular a lo general, posibilitara conocer la cantidad de contaminantes que contiene las aguas residuales generadas en la Comunidad de Nizag, y que permitirá abstraer conclusiones claras y concretas.

Esto se obtendrá con un análisis minucioso de las aguas residuales que se tomen en el lugar de estudio para posteriormente conocer la caracterización del agua muestreada.

##### **b. DEDUCTIVO**

Que analiza de lo general a lo particular, conlleva a deducir los efectos que produce la contaminación del agua residual hacia el medio ambiente y sectores aledaños donde se

dan directamente las descargas, y ayudara a dar posibles soluciones como se ha planteado hacer un sistema de tratamiento para este tipo de aguas residuales.

### **c. EXPERIMENTAL**

Se basa en un conjunto de pasos fijados de antemano por una disciplina con el fin de alcanzar conocimientos válidos mediante instrumentos confiables.

Como la realización de pruebas de caracterización del agua residual mediante equipos y materiales adecuados que demuestren la certeza de sus datos para con ellos basarse en una simulación del diseño de un sistema para tratar el agua residual.

#### **2.2.3.2. TÉCNICAS**

##### **1) POTENCIAL DE HIDROGENO pH**

**Código:** STANDARD METHODS 4500-B

**Fundamento:** El pH es el parámetro que nos indica la alcalinidad o acidez del agua, tiene un rango de 1 a 14. Si el agua es ácida el pH es menor a 7, si es básica mayor a 7, si es igual a 7 es neutro.

##### **Materiales y Reactivos:**

- pH metro
- Buffer 7

##### **Procedimiento:**

- Calibrar el equipo utilizando buffer.

- Introducir el electrodo en la muestra, agitar suavemente.
- Esperar unos segundos que se estabilice, y tomar la lectura.

**Reporte de resultados:**

Lectura directa.

**2) CONDUCTIVIDAD**

**Código:** STANDARD METHODS 2510-B

**Fundamento:** Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas así como de la temperatura.

**Materiales y Reactivos:**

- Conductímetro
- Vaso de precipitado de 250ml

**Procedimiento:**

- Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación y vertimos en el recipiente que trae el Conductímetro.
- Tomar la lectura en el Conductímetro el cual trae tres diferentes escalas (0-1, 0-10, 0-1000) micro ohms\*cm, la misma que tenemos que regular de acuerdo a la escala que se requiera.

**Reporte de resultados:**

Lectura directa.

### **3) TURBIDEZ**

**Código:** MÉTODO HACH 46500-88

**Fundamento:**La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación de agua cruda y luego de la filtración (agua tratada), este equipo identifica toda impureza finamente dividida, cualquiera que sea su naturaleza, que pueda ser suspendida. Estas impurezas pueden ser de origen inorgánicas tales como las arcillas, limos, carbonatos de calcio, sílice, hidróxido férrico, azufre, etc. O pueden ser de naturaleza orgánica tales como materia vegetal finamente dividida, aceites, grasas, microorganismos.

#### **Materiales y Reactivos:**

- Turbidímetro.
- Celda.
- Pizeta.
- Agua Problema

#### **Procedimiento:**

- Colocar en la celda el agua recolectada en el tanque de recepción. Y agua tomada luego del proceso de filtración.
- Colocar la celda en el turbidímetro.
- Leer directamente el valor según la escala deseada (0-1, 0-10,0-100 NTU).

#### **Reporte de resultados:**

Lectura directa.

#### 4) ALCALINIDAD TOTAL

**Código:** STANDARD METHODS 4500HB

**Fundamento:** La alcalinidad del agua es la Capacidad para neutralizar los ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH.

Depende del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos por los que se puede tomar como una medida directa de la concentración de estos.

#### **Materiales y Reactivos:**

- Probeta de 50 ml
- Pipeta de 1 mL Vaso de precipitados de 250 mL
- Agitador magnético Magnetor
- Muestra problema. Anaranjado de metilo
- Ácido sulfúrico 0,02N

#### **Procedimiento:**

- Tomar 50 ml de muestra
- Agregar 4 gotas de anaranjado de metilo
- Valorar con ácido sulfúrico 0,02N
- Leer el valor de titulación.

#### **Reporte de resultados:**

ml valorado por 20

## 5) DUREZA TOTAL

**Código:** STANDARD METHODS 2550HB

**Fundamento:**La dureza total mide la capacidad del agua para consumir jabón. Las aguas duras son usualmente menos corrosivas que las blandas.

Contienen sales de calcio y magnesio que están disueltos generalmente en forma de carbonatos que por calentamiento pueden formar bicarbonatos que son la causa de incrustación en los sistemas de transporte de agua.

### **Materiales y Reactivos:**

- Probeta de 100 ml.
- Pipetade 1ml.
- Vaso de precipitados de 250mL
- Agitador magnético.
- Magnetor.
- Muestra problema
- Buffer de dureza Negro de erio cromo T
- Solución de EDTA

### **Procedimiento:**

- Probeta de 50ml.
- Tomar 50ml de agua.
- Adicionar 1ml de buffer de dureza.
- Agregar una pequeña porción de negro de erio cromo T.

- Valorar con la solución de EDTA.
- Leer el valor de titulación.

**Reporte de resultados:**

ml valorados por 20

**6) COLOR**

**Código:** HACH MODELD R4000 V

**Fundamento:** El color es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color producido por sólidos suspendidos se denomina Color aparente. Mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denominan color verdadero.

**Materiales y Reactivos:**

- Colorímetro HACH
- Vaso de precipitados de 250ml
- Agua destilada
- Muestra problema

**Procedimiento:**

- Tomar la muestra en un vaso de precipitación y colocar en la celda.
- Colocar la rueda colorimétrica de aguas crudas y leer comparativamente.
- De la misma manera colocar la rueda colorimétrica para aguas limpias y leer comparativamente.

**Reporte de resultados:**

Lectura directa.

**7) SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS****Código:**MÉTODO HACH

**Fundamento:**Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos.

**Materiales y Reactivos:**

- Vaso de precipitación de 250mL.
- Electrodo sensible HACH
- Agua cruda
- Agua tratada

**Procedimiento:**

- Colocar aproximadamente 100ml de agua cruda en el vaso de 250ml.
- Leer directamente la medida en el HACH series.
- Realizar el mismo procedimiento con agua tratada

**Reporte de resultados:**

Leer directamente el valor de STD.

## 8) NITRITOS Y NITRATOS

**Código:** METODO HACH

**Fundamento:** Los niveles de nitratos en aguas superficiales y subterráneas naturales son generalmente de unos pocos mgr/lit. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a las prácticas agrícolas y ganaderas.

**Materiales y Reactivos:**

- Vaso de precipitación de 250mL.
- HACH 2004.
- Pipetade1mL
- Reactivo Nitri
- Reactivo Nitra

**Procedimiento:**

- Colocar 10mL de muestra de agua cruda con el reactivo Nitri
- Colocar la celda en el HACH.

**Reporte de resultados:**

Lectura directa.

## 9) SULFATOS

**Código:** STANDARD METHODS

**Fundamento:** Los altos niveles de sulfato pueden corroer tuberías. Particularmente las de cobre. En áreas con altos niveles de sulfato, normalmente se utilizan materiales más resistentes a la corrosión para las tuberías, tales como tubos de plástico.

**Materiales y Reactivos:**

- Bureta
- Pipetade 1mL
- Vaso de precipitado de 250ml
- Erlenmeyer
- Espectrofotómetro
- Solución sulfatos Cloruro de bario

**Procedimiento:**

- En un balón de 100ml, colocamos una porción de muestra + 2 ml de solución acondicionadora + aproximadamente 1gr de  $BaCl_2$
- Aforar con la muestra.
- Medir en el fotómetro a 410 nm

**Reporte de resultados:**

Multiplicar por el factor correspondiente

**10) SOLIDOS SEDIMENTABLES**

**Código:** MÉTODO 2540-F

**Fundamento:** Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas así como los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/l) o de un peso (mg/l).

**Materiales y Reactivos:**

- Capsulas de Porcelana
- Platino
- Vaso alto de sílice
- Mufla
- Baño de vapor
- Desecador
- Balanza analítica

**Procedimiento:**

Volumétrico: llénese un icono Imhoff hasta la marca con la muestra deje sedimentar durante 45min removiendo constantemente con una varilla.

**Reporte de resultados:**

Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:

$$\text{mg SS/L} = \text{mg de STSuspension /L} - \text{kmg SNS/L}$$

Dónde:

SS=sólidos sedimentables

STS=sólidos totales en suspensión

SNS= sólidos no sedimentables

## **11) DBO (DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO)**

**Código:** STANDARD METHODS 5210-B

**Fundamento:** Se llena una muestra hasta rebosar un frasco hermético e incubarlo a una temperatura establecida durante 5 días.

El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final

### **Materiales y Reactivos:**

- Equipo de DBO
- Botellas de incubación
- Grasa
- Tampones de Copa
- Capsula magnética
- Probeta graduada
- Termómetro
- Embudo

### **Procedimiento:**

- Caliente o enfríe la muestra hasta 2°C de la T de incubación (20°). Usando una probeta graduada, vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura.
- Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella de muestra. Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias si las características de la muestra original lo

requieran. Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa.

- Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo. Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a  $20 \pm 2$  °C.
- Prenda el equipo.
- Seleccione la duración de la prueba

### **Reporte de resultados:**

Cuando el agua de la disolución no está sembrada:

$$ROB5 = (D1 - D2)/P$$

Cuando el agua de disolución está sembrada:

$$ROB (5mg/l) = ((D1 - D2) - (B1 - B2) * f) / P$$

Dónde:

D1= OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación mg/L

D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C mg/L

P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada

B1= OD del control de simiente antes de la incubación mg/L

B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L

f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente

## 12) DQO (DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO)

**Código:** MÉTODO 5220-C

**Fundamento:** Una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos son oxidados con una mezcla de ácido crómico y sulfúrico a ebullición, la muestra se coloca a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio.

El dicromato no reducido se mide por titulación o espectrofotométricamente.

### **Materiales y Reactivos:**

- Reactor de DQO
- Probeta graduada
- Vaso de precipitación
- Tubos de reactivos de digestión con tapa
- Toallas de papel
- Pipetas volumétricas

### **Procedimiento:**

- Precalentar a 150°C el digestor de DQO y tomar la muestra Homogeneizada.
- Añadir la disolución digestora respectiva.
- Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos.
- Colocar los tubos en el digestor y dejar por 2h.
- Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar
- Medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación

### **Reporte de resultados:**

El DQO se expresa mg O<sub>2</sub>/L:

$$DQO = (V_1 \cdot k \cdot VP \cdot 8000) / V_s$$

Dónde:

V<sub>1</sub>= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo.

V<sub>2</sub>= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra.

V<sub>s</sub>= volumen de la muestra.

### **13) ACEITES Y GRASAS**

**Código:** STANDARD METHODS 5530-C

**Fundamento:** En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determina cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.

#### **Materiales y Reactivos:**

- Embudo de separación
- Matraz de destilación
- Baño de agua
- Papel filtro (diámetro 11cm)

**Procedimiento:**

- Tome un 1ml de muestra y marque el nivel en la botella. Acidifíquela hasta un pH de 2 o inferior con 5ml de HCl, pásela por un embudo.
- Dejar que separe las dos capas y drenar la capa del disolvente con el uso papel filtro.
- Si la capa no es clara añadir 1g de sulfato de sodio y drene.
- Hágase dos extracciones con 30 ml de disolvente

**Reporte de resultados:**

La cantidad de aceites y grasas se determina mediante:

$$\text{mg de aceites y grasas/L} = (A - k B) \times 1000 \text{ ml de muestra.}$$

Dónde:

A= la ganancia total del peso.

B = peso del matraz tarado menos el residuo calculado.

**14) TENSOACTIVOS**

**Código:** STANDARD METHODS 5530-C

**Fundamento:**El método se basa en la destilación de los fenoles a un pH de 10 en presencia de ferrocianuro de potasio formando compuestos de color amarillo intenso a rojo, son extraídos con cloroformo midiendo su absorbancia.

**Materiales y Reactivos:**

- Balanza analítica
- Equipo de destilación
- Potenciómetro de laboratorio
- Espectrómetro
- Papel filtro
- Embudos de separación

**Procedimiento:**

- Tomar 500 ml de muestra y ajustar el pH a 4 con de ácido fosfórico utilizando el indicador naranja de metilo. Destilar la muestra, adicionar 500ml de agua caliente, seguir destilando hasta un volumen de 500ml
- De destilado total.

**Reporte de resultados:**

Para calcular los fenoles se utiliza la siguiente ecuación de la curva de calibración:

$$Y = mx + b$$

Para la concentración:

$$U \text{ fenol} / L = (A/B)$$

Dónde:

A =  $\mu$ gr de fenol determinada en la curva

B = ml de la muestra original

## **15) COLIFORME FECAL**

**Código:** STANDARD METHODS 4500-B

**Fundamento:** El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de T óptima de desarrollo son variables.

Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre

### **Materiales y Reactivos:**

- Cajas Petri
- Pipetas
- Autoclave
- Estufa
- Disco filtrante
- Agar de Plata
- Agua destilada
- Pinzas
- Papel filtro
- Matraz
- Bomba al vacío

**Procedimiento:**

Un disco filtrante estéril se pone en la unidad de filtración, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. Las almohadillas absorbentes se acomodan en cajas de Petri, las cuales se incuban.

Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración.

La placa Petri con el contenido se lleva a estufa a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.

**Reporte de resultados:**

Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.

**2.3 DATOS EXPERIMENTALES****2.3.1 DIAGNÓSTICO**

La Comunidad de Nizag actualmente recibe el agua potable de una vertiente del Sector de Sevillayes distribuida a un total de 141 viviendas<sup>7</sup>, las cuales generan aguas residuales debido a uso doméstico específicamente que no posee ningún tipo de

---

<sup>7</sup> PDOT: Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial

tratamiento, sino es vertido directamente al alcantarillado y su descarga general se da al Río Guasuntos.

Las aguas resultantes de uso doméstico contienen cantidades de desechos fecales, materia orgánica, en especial granos debido al lavado que se los da para su respectiva venta; sólidos de pequeño tamaño como arena, palos, piedras, etc.; cantidades menores de detergentes debido al lavado de ropa y cabuya.

Para el desarrollo de este tema de investigación se realizó la medición del caudal aproximado el cual varía cada día, según la rutina y el ritmo de trabajo que llevan los pobladores de la Comunidad de Nizag.

El nivel de consumo aproximado de agua potable por habitante de la Comunidad de Nizag fue de 101,41L/hab\*d; el caudal de diseño más alto que se tomó fue de 72,306 m<sup>3</sup>/día, el mismo que se estima para una proyección de 20 años, dando un aumento a un caudal de 134,33m<sup>3</sup>/día.

En la caracterización inicial del agua residual se tiene en cuenta tres análisis importantes: físico, físico químico y microbiológico.

**TABLA 19: Examen Físico**

<b>COLOR</b>	Café amarillento Medición: 78
<b>OLOR</b>	Desagradable (no soportable), característico del agua residual
<b>ASPECTO</b>	Turbio y con abundante presencia de sólidos.

**FUENTE:** Freire J., 2013

**TABLA 20: Análisis Físico Químico**

Parámetros	Unidad	Método *	Resultado		Promedio
			M1	M2	Mn
pH		4500-B	7,16	7,41	7,29
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	286	448	367
Turbiedad	UTM	2130-B	66,3	54	60,15
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	8	1	4,5
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	8,6	2,26	5,43
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5210-B	160	147	153,5
DQO	mg/L	5220-C	225	241	233
Solidos suspendidos	mg/L	2540-C	137,1	136	136,6
Solidos totales	mg/L	2540-A	852	920	886
Solidos sedimentables	ml/L	2540-B	10	6,5	8,25

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

**FUENTE:**Laboratorio de análisis técnicos – ESPOCH

**TABLA 21: Análisis Microbiológico**

Parámetros	Unidad	Método*	Resultado		Promedio	Límite máximo permisible
			M1	M2	Mn	
Coliformes fecales	UFC/100ml	Método estándar 9222B Filtración por membrana.	475x10 <sup>5</sup>	318x10 <sup>5</sup>	396,5 x10 <sup>5</sup>	Remoción mayor al 99,9%

**FUENTE:** Laboratorio SAQMIC

Las aguas residuales que se generan en la Comunidad de Nizag contienen parámetros elevados principalmente de DBO<sub>5</sub>, Coliformes fecales, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables, lo que determina que existen cantidades considerables de población microbiana.

Estos y varios parámetros se determinaron por medio de análisis físico químicos y microbiológicos del agua residual que fueron comparados con la normativa vigente TULAS, libro VI, tabla 12 y se encontraron fuera de los límites permisibles para la descarga de efluentes hacia un cuerpo de agua dulce.

### **2.3.2 DATOS**

#### **2.3.2.1 DATOS DEL MONITOREO DEL CAUDAL**

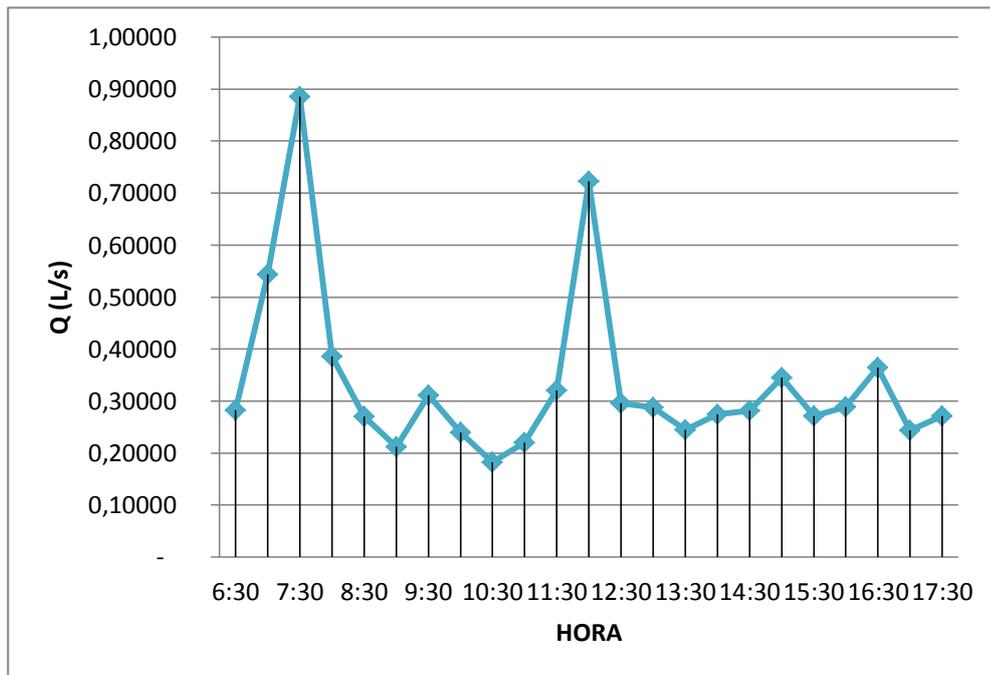
Los datos del caudal diario obtenidos se representan en la siguiente tabla:

**TABLA 22: Medición del Caudal del día lunes**

HORA	VOLUMEN	TIEMPO	Q (ml/s)	Q (L/s)
6:30	1.675	5,92	282,94	0,28294
7:00	3.000	5,52	543,48	0,54348
7:30	3.700	4,18	885,17	0,88517
8:00	2.095	5,43	385,82	0,38582
8:30	1.290	4,78	269,87	0,26987
9:00	1.276	6,02	211,96	0,21196
9:30	1.462	4,70	311,06	0,31106
10:00	1.275	5,31	240,11	0,24011
10:30	1.273	6,98	182,38	0,18238
11:00	1.140	5,17	220,50	0,22050
11:30	1.620	5,06	320,16	0,32016
12:00	3.700	5,12	722,66	0,72266
12:30	1.458	4,92	296,34	0,29634
13:00	1.475	5,13	287,52	0,28752
13:30	1.485	6,07	244,65	0,24465
14:00	1.465	5,34	274,34	0,27434
14:30	1.718	6,09	282,10	0,28210
15:00	1.920	5,57	344,70	0,34470
15:30	1.277	4,70	271,70	0,27170
16:00	1.463	5,07	288,56	0,28856
16:30	1.875	5,14	364,79	0,36479
17:00	1.297	5,32	243,80	0,24380
17:30	1.373	5,05	271,88	0,27188

**FUENTE:** Freire J., 2013

**Gráfico 1: Variación horaria del caudal del día lunes**



FUENTE: Freire J., 2013

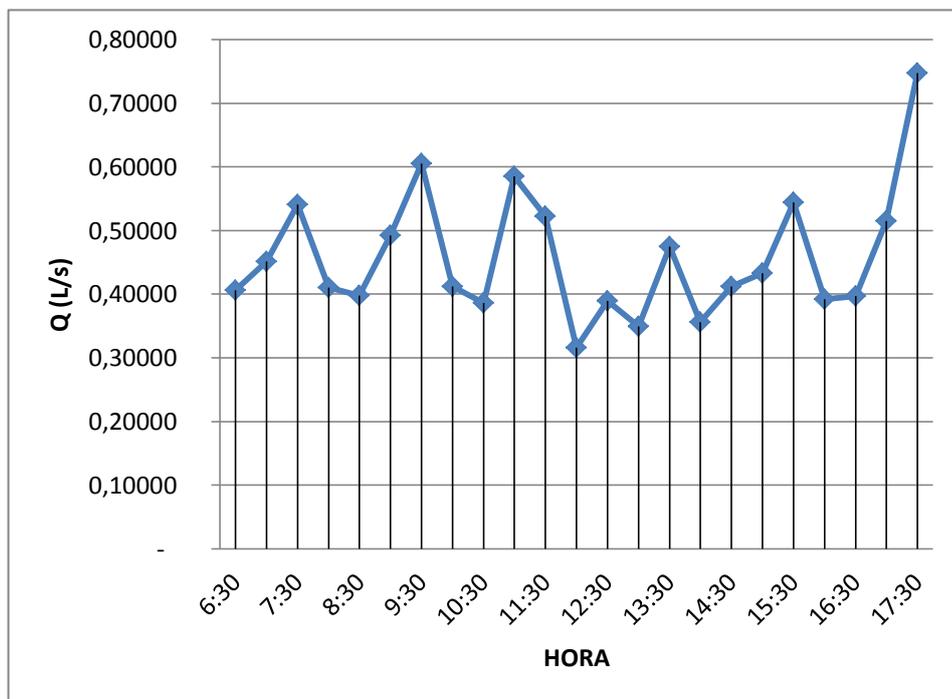
**TABLA 23: Medición del Caudal del día martes**

HORA	VOLUMEN	TIEMPO	Q (ml/s)	Q (L/s)
6:30	2355	5,80	406,03	0,40603
7:00	2454	5,44	451,10	0,45110
7:30	2848	5,27	540,42	0,54042
8:00	2190	5,34	410,11	0,41011
8:30	2130	5,36	397,39	0,39739
9:00	2740	5,57	491,92	0,49192
9:30	3105	5,13	605,26	0,60526
10:00	2198	5,33	412,38	0,41238
10:30	2105	5,45	386,24	0,38624
11:00	3234	5,53	584,81	0,58481
11:30	2934	5,62	522,06	0,52206
12:00	1672	5,29	316,07	0,31607

12:30	2090	5,37	389,20	0,38920
13:00	1935	5,54	349,28	0,34928
13:30	2644	5,57	474,69	0,47469
14:00	1928	5,42	355,72	0,35572
14:30	2215	5,38	411,71	0,41171
15:00	2352	5,43	433,15	0,43315
15:30	2937	5,40	543,89	0,54389
16:00	2236	5,71	391,59	0,39159
16:30	2097	5,28	397,16	0,39716
17:00	2648	5,14	515,18	0,51518
17:30	3900	5,22	747,13	0,74713

FUENTE: Freire J., 2013

**Grafico 2: Variación horaria del caudal del día martes**



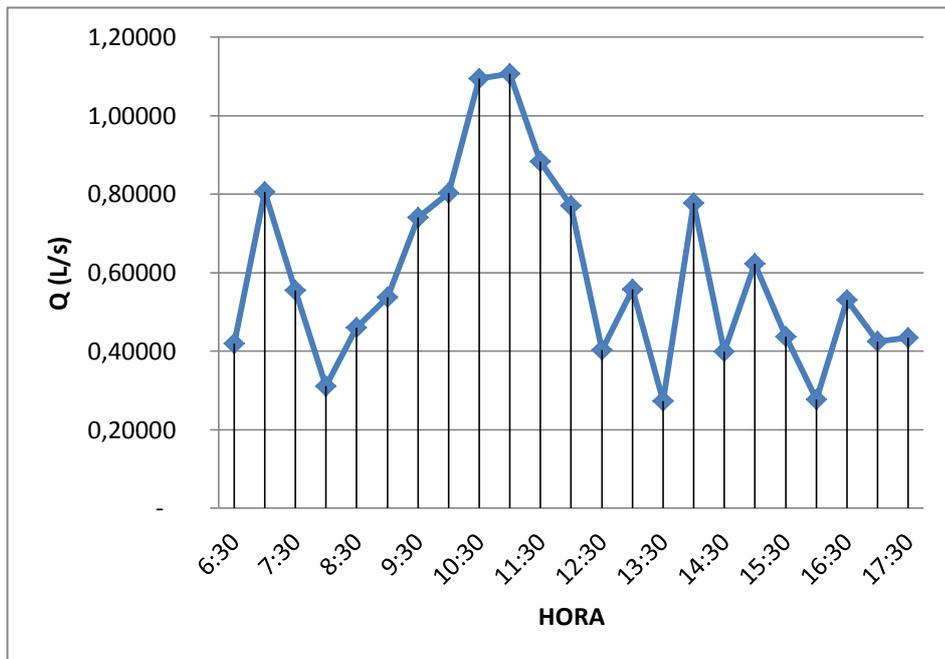
FUENTE: Freire J., 2013

**TABLA 24: Medición del Caudal Del día miércoles**

<b>HORA</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>Q (ml/s)</b>	<b>Q (L/s)</b>
6:30	2178	5,19	419,65	0,41965
7:00	4300	5,34	805,24	0,80524
7:30	2970	5,35	555,14	0,55514
8:00	1735	5,59	310,38	0,31038
8:30	2524	5,49	459,74	0,45974
9:00	2834	5,27	537,76	0,53776
9:30	4005	5,41	740,30	0,74030
10:00	3990	4,97	802,82	0,80282
10:30	5885	5,38	1.093,87	1,09387
11:00	3418	3,09	1.106,15	1,10615
11:30	4694	5,32	882,33	0,88233
12:00	4120	5,35	770,09	0,77009
12:30	2320	5,75	403,48	0,40348
13:00	2992	5,36	558,21	0,55821
13:30	1518	5,57	272,53	0,27253
14:00	3296	4,24	777,36	0,77736
14:30	2120	5,32	398,50	0,39850
15:00	3490	5,60	623,21	0,62321
15:30	2330	5,34	436,33	0,43633
16:00	1540	5,57	276,48	0,27648
16:30	2660	5,02	529,88	0,52988
17:00	2335	5,50	424,55	0,42455
17:30	2224	5,12	434,38	0,43438

**FUENTE:** Freire J., 2013

**Gráfico 3: Variación horaria del caudal del día miércoles**



FUENTE: Freire J., 2013

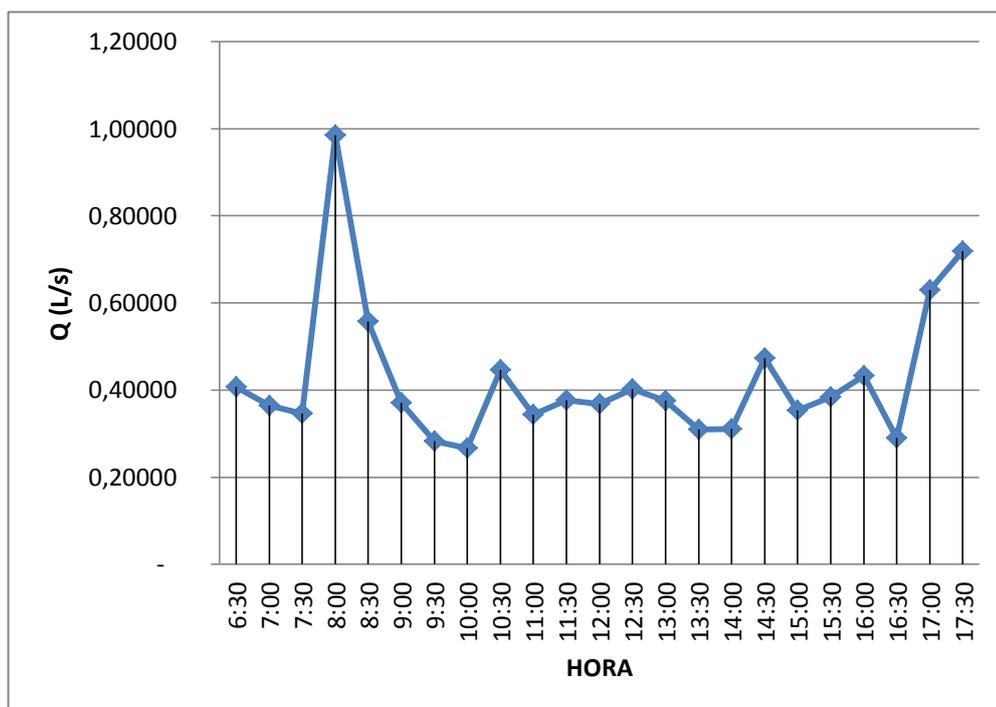
**TABLA 25: Medición del Caudal del día jueves**

HORA	VOLUMEN	TIEMPO	Q (ml/s)	Q (L/s)
6:30	2194	5,39	407,05	0,40705
7:00	1918	5,27	363,95	0,36395
7:30	1832	5,30	345,66	0,34566
8:00	5445	5,53	984,63	0,98463
8:30	2933	5,26	557,60	0,55760
9:00	2064	5,57	370,56	0,37056
9:30	1557	5,52	282,07	0,28207
10:00	1444	5,42	266,42	0,26642
10:30	2622	5,88	445,92	0,44592
11:00	1810	5,27	343,45	0,34345
11:30	2100	5,58	376,34	0,37634
12:00	1915	5,20	368,27	0,36827

12:30	2218	5,51	402,54	0,40254
13:00	2120	5,64	375,89	0,37589
13:30	1624	5,24	309,92	0,30992
14:00	1615	5,19	311,18	0,31118
14:30	2500	5,29	472,59	0,47259
15:00	1925	5,45	353,21	0,35321
15:30	2110	5,50	383,64	0,38364
16:00	2330	5,39	432,28	0,43228
16:30	1610	5,56	289,57	0,28957
17:00	3320	5,27	629,98	0,62998
17:30	3860	5,37	718,81	0,71881

FUENTE: Freire J., 2013

**Gráfico 4: Variación horaria del caudal del día jueves**



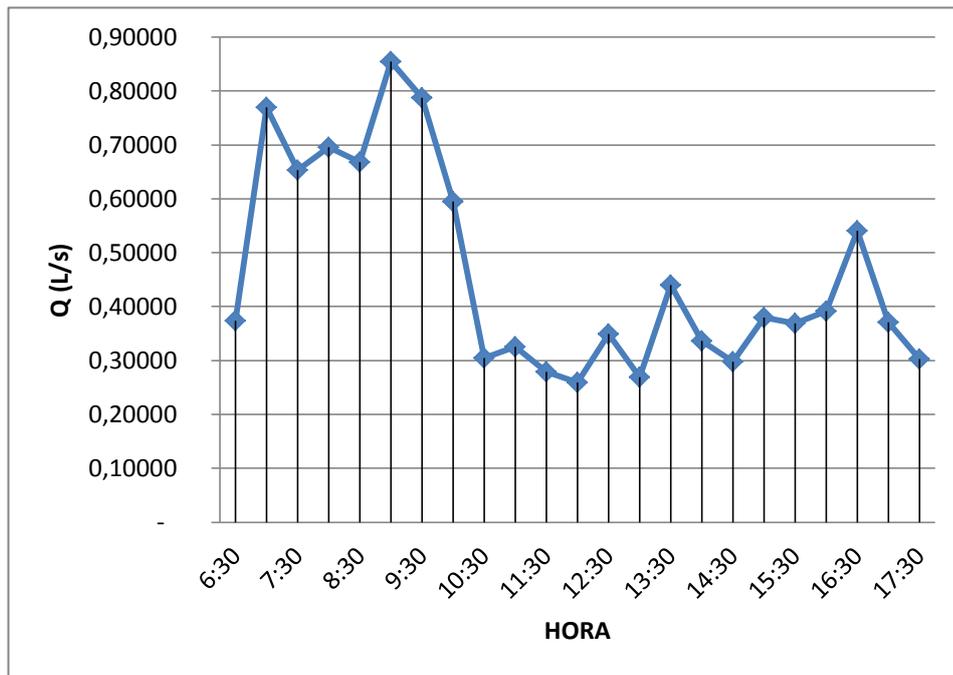
FUENTE: Freire J., 2013

**TABLA 26: Medición del Caudal del día viernes**

HORA	VOLUMEN	TIEMPO	Q (ml/s)	Q (L/s)
6:30	1934	5,18	373,36	0,37336
7:00	4140	5,38	769,52	0,76952
7:30	3495	5,35	653,27	0,65327
8:00	3713	5,34	695,32	0,69532
8:30	3415	5,11	668,30	0,66830
9:00	4153	4,86	854,53	0,85453
9:30	4206	5,34	787,64	0,78764
10:00	3270	5,50	594,55	0,59455
10:30	1690	5,55	304,50	0,30450
11:00	1662	5,10	325,88	0,32588
11:30	1418	5,08	279,13	0,27913
12:00	1502	5,80	258,97	0,25897
12:30	1893	5,42	349,26	0,34926
13:00	1430	5,32	268,80	0,26880
13:30	2210	5,02	440,24	0,44024
14:00	1818	5,41	336,04	0,33604
14:30	1630	5,47	297,99	0,29799
15:00	1912	5,04	379,37	0,37937
15:30	1818	4,93	368,76	0,36876
16:00	1970	5,03	391,65	0,39165
16:30	2710	5,01	540,92	0,54092
17:00	1926	5,20	370,38	0,37038
17:30	1612	5,33	302,44	0,30244

**FUENTE:** Freire J., 2013

**Gráfico 5: Variación horaria del caudal del día viernes**



FUENTE: Freire J., 2013

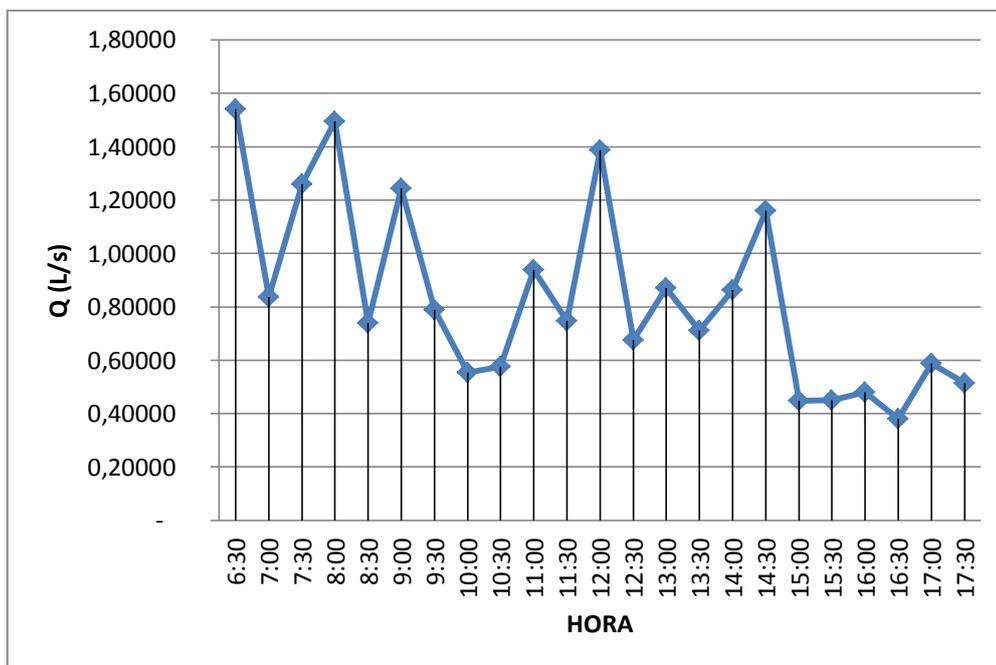
**TABLA 27: Medición del Caudal del día sábado**

HORA	VOLUMEN (ml)	TIEMPO	Q (ml/s)	Q (L/s)
6:30	4422	2,87	1.540,77	1,54077
7:00	4474	5,34	837,83	0,83783
7:30	5665	4,50	1.258,89	1,25889
8:00	5188	3,47	1.495,10	1,49510
8:30	4155	5,62	739,32	0,73932
9:00	5408	4,35	1.243,22	1,24322
9:30	3968	5,03	788,87	0,78887
10:00	2740	4,95	553,54	0,55354
10:30	2984	5,19	574,95	0,57495
11:00	4915	5,24	937,98	0,93798
11:30	4050	5,42	747,23	0,74723
12:00	5510	3,97	1.387,91	1,38791

12:30	3575	5,29	675,80	0,67580
13:00	4660	5,35	871,03	0,87103
13:30	3773	5,30	711,89	0,71189
14:00	4610	5,34	863,30	0,86330
14:30	5730	4,94	1.159,92	1,15992
15:00	2558	5,70	448,77	0,44877
15:30	2410	5,35	450,47	0,45047
16:00	2860	5,97	479,06	0,47906
16:30	2050	5,40	379,63	0,37963
17:00	3160	5,37	588,45	0,58845
17:30	2720	5,29	514,18	0,51418

FUENTE: Freire J., 2013

**Gráfico 6: Variación horaria del caudal del día sábado**



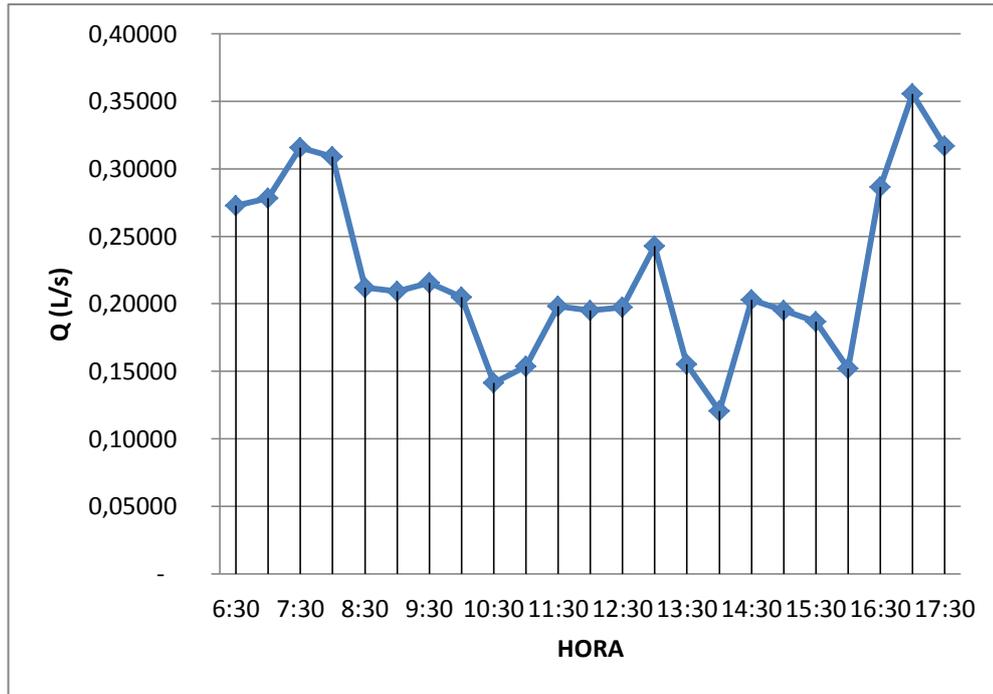
FUENTE: Freire J., 2013

**TABLA 28: Medición del Caudal del día domingo**

HORA	VOLUMEN	TIEMPO	Q (ml/s)	Q (L/s)
6:30	1510	5,54	272,56	0,27256
7:00	1550	5,57	278,28	0,27828
7:30	1600	5,07	315,58	0,31558
8:00	1585	5,13	308,97	0,30897
8:30	1065	5,02	212,15	0,21215
9:00	1090	5,21	209,21	0,20921
9:30	1120	5,20	215,38	0,21538
10:00	1095	5,34	205,06	0,20506
10:30	755	5,33	141,65	0,14165
11:00	828	5,39	153,62	0,15362
11:30	1010	5,10	198,04	0,19804
12:00	835	4,28	195,09	0,19509
12:30	1015	5,14	197,47	0,19747
13:00	1280	5,27	242,88	0,24288
13:30	833	5,37	155,12	0,15512
14:00	3263	27,03	120,72	0,12072
14:30	1094	5,39	202,97	0,20297
15:00	1352	6,93	195,09	0,19509
15:30	1447	7,74	186,95	0,18695
16:00	1338	8,80	152,05	0,15205
16:30	1510	5,27	286,53	0,28653
17:00	1830	5,15	355,34	0,35534
17:30	1875	5,92	316,72	0,31672

**FUENTE:** Freire J., 2013

**Gráfico 7: Variación horaria del caudal del día domingo**



**FUENTE:** Freire J., 2013

### 2.3.2.2 DATOS DE LA TOMA DE TEMPERATURA

La temperatura fue medida in situ para cada muestra tomada, con un termómetro de mercurio de 50 °C.

**TABLA 29: Medición de la Temperatura**

MUESTRA	1	2	3	4	5
TEMPERATURA °C	19	19	18	19	18,5

**FUENTE:** Freire J., 2013

### 2.3.2.3 DATOS DE PARÁMETROS FUERA DE NORMA

**TABLA 30: Límites permisibles fuera de norma**

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Limite*</b>	<b>Condición</b>
DBO <sub>5</sub>	153,5 mg/L	100 mg/L	No cumple
Sólidos sedimentables	8,25 ml/L	1 ml/L	No cumple
Sólidos suspendidos	136,6 mg/L	100 mg/L	No cumple
Coliformes fecales	396,5x10 <sup>5</sup>	Remoción > al 99,9%	No cumple

\* TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

**FUENTE:** Freire J., 2013

# CAPÍTULO

## III

### **3. DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA COMUNIDAD DE NIZAG EN EL CANTÓN ALAUSÍ.**

#### **3.1 CÁLCULOS**

##### **3.1.1 PROYECCIÓN DE HABITANTES**

###### **- Población actual**

Según los datos del último CENSO 2013 en la Comunidad de Nizag existen 713 habitantes, sumados a estos la población institucional en un 5,6% aproximadamente. Y según la Ecuación 2 se tiene:

$$P_a = P_e + P_I$$

$$P_a = (713 + 40) \text{ hab}$$

$$P_a = 753 \text{ hab}$$

###### **- Población futura**

Según la Ecuación 3, para obtener la población futura que es la población de diseño que usaremos, se realiza mediante una proyección demográfica utilizando el cálculo del conocido método geométrico, la población futura se estima para realizar el diseño de un Sistema de Tratamiento de Agua residual con una proyección hacia 20 años, se emplea la siguiente ecuación:

$$P_f = P_a * (1 + i)^n$$

$$P_f = 753 \text{ hab} * (1 + 0,008)^{20}$$

$$P_f = 883,09 \text{ hab}$$

### 3.1.2 CAUDAL DE DISEÑO

Para determinar el caudal de diseño es importante estimar tres tipos de caudales conocidos como: caudal medio, mínimo y máximo, tomando en cuenta que para diseñar un Sistema de tratamiento es importante el caudal máximo, y así tenemos:

#### - Caudal Medio

Antes de determinar el caudal medio según la ecuación 4, es importante primero encontrar la dotación de agua que ocupa cada habitante de la Comunidad de Nizag en un día, y según la ecuación 5 tenemos:

$$D = \frac{Q_{\text{max diario}}}{P_e}$$

$$D = \frac{72,306 \frac{m^3}{d} * \frac{1000 L}{1m^3}}{713 \text{ hab}}$$

$$D = 101,41 \frac{L}{\text{hab} * d}$$

$$Q_{\text{med}} = \frac{\text{poblacion (hab)} * \text{dotacion}(\frac{L}{\text{hab}*d})}{1000 (\frac{L}{m^3})}$$

$$Q_{med} = \frac{883,09 \text{ (hab)} * 101,41 \left(\frac{L}{\text{hab*dia}}\right)}{1000 \left(\frac{L}{m^3}\right)}$$

$$Q_{med} = 89,55 \frac{m^3}{d}$$

- **Caudal Mínimo**

Para determinar el caudal mínimo mediante la Ecuación 6 se tiene:

$$Q_{min} = 0,5 * Q_{med}$$

$$Q_{min} = 0,5 * 89,55 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{min} = 44,78 \frac{m^3}{d}$$

- **Caudal máximo o de Diseño**

Según la Ecuación 7 se calcula:

$$Q_{max} = 1,5 * Q_{med}$$

$$Q_{max} = 1,5 * 89,55 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{max} = 134,33 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{max} = 0,0016 \frac{m^3}{s}$$

### 3.1.3 DISEÑO DE REJILLAS

#### - Área Libre

Se estima mediante la Ecuación 8 el caudal de diseño y la velocidad mínima:

$$A_L = \frac{Q_{max}}{v}$$

$$A_L = \frac{0,0016 \frac{m^3}{s}}{0,6 \frac{m}{s}}$$

$$A_L = 0,0027 m^2$$

#### - Proponer el tirante del agua en el canal (h)

El tirante del agua se calcula mediante la Ecuación 9:

$$h = \frac{A_L}{b}$$

$$h = \frac{0,0027 m^2}{0,5 m}$$

$$h = 0,0054 m$$

#### - Cálculo de la altura del canal (H)

La altura del canal es indispensable considerar la altura de seguridad y la altura del tirante, y mediante la ecuación 10 se calcula lo siguiente:

$$H = h + H_s$$

$$H = 0,50 m + 0,0054 m$$

$$H = 0,51 \text{ m}$$

Cuyo valor de la altura del canal se estima con una aproximación de 0,55 m.

- **Cálculo de la longitud de las barras (Lb)**

La longitud de las barras se determina según la Ecuación 11:

$$L_b = \frac{H}{\text{sen } \emptyset}$$

$$L_b = \frac{0,55 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L_b = 0,78 \text{ m}$$

Cuyo valor de la longitud de barras también se estima con una aproximación de 0,80 m.

- **Cálculo del número de barras (n)**

En el número de barras se aprecia el espesor y la separación entre barras que mediante la Ecuación 12 tenemos:

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

$$n = \frac{0,5 \text{ m}}{0,02 \text{ m} + 0,02 \text{ m}}$$

$$n = 12$$

- **Pérdida de carga (Hf)**

Mediante la Ecuación 13 calculamos la pérdida de carga así:

$$H_f = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{V - V_a}{2g} \right)$$

$$H_f = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{0,6 - 0,45}{2 * 9,8} \right)$$

$$H_f = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{0,15 \frac{m}{s}}{19,6 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$H_f = 0,011m$$

#### - Velocidad en el canal de aproximación

Se comprueba la velocidad que el agua residual tiene en el canal mediante la Ecuación 14:

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

$$V = \frac{0,0016 \frac{m^3}{s}}{0,0027 m^2}$$

$$V = 0,6 \frac{m}{s}$$

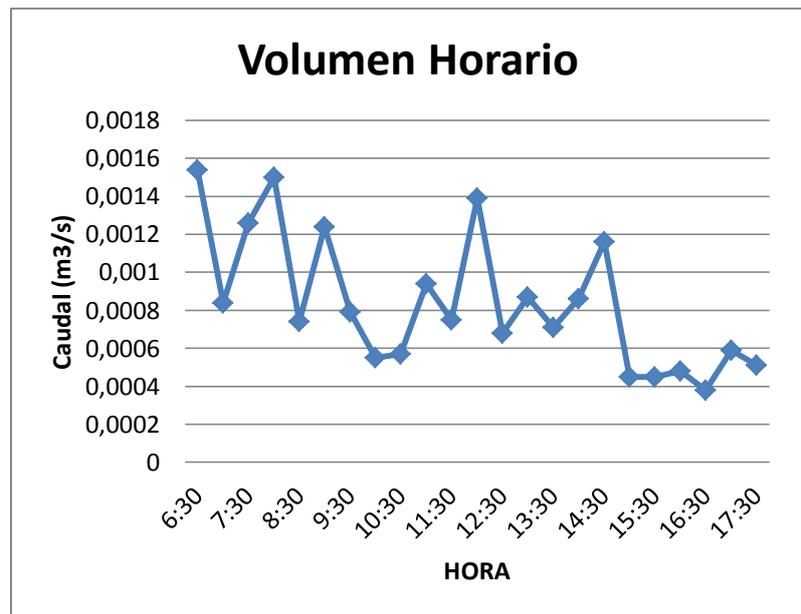
### 3.1.4 DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALACIÓN

Para encontrar el volumen del tanque de igualación se usa un hidrograma representativo del caudal que se descarga en la planta de tratamiento, el hidrograma representa el caudal en m<sup>3</sup>/s medido durante 12 horas del día.

**TABLA 31: Datos para un Hidrograma Representativo del Volumen horario**

HORA	Q (m <sup>3</sup> /s)
6:30	0,00154
7:00	0,00084
7:30	0,00126
8:00	0,0015
8:30	0,00074
9:00	0,00124
9:30	0,00079
10:00	0,00055
10:30	0,00057
11:00	0,00094
11:30	0,00075
12:00	0,00139
12:30	0,00068
13:00	0,00087
13:30	0,00071
14:00	0,00086
14:30	0,00116
15:00	0,00045
15:30	0,00045
16:00	0,00048
16:30	0,00038
17:00	0,00059
17:30	0,00051

**Gráfico 8: Cálculo del volumen horario**



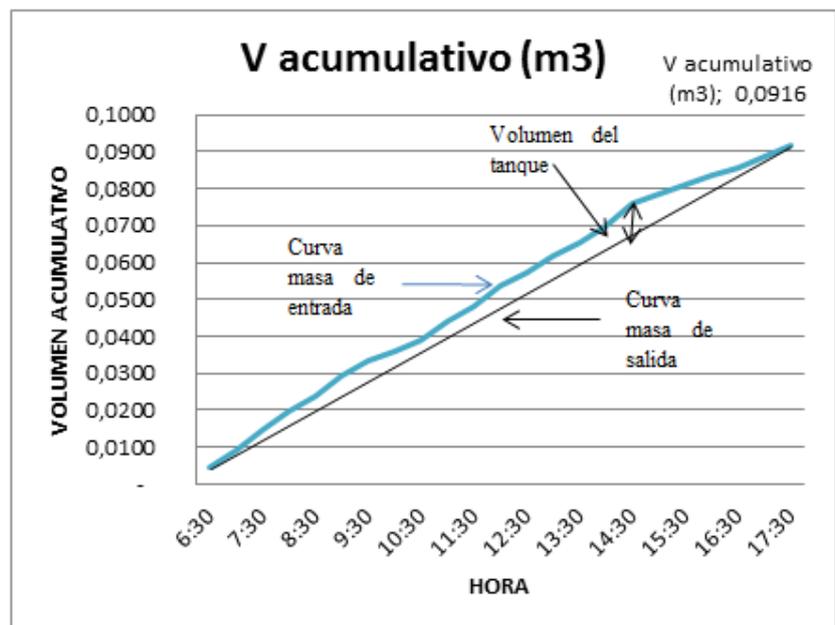
**FUENTE:** Freire J., 2013

Se grafica también la curva masa o diagrama de Rippl con el volumen acumulativo.

**TABLA 32: Datos para una curva masa correspondiente al Hidrograma**

HORA	V acumulativo (m3)
6:30	0,0044
7:00	0,0089
7:30	0,0146
8:00	0,0198
8:30	0,0239
9:00	0,0293
9:30	0,0333
10:00	0,0360
10:30	0,0390
11:00	0,0439
11:30	0,0480
12:00	0,0535
12:30	0,0571
13:00	0,0617
13:30	0,0655
14:00	0,0701
14:30	0,0758
15:00	0,0784
15:30	0,0808
16:00	0,0837
16:30	0,0857
17:00	0,0889
17:30	0,0916

**Gráfico 9: Curva masa o Diagrama de Rippl**



FUENTE: Freire J., 2013

Para obtener el volumen del tanque de igualación se concluye con la gráfica que:

- El volumen acumulativo se estimó con el caudal máximo diario de 12 horas.
- Se graficó la curva masa o diagrama de Rippl mediante una combinación de ejes haciendo coincidir las escalas de tiempo el cual consta de dos curvas, una curva masa de entrada y otra de salida.

- Una vez trazadas ambas curvas masa, la diferencia de ordenadas entre ambas curvas representa el máximo excedente y el mínimo faltante para encontrar el volumen de almacenamiento.
- Como la curva masa de entrada está por encima de la de salida por tal razón el volumen del tanque de igualación corresponde a la suma del máximo excedente más el máximo faltante.
- En el caso del tema de investigación como se representa en la gráfico 2 solo existe un excedente y el valor máximo se representa a las 14:30 horas y mediante la Ecuación 15 se tiene un valor de:

$$V_{Ti} = \max_{excedente} + \max_{faltante}$$

$$V_{Ti} = 0,078 + 0,068$$

$$V_{Ti} = 0,146 \text{ m}^3$$

Lo que representa este cálculo es que el volumen del tanque requerido es de 146 litros, pero siempre se estima una altura de seguridad, entonces su volumen es de 150 L.

### 3.1.5 DISEÑO DEL SEDIMENTADOR

- **Cálculo del área del sedimentador**

El área del sedimentador se determina mediante la Ecuación 16 y para la carga superficial se estima de la tabla 14:

$$A = \frac{Q_{Diseño}}{carga}$$

$$A = \frac{134,33 \frac{m^3}{d}}{24 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}}$$

$$A = 5,60 m^2$$

- **Diámetro**

El diámetro del sedimentador se determina mediante la Ecuación 18:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{5,60 m^2}{\pi}}$$

$$\emptyset = 2,67 m$$

- **Radio**

Y el radio del sedimentador se calcula mediante la Ecuación 19:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{5,60 m^2}{\pi}}$$

$$r = 1,34 m$$

- **Volumen del sedimentador**

Para determinar su volumen del sedimentador se delimita primero sus dos factores:

largo y ancho con una relación 1:2:

El **ancho** del tanque del sedimentador según la Ecuación 23 se tiene:

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

$$a = \sqrt{\frac{5,60 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 1,67 \text{ m}$$

El **largo** del tanque del sedimentador se propone una relación 1:2 con respecto a su ancho y según la ecuación 22 tenemos:

$$L = 2a$$

$$L = 2 * 1,67 \text{ m}$$

$$L = 3,34 \text{ m}$$

Entonces el volumen del sedimentador se determina mediante su área y el largo del mismo, y según la Ecuación 20 es:

$$V = L * A$$

$$V = 3,34 \text{ m} * 5,60 \text{ m}^2$$

$$V = 18,7 \text{ m}^3$$

- **Tiempo de retención hidráulico**

Mediante el caudal de Diseño y la Ecuación 24 se tiene el tiempo de retención hidráulico así:

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

$$Tr = \frac{18,7 \text{ m}^3}{5,73 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$Tr = 3,26 \text{ h}$$

- **Velocidad de arrastre**

Dentro de la velocidad de arrastre se consideran valores constantes como K, g, d y f; y mediante la Ecuación 25 tenemos:

$$Vh = \left[ 8K(s - 1)g * \frac{d}{f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Vh = \left[ 8 * 0,05(1,05 - 1)9,8 * \frac{0,01}{0,03} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Vh = 0,256 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Tasa de Remoción de la DBO**

Para conocer la remoción de la DBO se consideran a y b constantes empíricas, y mediante la Ecuación 26 se tiene:

$$R = \frac{T_r}{a + b * T_r}$$

$$R = \frac{3,26}{0,018 + 0,020 * 4}$$

$$R = 33,26 \%$$

La tasa de remoción de la DBO se aproxima al 34%.

**- Tasa de Remoción de los SST**

Para conocer la remoción de los SST se consideran a y b constantes empíricas, y mediante la Ecuación 26 se tiene:

$$R = \frac{T_r}{a + b * T_r}$$

$$R = \frac{3,26}{0,0075 + 0,014 * 4}$$

$$R = 51,34 \%$$

La tasa de remoción de los SST se aproxima a un valor del 52 %.

**- Área requerida por las Paletas**

Para el cálculo del dimensionamiento de las paletas se considera la constante de dimensionamiento  $C_D$  y mediante la Ecuación 28 tenemos:

$$A = \frac{1 * P}{C_D * \gamma * v^3}$$

$$A = \frac{1 * 1}{1,16 * 1,39 * (0,75)^3}$$

$$A = 1,47 \text{ m}^2$$

- **Longitud de la paleta**

La Ecuación 30 explica la relación entre el área de la paleta y su ancho para determinar la longitud de la misma, para ello se tiene:

$$l = \frac{A}{b}$$

$$l = \frac{1,47 \text{ m}^2}{0,80 \text{ m}}$$

$$l = 1,80 \text{ m}$$

### 3.1.6 DISEÑO DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN

- **Tanque de almacenamiento**

El volumen del tanque de almacenamiento para la desinfección se relación con el caudal y el tiempo de contacto entre el Hipoclorito y el agua residual, para ello nos basamos en la ecuación 31:

$$V_T = Q_{Diseño} * T_c$$

$$V_T = 5,73 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0,5 \text{ h}$$

$$V_T = 2,87 \text{ m}^3$$

Estimando el volumen del tanque con una altura de seguridad a  $3 \text{ m}^3$

- **Dosificación de  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$**

Para saber la dosificación de cloro depende del caudal de entrada al tanque de cloración, y mediante la Ecuación 32 tenemos:

$$D_{Cl} = Q_{Diseño} * C$$

$$D_{Cl} = 0,5 \frac{L}{s} * 5 \frac{mgr}{L}$$

$$D_{Cl} = 2,5 \frac{mgr}{s}$$

Transformamos sus unidades en ml/s y tenemos:

$$D_{Cl} = 2,5 \frac{mgr}{s} * \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ gr}} * \frac{1 \text{ ml}}{0,8 \text{ gr}}$$

$$D_{Cl} = 0,003 \frac{ml}{s} = 0,2 \frac{ml}{min}$$

- **Demanda de Cloro Libre**

El cloro residual que se presenta en cada muestra tratada se explica mediante la ecuación 33:

$$D_L = \frac{ml \text{ solucion } \text{Ca}(\text{OCl})_2 * 100}{ml \text{ de muestra}}$$

$$D_L = \frac{0,2 \text{ Ca(OCl)}_2 * 100}{500 \text{ ml}}$$

$$D_L = 0,04 \text{ Cl libre}$$

- **Reducción de Coliformes**

La Ecuación 34 explica la reducción de unidades coliformes por cada muestra tratada:

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * C * t)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * 5 * 0,5)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_o} = 0,256 \text{ unidades}$$

## **3.2 RESULTADOS**

### **3.2.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL**

La medición del caudal se realizó en el alcantarillado público de la Comunidad de Nizag a 150 m aproximadamente de la descarga general al río Guasuntos, el cual se une con el río Chanchan.

Sus coordenadas de ubicación fueron 739817 m Longitud Norte, 9752620 m Latitud Este, su orientación es Noreste, tiene una altitud de 2154 msnm y un rumbo de 360°.

**TABLA 33: Resultados diarios de la medición del caudal.**

CAUDAL	29/04/13	30/04/13	01/04/13	02/04/13	03/04/13	04/04/13	05/04/13
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA	Q (lt/s)	Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)
6:30	0,28294	0,40603	0,41965	0,40705	0,37336	1,54077	0,27256
7:00	0,54348	0,4511	0,80524	0,36395	0,76952	0,83783	0,27828
7:30	0,88517	0,54042	0,55514	0,34566	0,65327	1,25889	0,31558
8:00	0,38582	0,41011	0,31038	0,98463	0,69532	1,4951	0,30897
8:30	0,26987	0,39739	0,45974	0,5576	0,6683	0,73932	0,21215
9:00	0,21196	0,49192	0,53776	0,37056	0,85453	1,24322	0,20921
9:30	0,31106	0,60526	0,7403	0,28207	0,78764	0,78887	0,21538
10:00	0,24011	0,41238	0,80282	0,26642	0,59455	0,55354	0,20506
10:30	0,18238	0,38624	1,09387	0,44592	0,3045	0,57495	0,14165
11:00	0,2205	0,58481	1,10615	0,34345	0,32588	0,93798	0,15362
11:30	0,32016	0,52206	0,88233	0,37634	0,27913	0,74723	0,19804
12:00	0,72266	0,31607	0,77009	0,36827	0,25897	1,38791	0,19509
12:30	0,29634	0,3892	0,40348	0,40254	0,34926	0,6758	0,19747
13:00	0,28752	0,34928	0,55821	0,37589	0,2688	0,87103	0,24288
13:30	0,24465	0,47469	0,27253	0,30992	0,44024	0,71189	0,15512
14:00	0,27434	0,35572	0,77736	0,31118	0,33604	0,8633	0,12072

14:30	0,2821	0,41171	0,3985	0,47259	0,29799	1,15992	0,20297
15:00	0,3447	0,43315	0,62321	0,35321	0,37937	0,44877	0,19509
15:30	0,2717	0,54389	0,43633	0,38364	0,36876	0,45047	0,18695
16:00	0,28856	0,39159	0,27648	0,43228	0,39165	0,47906	0,15205
16:30	0,36479	0,39716	0,52988	0,28957	0,54092	0,37963	0,28653
17:00	0,2438	0,51518	0,42455	0,62998	0,37038	0,58845	0,35534
17:30	0,27188	0,74713	0,43438	0,71881	0,30244	0,51418	0,31672
<b>CAUDAL DIARIO</b>	0,33680	0,45793	0,59210	0,42572	0,46134	0,83687	0,22250
<b>CAUDAL MAXIM</b>	0,88517	0,74713	1,10615	0,98463	0,78764	1,54077	0,30897
<b>CAUDAL MINIMO</b>	0,18238	0,31607	0,27648	0,28207	0,25897	0,37963	0,12072

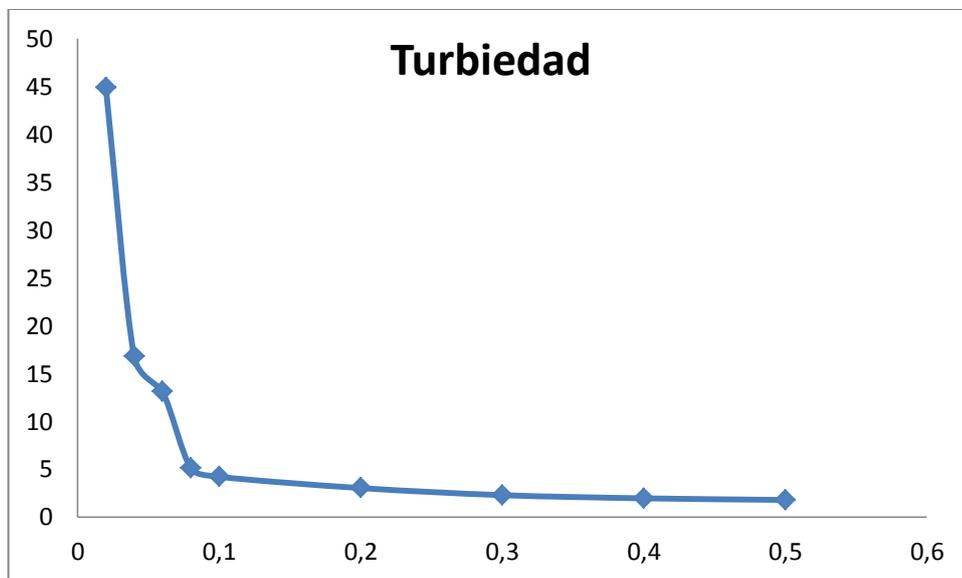
FUENTE: Freire J., 2013

### 3.2.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRATABILIDAD

**TABLA 34: Disminución de la turbiedad**

<b>TURBIEDAD (NTU)</b>	44,9	16,78	13,14	5,15	4,23	3,05	2,31	1,98	1,81
<b>CONC. (mg/L)</b>	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

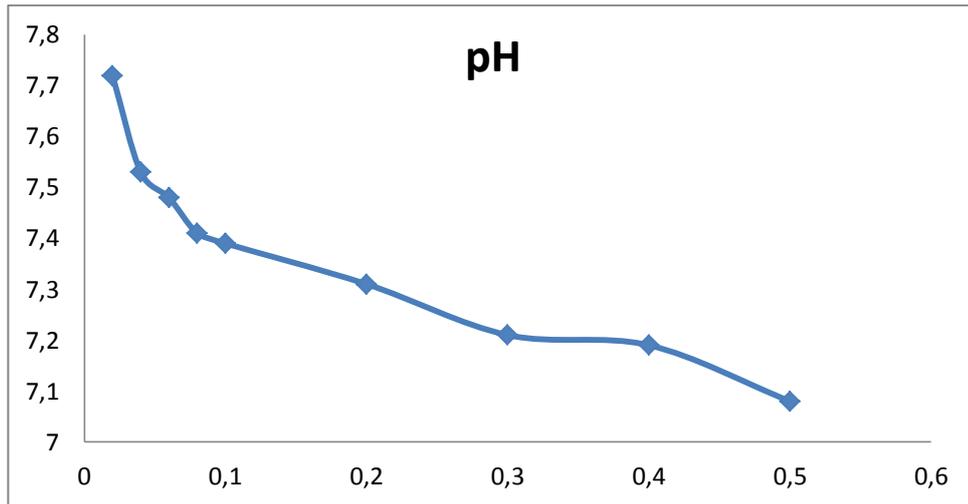
**Gráfico 10: Disminución de la turbiedad**



**TABLA 35: Variación del pH**

<b>pH</b>	7,72	7,53	7,48	7,41	<b>7,39</b>	7,31	7,21	7,19	7,08
<b>CONC.</b>	0,02	0,04	0,06	0,08	<b>0,1</b>	0,2	0,3	0,4	0,5

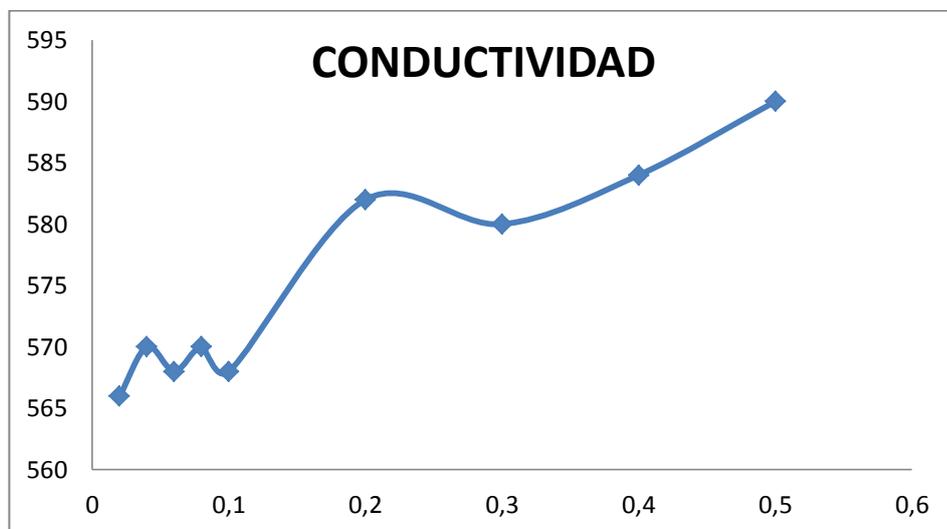
**Gráfico 11: Variación del pH**



**TABLA 36: Variación de la conductividad**

<b>CONDUC.</b>	566	570	568	570	<b>568</b>	582	580	584	590
<b>CONC. (mg/L)</b>	0,02	0,04	0,06	0,08	<b>0,1</b>	0,2	0,3	0,4	0,5

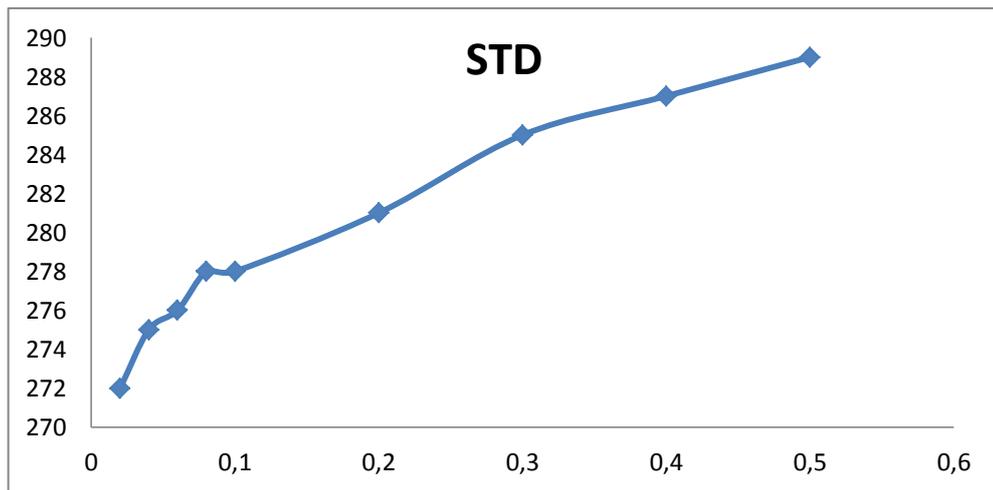
**Gráfico 12: Variación de la Conductividad**



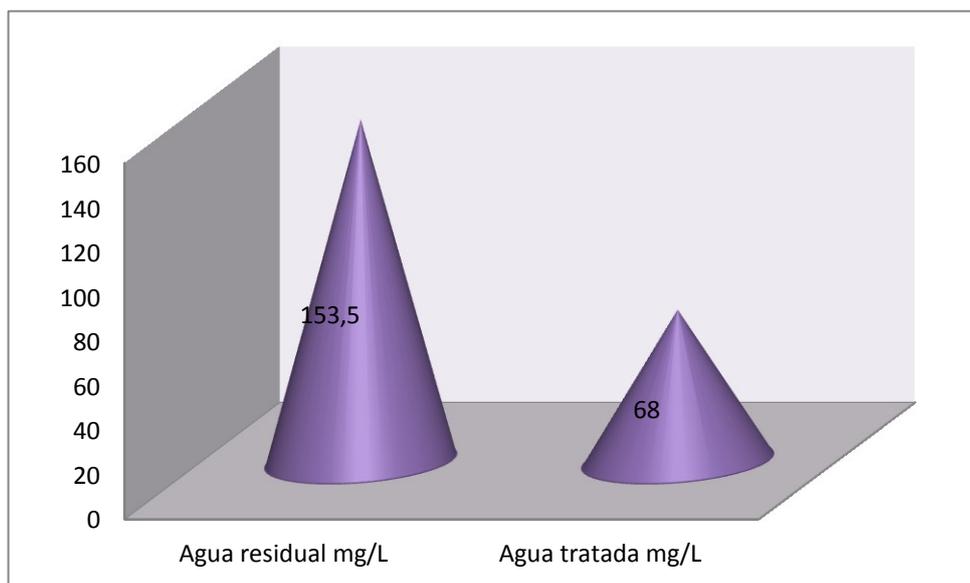
**TABLA 37: Variación de los STD**

<b>STD</b>	272	275	276	278	<b>278</b>	281	285	287	289
<b>CONC. (mg/L)</b>	0,02	0,04	0,06	0,08	<b>0,1</b>	0,2	0,3	0,4	0,5

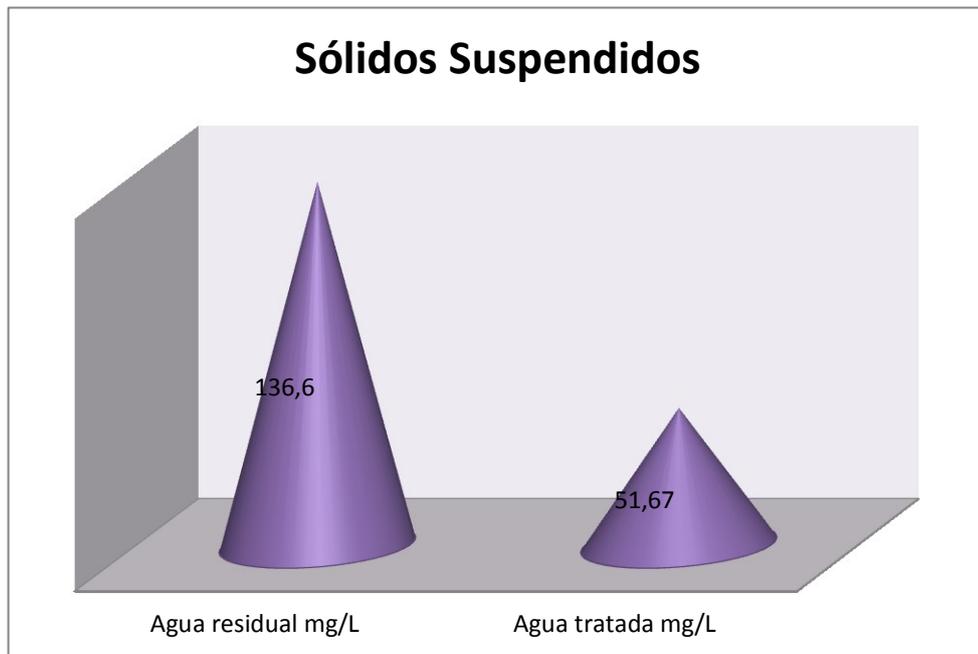
**Gráfico 13: Variación de los STD**



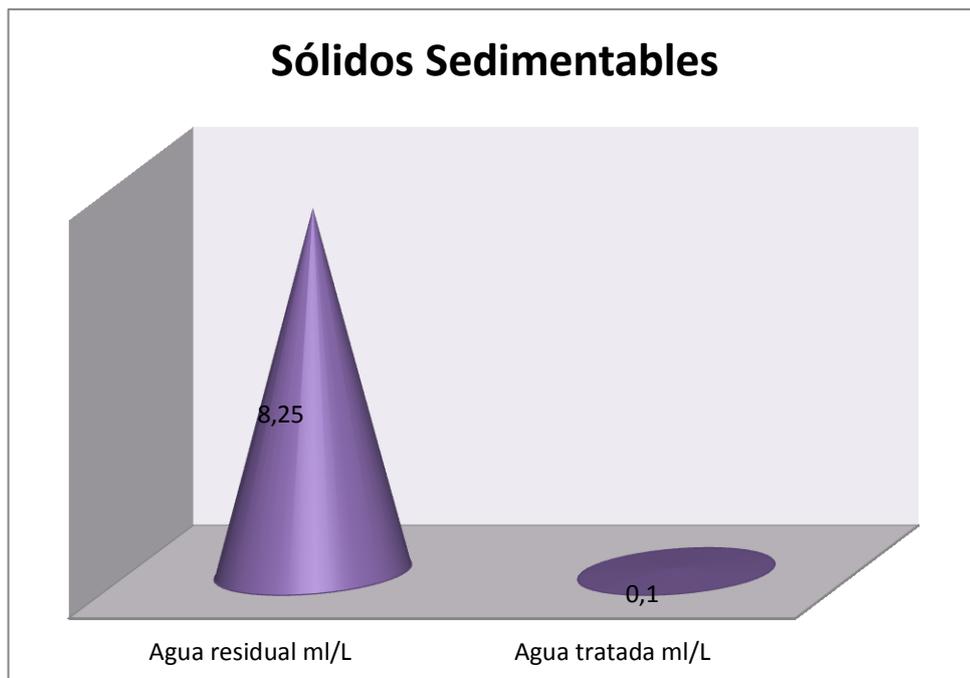
**Gráfico 14: Disminución de la DBO**



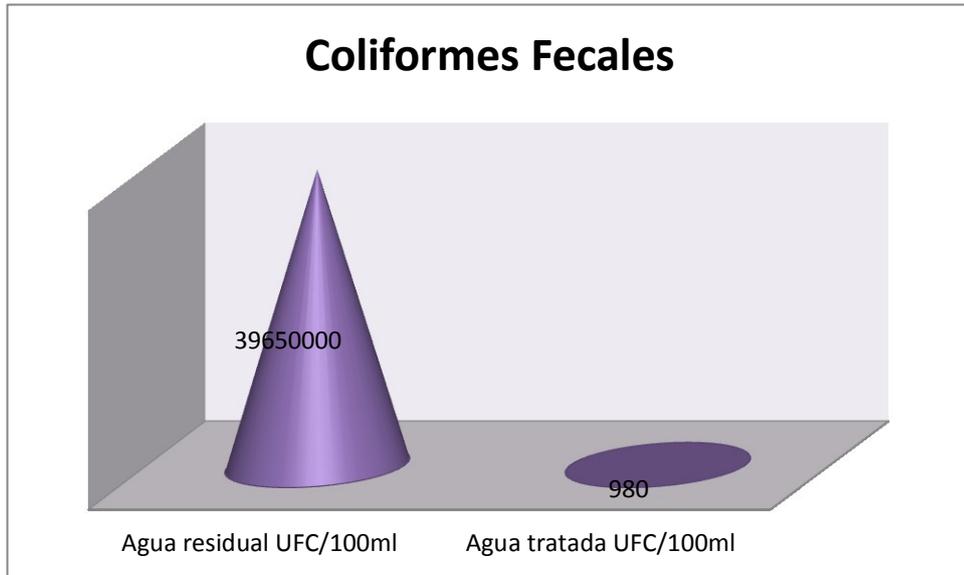
**Gráfico 15:** Disminución de los Sólidos Suspendedos



**Gráfico 16:** Disminución de los Sólidos Sedimentables



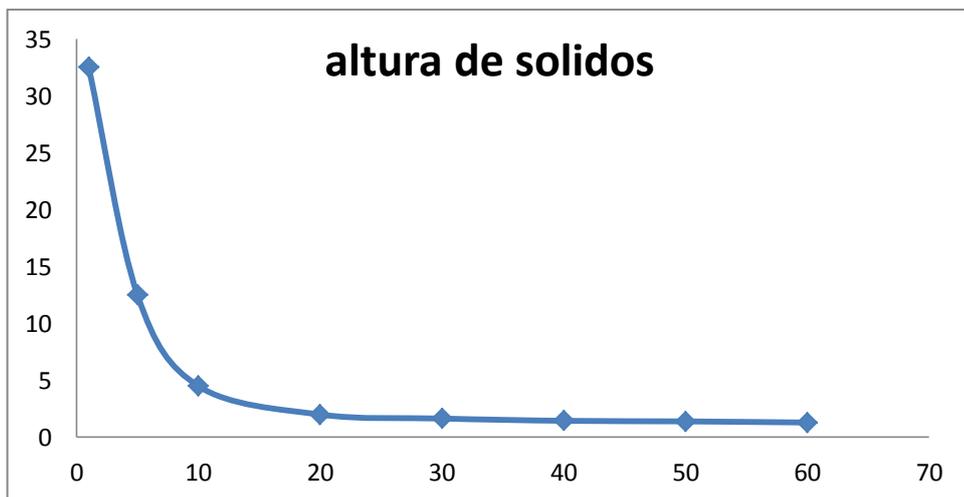
**Gráfico 17:** Disminución de Coliformes Fecales



**TABLA 38: Tiempo de Sedimentación**

<b>Tiempo (min)</b>	1	5	10	20	30	40	50	<b>60</b>
<b>Altura de solidos (cm)</b>	32,5	12,5	4,5	2	1,65	1,45	1,4	<b>1,3</b>

**Gráfico 18:** Tiempo de sedimentación



### 3.2.3 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.

Después de una serie de pruebas de tratabilidad, los parámetros de análisis que estaban fuera de la normativa vigente han disminuido notoriamente hasta obtener parámetros que se encuentren dentro del límite permisible de descargas del agua residual hacia un cuerpo dulce.

**TABLA 39: Examen FísicoFinal**

<b>COLOR</b>	Amarillo transparente Medición: 15
<b>OLOR</b>	Nodesagradable (soportable)
<b>ASPECTO</b>	Turbidez baja y poca presencia de sólidos en suspensión

**FUENTE:** Freire J., 2013

**TABLA 40: Análisis Microbiológico Final**

Parámetros	Unidad	Método *	Resultado		Promedio	Límite máximo permisible
			M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>n</sub>	
Coliformes fecales	UFC/100 ml	Método estándar 9222B Filtración por membrana.	1440	520	980	Remoción mayor al 99,9%

**FUENTE:** laboratorio SAQMIC

**TABLA 41: Análisis Físico Químico Final**

Parámetros	Unidad	Método*	Caracterización final			Promedio
			M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub> **	Mn
pH		4500-B	7,15	7,24	7,26	7,22
Turbiedad	UTM	2130-B	9,62	41,2	7,73	19,52
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5210-B	40	80	84	68
DQO	mg/L	5220-C	183	230	234	215,67
Solidos suspendidos	mg/L	2540-C	25	97	33	51,67
Solidos sedimentables	ml/L	2540-B	< 0,1	< 0,1	No hay presencia	< 0,1

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 Ed, Standard Methods.

**FUENTE:**Laboratorio de análisis técnicos – ESPOCH. \*\* Laboratorio de servicios ambientales – UNACH.

### 3.2.4 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DENTRO DE LA NORMA

**TABLA 42: Cumplimiento de parámetros de análisis**

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Limite*</b>	<b>Condición</b>
DBO <sub>5</sub>	68 mg/L	100 mg/L	Cumple
Solidos sedimentables	< 0,1 ml/L	1 ml/L	Cumple
Solidos suspendidos	51,67 mg/L	100 mg/L	Cumple
Coliformes fecales	980 UFC/100ml	Remoción > al 99,9%	Cumple

\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

**FUENTE:** Freire J., 2013

La remoción de coliformes fecales cumple debido a que inicialmente se tuvo un valor alto de  $396,5 \times 10^5$  UFC/100 ml, y su remoción del 99,9% significa que  $474,5 \times 10^5$  UFC/100 ml deben disminuir o que apenas el 0,1% de coliformes deben quedar presentes en el agua, expresado en valores es de 50,000 UFC/100 ml, por tal razón cumple el tratamiento con la normativa porque como resultado final de coliformes fecales presentes en el agua tratada es de 980 UFC/100 ml.

### 3.2.5 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO PLANTEADO

- **CAUDAL DE DISEÑO**

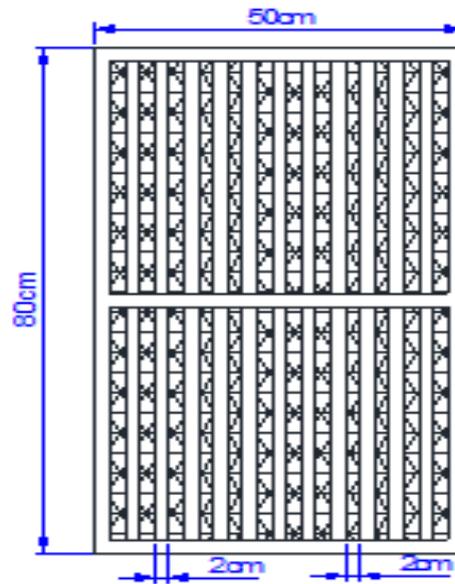
Para estimar el caudal de diseño para emplear en el cálculo del dimensionamiento de una planta de tratamiento para aguas residuales, se tomó en cuenta diversos factores como la población actual y futura para estimar la vida de la planta hacia 20 años, los resultados encontrados se detallan a continuación:

**TABLA 43: Resultados del caudal de diseño**

<b>DETALLE</b>	<b>RESULTADO</b>
Población actual	753 hab
Población futura	883,09 hab
Dotación	101,41 L/hab*d
Caudal medio	89,55 m <sup>3</sup> /d
Caudal mínimo	44,78 m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo o de Diseño	134,33 m <sup>3</sup> /d

**FUENTE:** Freire J., 2013

- **CRIBADO O REJILLAS**



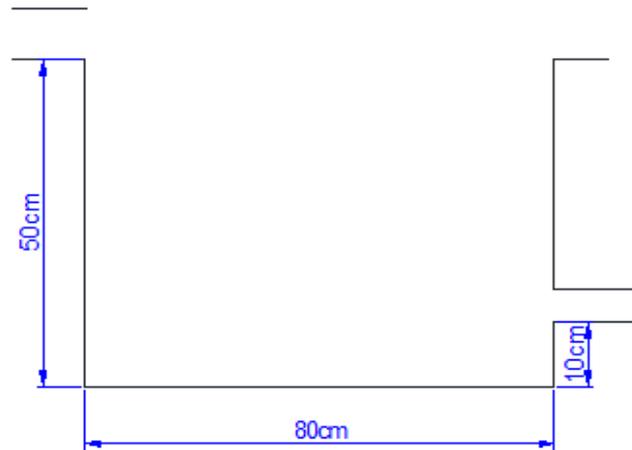
Las rejillas tienen como finalidad retener los sólidos gruesos, son de limpieza manual y sus especificaciones se detallan a continuación:

**TABLA 44: Resultados del Dimensionamiento de rejillas**

DETALLE	RESULTADO
Separación entre barras	2 cm
Espesor de las barras	2cm
Ancho del canal	50 cm
Largo del canal	0,80 cm
Inclinación de la rejilla	45 °
Número de barras	12

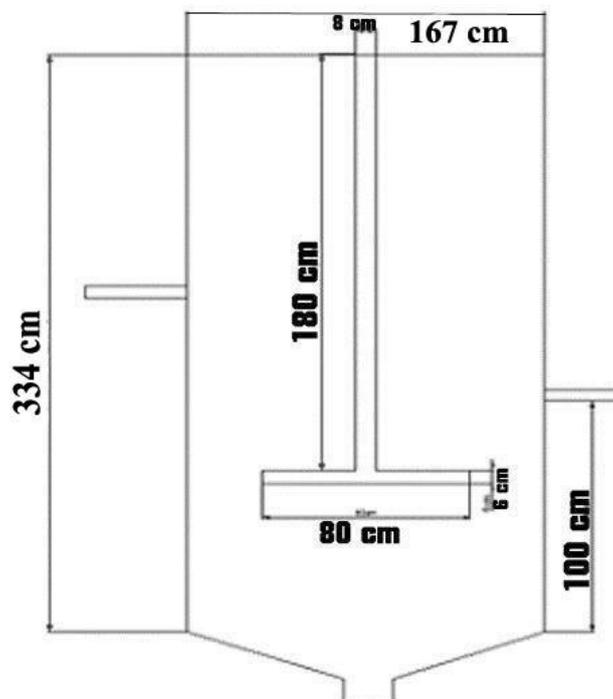
FUENTE: Freire J., 2013

- **TANQUE DE IGUALACIÓN**



Posee un volumen de 146 Litros más el factor de seguridad se estima un tanque de igualación de 150 L.

- **SEDIMENTADOR**



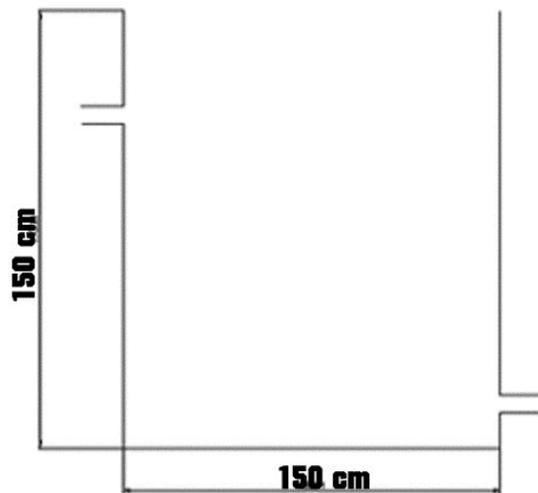
Tiene como función separar los sólidos sedimentables del agua residual, y sus características son:

**TABLA 45: Resultados del Dimensionamiento del Sedimentador.**

<b>DETALLE</b>	<b>RESULTADO</b>
Área del sedimentador	5,60 m <sup>2</sup>
Ancho	1,67 m
Largo	3,34 m
Volumen	18,7 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	3,26 h
Remoción de la DBO	34 %
Remoción de los SST	52 %
Ancho de la paleta	0,80 m
Longitud de la paleta	1,80 m

**FUENTE:** Freire J., 2013

- **DESINFECCIÓN**



El tanque de cloración es de  $2,87 \text{ m}^3$  y aproximando dicho valor por una altura de seguridad se estima un volumen de  $3 \text{ m}^3$ , la dosis empleada de hipoclorito de calcio  $\text{Ca(OCL)}_2$  es de  $0,2 \text{ ml/min}$  a una concentración del 5%, la demanda de cloro libre o residual que se aprecia es de  $0,04$  nada perjudicial para la vida acuática y la reducción de coliformes por litro que se aprecia es de  $0,256$  unidades.

### **3.3 PROPUESTA**

Para poder tratar el agua residual generada en la Comunidad de Nizag del cantón Alausí es necesario dimensionar una Planta de tratamiento, en primera instancia se determinó la medición del caudal para posteriormente caracterizar el agua residual y ver que parámetros se encuentran fuera de la normativa vigente; así como fue la DBO, coliformes fecales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y tensoactivos.

El agua residual de la Comunidad de Nizag presenta una contaminación alta de materia orgánica y microorganismos que contaminan el agua del Río Guasuntos al cual se descarga directamente este tipo de agua residual, por ello es importante implementar un Sistema de Tratamiento para disminuir todos estos parámetros que superan los niveles establecidos por el TULAS.

Se presenta un Diseño del Sistema de Tratamiento del agua residual para la Comunidad de Nizag el cual consta de los siguientes procesos:

Se empieza con un sistema de Rejillas de limpieza manual, el cual tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos, sus características principales son de: 50 cm de ancho y 0,55 m de altura del canal, 0,80 m de longitud de las barras, su espesor y separación entre barras es de 2 cm, y el número de barras empleado es de 12.

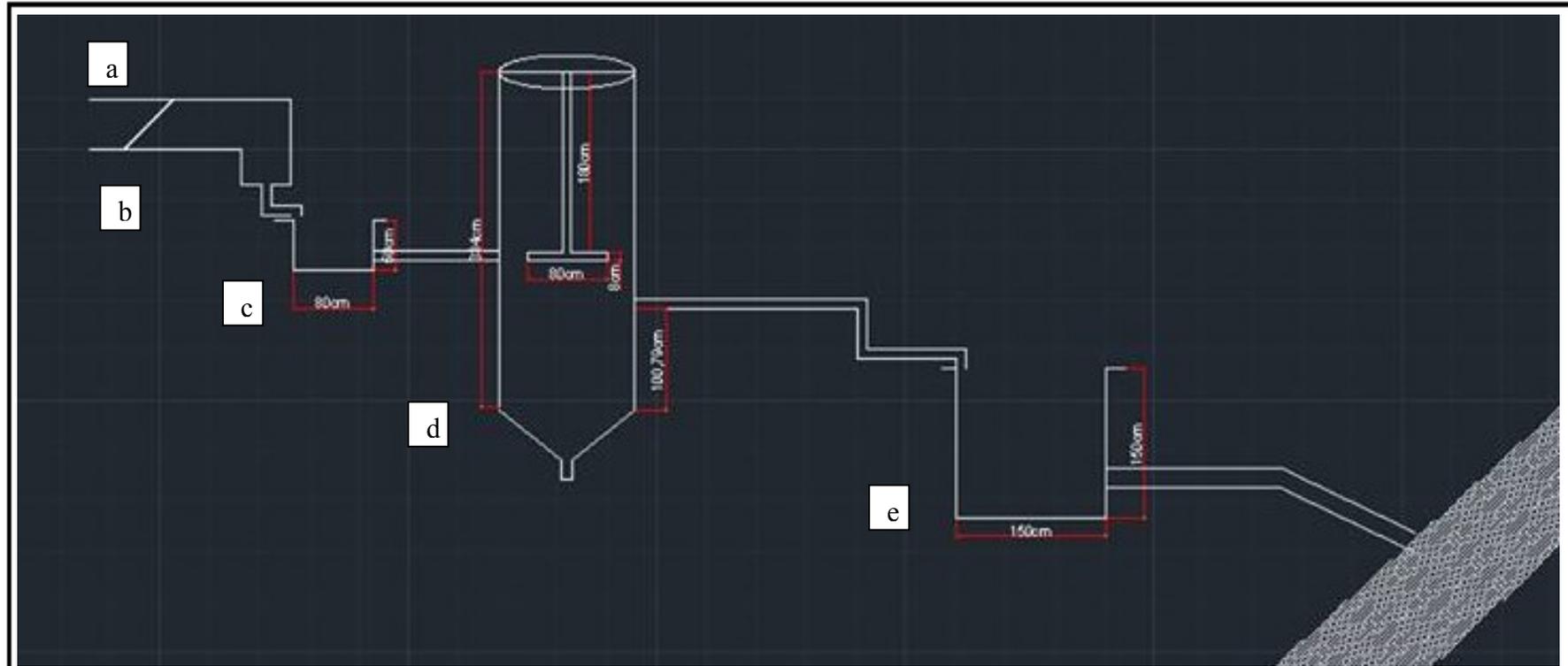
Luego sigue de un Tanque de Igualación de caudal con la finalidad de amortiguar las variaciones de las descargas de aguas residuales con el fin de tratar un caudal uniforme y evitar daños en los equipos, el tanque de igualación tiene un volumen de 150 L.

Después se tiene un Sedimentador cuyo objetivo es remover sólidos suspendidos orgánicos del agua residual y también eliminar arenas mediante la aplicación de un floculante conocido comercialmente como poli cloruro de aluminio  $\text{Al}(\text{C}_2\text{Cl}_2)_3$ , el cual se aplica una dosis de 0,2 ml  $\text{Al}(\text{C}_2\text{Cl}_2)_3$  de por cada Litro de muestra a tratar a una concentración del 25%, el sedimentador planteado logra la remoción de la DBO en un 33,26 % y la remoción de los SST en un 52 %, con un dimensionamiento de: área del sedimentador es de 5,60 m<sup>2</sup>, volumen del sedimentador 18,7 m<sup>3</sup> y el tiempo de retención es de 3,26 horas, el sistema de agitación tiene una palera con un ancho de 0,80 m y largo de 1,80 m.

Finalmente se propone con un Tanque de Desinfección para destruir cualquier organismo patógeno que pudiera haber sobrevivido al proceso de tratamiento, el tanque de desinfección tiene una capacidad de 3 m<sup>3</sup> por un tiempo de contacto de 0,5 h entre el agua a tratar y la cantidad de hipoclorito de calcio. La dosificación del hipoclorito de calcio Ca(OCl)<sub>2</sub> es de 0,2 ml por minuto a una concentración del 5% para que la generación de cloro residual no afecte a la vida acuática, con este método se da una reducción de coliformes en un 0,256 unidades patógenas por cada litro de muestra tratada.

El Diseño del Sistema de Tratamiento para aguas residuales propuesto garantizara la disminución de la materia orgánica y agentes patógenos, ya que el Sistema tratara de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final o reutilización.

## DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PLANTEADO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Diseño del Sistema de tratamiento de Aguas Residuales								
a. canal b. rejilla c. tanque de igualación d. sedimentador e. desinfección	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</td> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> APROBADO</td> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR</td> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> INFORMACION</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	<input type="checkbox"/> APROBADO	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/> INFORMACION	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	LÁMINA	ESCALA	FECHA
<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR										
<input type="checkbox"/> APROBADO	<input type="checkbox"/> POR APROBAR										
<input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/> INFORMACION										
			1	1:1	25/08/13						

### 3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las diferentes caracterizaciones iniciales del agua residual de la Comunidad de Nizag determinó el grado de contaminación de dicha muestra, los parámetros analizados presentaban valores fuera de los límites de la normativa establecida por el TULAS, Tabla 12 para descargas hacia un cuerpo dulce; parámetros como la DBO<sub>5</sub> 153,5 mg/L, los sólidos sedimentables 8,25 ml/L, sólidos suspendidos 136,6 mg/L y coliformes fecales con  $396 \times 10^5$ , esta agua residual es descargada directamente al Río Guasuntos y por ende causa una elevada contaminación en el cuerpo receptor.

El agua residual posee un elevado grado de contaminación tanto orgánica como microbiológica, lo cual puede disminuir con la implementación de un Sistema de tratamiento para así mejorar la calidad del agua y disminuir también el grado de contaminación generado hacia el Río Guasuntos.

Para obtener los procesos de tratamiento adecuados para el agua residual se realizó diferentes pruebas de tratabilidad con la finalidad de disminuir los parámetros que están alterando la calidad del agua, las pruebas de tratabilidad se realizaron durante 40 días, y se determinó la disminución de los parámetros a niveles permitidos con el empleo del floculante Poli cloruro de aluminio al 25% con una dosis de 0,2 ml por Litro de muestra.

Después se realizó una cloración con hipoclorito de calcio con una dosificación de 0,2 ml/min de muestra previamente tratada con el floculante a una concentración del 5% para eliminar casi en su totalidad con los microorganismos patógenos.

Para disminuir los contaminantes del agua residual se propone la implementación del Sistema planteado donde se aprecia con la caracterización final la disminución de DBO<sub>5</sub>

68 mg/L, los sólidos sedimentables < 0,1 ml/L, sólidos suspendidos 51,67 mg/L y coliformes fecales con 980 UFC/100 ml, estos parámetros se encuentran dentro del límite establecido por la normativa TULAS, y así se cumple con los objetivos planteados inicialmente.

# CAPÍTULO

## IV

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- El plan de muestreo que se elaboró es principal para recopilar las muestras de análisis de tipo compuestas, el cual consta de la medición del caudal diario por una semana con la finalidad de tener claro como varia el caudal durante cada día y a cada hora del mismo, obteniendo como representativo para la toma de muestras de análisis el día miércoles de 9am a 12pm porque a esta hora el caudal se mantiene constante y alcanza sus más altos valores.
- Las aguas residuales provenientes de la Comunidad de Nizag contienen una alta contaminación en materia orgánica y microbiológica, y según la caracterización inicial físico química y microbiológica se obtuvieron los siguientes valores promedio que se encuentran fuera de la normativa vigente que se identifican como las variables del proceso y son: DBO<sub>5</sub> 153,5 mg/L, los sólidos sedimentables 8,25 ml/L, sólidos suspendidos 136,6 mg/L y coliformes fecales con  $396 \times 10^5$  UFC/100 ml.
- Las pruebas de tratabilidad se basaron en la reducción de sólidos suspendidos y sólidos sedimentables mediante el proceso de Sedimentación con un floculante de Poli cloruro de Aluminio al 25% y la reducción de coliformes fecales mediante la desinfección con hipoclorito de calcio al 5%.
- El Sistema de Tratamiento de Aguas residuales para la Comunidad de Nizag en el Cantón Alausí consta de cuatro procesos como: un sistema de Rejillas de

limpieza manual, un Tanque de Igualación, un Sedimentador con un sistema de agitación y un Tanque de Desinfección con hipoclorito.

- Con el diseño de Tratamiento de aguas residuales planteado se logra disminuir una gran cantidad de contaminantes obteniendo una caracterización final con valores promedio de: DBO<sub>5</sub> 68 mg/L, los sólidos sedimentables < 0,1 ml/L, sólidos suspendidos 51,67 mg/L y coliformes fecales con 980 UFC/100 ml, dichos parámetros ya se encuentran dentro de la normativa vigente en el país TULAS.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- La implementación necesaria del sistema de tratamiento de aguas residuales para la Comunidad de Nizag debido a que la carga contaminante que se descarga directamente al río Guasuntos está afectando a los cultivos aledaños y a la vida acuática del mismo.
- Realizar un estudio de impacto ambiental con la finalidad de saber que medio físico y biótico se verá afectado con la construcción del sistema de tratamiento, y así tomar las debidas precauciones de construcción y protección al ambiente.
- En cuestión de operación y mantenimiento las rejillas de limpieza manual deben limpiarse cada que se observe mayor acumulación de materia orgánica o solidos grandes que obstruyen el paso del agua hacia la planta, la materia sólida que es limpiada disponer en un lugar adecuado como en un botadero de basura.
- Los lodos generados en el Sedimentador son de composición orgánica en su mayor parte, deben darse una adecuada disposición como abono o compost para las tierras fértiles del sector.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- APHA, AWWA, WPCF.** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17a ed. Madrid – España, Wiley, 1992. Pp. 95 – 110.
  
- 2.- CRITES, R. y TCHOBANOGLOUS, G.** Tratamientos de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Bogotá - Colombia, McGraw Hill, 2000. Pp. 33, 42 - 44, 46 - 90, 247 - 337, 636 - 640.
  
- 3.- ECUADOR.** Ministerio de ambiente. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS): límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Vol. 6, tabla 12, pp. 2 – 15. (Documento)

- 4.- **HAMMEKEN, A. y ROMERO, G.** Análisis y diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Andrés. Puebla - México, 2005. pp. 34 – 37. (Documento)
  
- 5.- **HEINK, H.** Ingeniería ambiental. 2a. ed. México DF., Prentice Hall, 1990. Pp. 240 - 247, 441 - 485.
  
- 6.- **METCALF, Y EDDY, INC.** Ingeniería de aguas residuales. 3a. ed. Sevilla - España, McGraw Hill, 1995. Pp. 41 - 60, 231 - 240, 251.
  
- 7.- **RAMALHO, R.** Tratamiento de aguas residuales. 2a ed. Sevilla - España, Reveté, 2003. Pp. 77 - 90, 222 - 300, 337 - 392.
  
- 8.- **ROJAS, R.** Sistemas de tratamiento de aguas residuales: gestión integral de tratamiento de aguas residuales. Lima - Perú, CEPIS/OPS – OMS, 2002. Pp. 19.
  
- 9.- **ROMERO, J.** Calidad del agua. Bogotá - Colombia, Alfa omega, 2002. Pp. 67, 71 - 74, 233 - 246, 706 - 707.

**10.- VALDEZ, C, y VÁZQUEZ, A.** Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. México D.F., Fundación ICA, 2003.Pp. 59, 77-81, 90 - 94, 97 - 103, 127 - 133, 255 - 263.

## ANEXO A

### MEDICIÓN DEL CAUDAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA  FREIRE JESSICA	MEDICIÓN DEL CAUDAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. canal b. medición c. materiales	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION		01	1:1	13/08/26

## ANEXO B

### TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA RESIDUAL

a.



b.



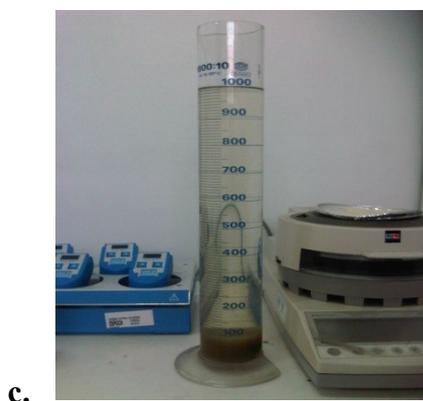
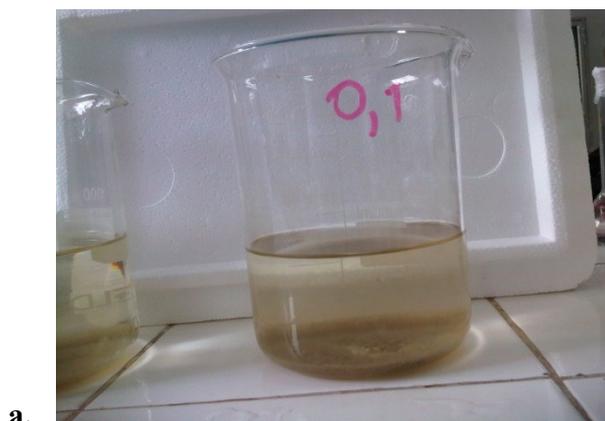
c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA  FREIRE JESSICA	TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA RESIDUAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. materiales b. medición c. transporte	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION		02	1:1	13/08/26

## ANEXO C

### PRUEBAS DE TRATABILIDAD



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA  FREIRE JESSICA	PRUEBAS DE TRATABILIDAD		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. muestra b. floculante c. tiempo de sedimentación	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION		03	1:1	13/08/26

## ANEXO D

### RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO INICIAL 1

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Jessica Freire

Fecha de Análisis: 8 de mayo del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 14 de mayo de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Nizag. Cantón Alausí

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.16
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B		286
Turbiedad	UNT	2130-B		66.3
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		8
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		8.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	225
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	160
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		137.1
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	852
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	10

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

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.

  
Dra. Gina Álvarez R.  
ESPOCH  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADO INICIAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. caracterización inicial	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	04	1:1	13/08/26

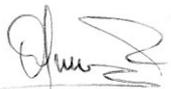
## ANEXO E

### RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO INICIAL 1



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Srta. Jessica Freire		CODIGO: 174-13
DIRECCION: Ciudadela 24 de Mayo		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua residual		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-05-08		
FECHA DE MUESTREO: 2013-05-08		
<b>DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	956 x 10 <sup>5</sup>
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	475 x 10 <sup>5</sup>
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> 2013-05-08		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 2013-05-10		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.	 Servicio Analíticos Químicos y Microbiológicos	Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADO INICIAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. caracterización inicial	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	05	1:1	13/08/26

## ANEXO F

### RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO INICIAL 2

# ESPOCH

**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Jessica Freire

Fecha de Análisis: 29 de mayo del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 5 de junio de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Alausi

Código 103-13

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.41
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		448
Turbiedad	UNT	2130-B		54
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		1.0
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		2.26
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	241
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	147
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		136
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	920
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	6.5

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

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADO INICIAL		
a. caracterización inicial			LAMINA	ESCALA	FECHA
	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	06	1:1	13/08/26

## ANEXO G

### RESULTADO DEL MICROBIOLÓGICO INICIAL 2



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTO

CLIENTE: Srta. Jessica Freire		CODIGO: 166-13
DIRECCION: Alausí		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua residual doméstica		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-05-29		
FECHA DE MUESTREO: 2013-05-29		
<b>DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	318 x10 <sup>5</sup>
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
FECHA DE ANALISIS: 2013-05-29		
FECHA DE ENTREGA: 2013-06-05		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.	 SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos	 Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADO INICIAL		
a. caracterización inicial			LAMINA	ESCALA	FECHA
	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	07	1:1	13/08/26

## ANEXO H

### RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO FINAL

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Jessica Freire

Fecha de Análisis: 21 de junio del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 11 de julio de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica Tratada

Localidad: Alausi

Tratamiento de clarificación de agua 1: Dosificación 0.2 mL /L de floculante  
Policloruro de Aluminio al 25%

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.24
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B		580.0
Turbiedad	UNT	2130-B		41.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	80.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		97.0
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	< 0.1

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

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADO FINAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. caracterización final	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	08	1:1	13/08/26

# ANEXO I

## RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO FINAL



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Srta. Jessica Freire **INFORME N°:** 039-13  
**EMPRESA:** Municipio Cantón Alausí **N° SE:** 039-13  
**DIRECCIÓN:** Alausí Comunidad Nizag  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 25-06-13  
**TELÉFONO:** 0984847459 **FECHA DE INFORME:** 03-07-13  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual tratada  
**IDENTIFICACIÓN:** ARNT2 MA - 175-13  
 ARNT1 MA - 176-13

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

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 175-13

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
DBO <sub>5</sub>	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	84	25-06-13
DQO	mg/l	PE-LSA-03	234	25-06-13
Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	520	25-06-13

MA - 176-13

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
DBO <sub>5</sub>	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	60	25-06-13
DQO	mg/l	PE-LSA-03	236	25-06-13
Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	1440	25-06-13

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Rubén Lara Padilla.  
 Dr. Jinsop Mario Ruiz B.  
 Dr. Juan Carlos Lara R.

  
 Dr. Juan Carlos Lara R.  
 TÉCNICO DE SERVICIOS AMBIENTALES

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 1

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

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADO FINAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
a. caracterización final	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	09	1:1	13/08/26

## ANEXO J

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

CARACTERIZACIÓN INICIAL		NORMATIVA	CARACTERIZACIÓN FINAL	
Determinación	Resultado	Limite*	Determinación	Resultado
DBO <sub>5</sub>	153,5 mg/L	100 mg/L	DBO <sub>5</sub>	68 mg/L
Sólidos sedimentables	8,25 ml/L	1 ml/L	Sólidos sedimentables	< 0,1 ml/L
Sólidos suspendidos	136,6 mg/L	100 mg/L	Sólidos suspendidos	51,67 mg/L
Coliformes fecales	396,5x10 <sup>5</sup>	Remoción > al 99,9%	Coliformes fecales	980 UFC/100ml

\* TULAS., ANEXO 1, TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	COMPARACIÓN DE RESULTADOS		
<b>a. Cuadro comparativo de resultados</b>	<b>POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION</b>	<b>FREIRE JESSICA</b>	LAMINA	ESCALA	FECHA
			<b>10</b>	<b>1:1</b>	<b>06/09/26</b>

## ANEXO K

### COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PLANTEADO

Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Total	Metros de construcción	Costo
<b>REJILLAS</b>						
Marco de hierro	0,80	0,5	0,03	1,33	2,66	30,112
Barras de hierro	0,80	0,2	-	1,00	2,00	19,04
					<b>4,66</b>	<b>49,152</b>

Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Total (m3)	Metros de construcción	Costo
<b>TANQUE DE IGUALCIÓN</b>						
Paredes Laterales	0,80	0,50	0,1	1,40	2,80	106,944
Paredes Frontales	0,50	0,50	0,1	1,10	2,20	77,612
Piso	0,80	0,50	0,1	1,40	2,80	56,200
Cemento					<b>7,80</b>	<b>240,756</b>

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	COSTOS ESTIMATIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO		
<b>a. Rejillas</b>  <b>b. tanque de igualación</b>	<b>POR ELIMINAR</b> <b>POR APROBAR</b> <b>POR CALIFICAR</b> <b>PARA INFORMACION</b>	<b>FREIRE JESSICA</b>	LAMINA	ESCALA	FECHA
			<b>11</b>	<b>1:1</b>	<b>06/09/26</b>

## ANEXO L

### COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PLANTEADO 2

Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor del material(m)	Total (m2)	Metros de construcción	Costo
<b>SEDIMENTADOR</b>						
Paredes	3,34	1,67	0,02	5,03	10,06	1629,287
Paleta	1,80	0,80	0,06	1,62	1,62	162,600
Acero inoxidable					<b>4,77</b>	<b>1791,887</b>
Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Total (m3)	Metros de construcción	Costo
<b>TANQUE DE DESINFECCIÓN</b>						
Paredes Laterales	1,50	1,50	0,02	3,52	6,54	343,902
Paredes Frontales	1,50	1,50	0,02	3,52	6,54	343,902
Piso	1,50	1,50	0,02	3,52	6,54	343,902
Acero inoxidable					<b>19,62</b>	<b>1031,706</b>

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	COSTOS ESTIMATIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO		
a. sedimentador	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	LAMINA	ESCALA	FECHA
b. Tanque de desinfección			<b>12</b>	<b>1:1</b>	<b>06/09/26</b>

## ANEXO M

### COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PLANTEADO 3

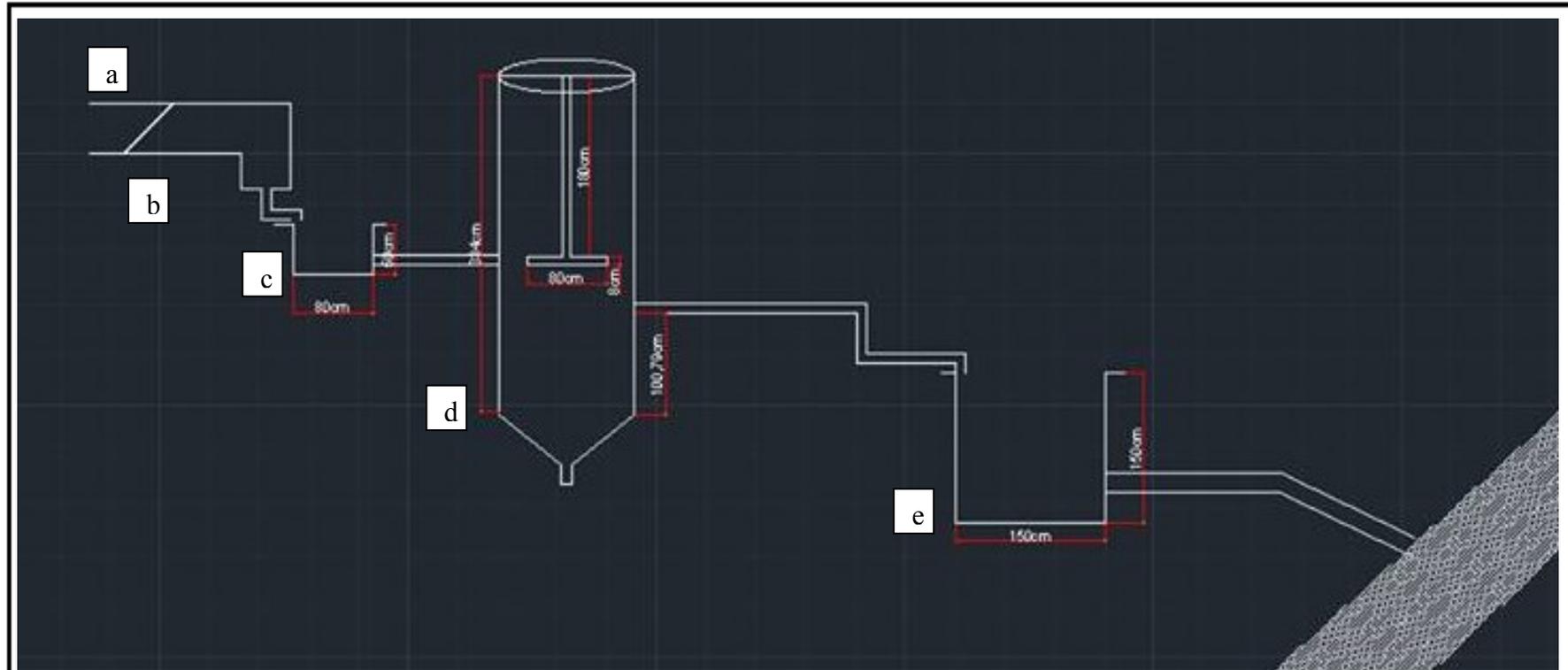
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				
<b>EQUIPOS</b>		<b>COSTO</b>		
REJILLAS		49,152		
TANQUE DE IGUALACIÓN		240,756		
SEDIMENTADOR		1791,887		
TANQUE DE DESINFECCIÓN		1031,706		
<b>TOTAL</b>		<b>3113,501</b>		

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	COSTOS ESTIMATIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO		
a. Costo total	POR ELIMINAR POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FREIRE JESSICA	LAMINA	ESCALA	FECHA
			13	1:1	06/09/26

## ANEXO N

### SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PLANTEADO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Diseño del Sistema de tratamiento de Aguas Residuales		
a. canal b. rejilla c. tanque de igualación d. sedimentador e. desinfección	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> INFORMACION	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA  LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	25/08/13